

Sueli Angelo Furlan  
Pedro Roberto Jacobi  
Paulo Antonio de Almeida Sinisgalli  
organizadores

# CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Temas atuais



Ciências ambientais



Sueli Angelo Furlan  
Pedro Roberto Jacobi  
Paulo Antonio de Almeida Sinisgalli  
*Organizadores*

# Ciências ambientais

## Temas atuais

*Ciências ambientais: temas atuais*

© 2026 Sueli Angelo Furlan, Pedro Roberto Jacobi, Paulo Antonio de Almeida Sinisgalli

Editora Edgard Blücher Ltda.

*Publisher* Edgard Blücher

*Editor* Eduardo Blücher

*Coordenação editorial* Rafael Fulanetti

*Coordenação de produção* Ana Cristina Garcia

*Produção editorial* Fabrícia Carpinelli

*Diagramação* Thiago Cordeiro

*Capa* Juliana Midori Horie

*Imagem da capa* iStockphoto

# Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar

04531-934 – São Paulo – SP – Brasil

Tel.: 55 11 3078-5366

**contato@blucher.com.br**

**www.blucher.com.br**

Segundo o Novo Acordo Ortográfico, conforme 6. ed.  
do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*,  
Academia Brasileira de Letras, julho de 2021.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer  
meios sem autorização escrita da editora.

Todos os direitos reservados pela Editora Edgard Blücher Ltda.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Heytor Diniz Teixeira, CRB-8/10570

Ciências ambientais : temas atuais / organizadores Sueli  
Angelo Furlan, Pedro Roberto Jacobi, Paulo Antonio de Almeida  
Sinisgalli. – São Paulo : Blucher Open Access, 2026.

455 p. : il.

Bibliografia

ISBN 978-65-5550-283-1 (Impresso)

ISBN 978-65-5550-278-7 (Eletrônico – Epub)

ISBN 978-65-5550-279-4 (Eletrônico – PDF)

1. Meio ambiente e sua proteção. 2. Ciência ambiental.  
3. Gestão de recursos naturais. 4. Sustentabilidade.  
5. Governança ambiental. 6. Desenvolvimento sustentável.  
I. Título. II. Furlan, Sueli Angelo. III. Jacobi, Pedro Roberto.  
IV. Sinisgalli, Paulo Antonio de Almeida.

CDU 502

Índice para catálogo sistemático:

1. Meio ambiente e sua proteção CDU 502

*Obra dedicada ao Prof. Célio Bermann  
(in memoriam).*



# SUMÁRIO

## INTRODUÇÃO

Desafios da ciência ambiental para enfrentar o negacionismo.....	13
<i>Sueli Angelo Furlan, Pedro Roberto Jacobi, Paulo Sinisgalli</i>	

## APRESENTAÇÃO

.....	17
-------	----

## I - FUNDAMENTOS CONCEITUAIS, POLÍTICOS E EPISTEMOLÓGICOS

### CAPÍTULO 1

Diálogo e transição para sociedades mais sustentáveis: proposição de futuras agendas de pesquisa.....	21
<i>Rafael de Araujo Arosa Monteiro, Renata Ferraz de Toledo, Pedro Roberto Jacobi</i>	

### CAPÍTULO 2

O nexa entre a democracia e o meio ambiente: proposta de um modelo analítico para o contexto da Amazônia brasileira .....	33
<i>Cyro Assahira, Evandro Mateus Moretto, Neli Aparecida de Mello-Théry</i>	

**CAPÍTULO 3**

- Perspectiva interdisciplinar sobre riscos  
e desastres em cenários de mudanças climáticas: uma revisão bibliográfica ..... 49  
*Izabela Penha de Oliveira Santos, Ana Paula Fracalanza*

**II – GOVERNANÇA AMBIENTAL, DEMOCRACIA E JUSTIÇA SOCIOAMBIENTAL****CAPÍTULO 4**

- Conselhos nacionais da água de Portugal e do Brasil:  
parâmetros para análise de procedimentos democráticos..... 63  
*Rosa Maria Mancini, Pedro Roberto Jacobi*

**CAPÍTULO 5**

- Análise da governança do comitê Chapecó  
e Irani na gestão da Bacia do Uruguai em Santa Catarina..... 83  
*Marina Dias Portella, Wagner Costa Ribeiro*

**CAPÍTULO 6**

- Injustiça hídrica na gestão da crise  
de abastecimento no município de São Paulo de 2014 a 2016..... 97  
*Vanessa Victor da Cruz de Souza, Ana Paula Fracalanza, Pedro Luiz Côrtes*

**CAPÍTULO 7**

- Crise de abastecimento de água na Região Metropolitana de  
São Paulo entre 2013 e 2016: análise da gestão de água do sistema Cantareira..... 111  
*Gabriela Canindé Rodrigues Silva, Ana Paula Fracalanza*

**III – MUDANÇAS CLIMÁTICAS, RISCOS E SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS****CAPÍTULO 8**

- Mudanças climáticas, sistemas socioecológicos e cidades  
amazônicas: eventos hidroclimáticos extremos em Novo Airão/AM..... 125  
*Lyvia Amado de Oliveira, Neli Aparecida de Mello-Théry, Evandro Mateus Moretto*

**CAPÍTULO 9**

- Indicadores tradicionais utilizados pelo povo indígena  
Khĩsêjtjê para prever a época de seca e chuva e planejar a agricultura ..... 141  
*Lia Taruiap Troncarelli, Carla Morsello*

**CAPÍTULO 10**

- Mudanças no garimpo e seus efeitos sobre  
o sistema socioecológico e os modos de vida do Alto Tapajós ..... 163  
*Laize Sampaio Chagas e Silva, Evandro Mateus Moretto*

**IV – SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS, PLANEJAMENTO  
E SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA****CAPÍTULO 11**

- Serviços ecossistêmicos na Macrometrópole Paulista:  
tendências espaço-temporais e desafios para o planejamento territorial ..... 181  
*Priscila Ikematsu, José Alberto Quintanilha*

**CAPÍTULO 12**

- Caracterização da demanda do serviço ecossistêmico  
de retenção do escoamento superficial como solução baseada  
em ecossistemas para mitigação de inundações na cidade de São Paulo ..... 197  
*Maíra Daronco Teruya, Paulo Antonio de Almeida Sinisgalli*

**CAPÍTULO 13**

- Mudança do clima e as soluções baseadas na natureza (SbN):  
medidas de adaptação para as cidades brasileiras ..... 217  
*Sophia Bujnicki Neves Picarelli, Pedro Roberto Jacobi*

**V – SOCIEDADE, EDUCAÇÃO, ATIVISMO E ALTERNATIVAS SOCIOPOLÍTICAS****CAPÍTULO 14**

- Mulheres agricultoras e agroecologia: os nexos encontrados na revisão da literatura ..... 241  
*Clara Ribeiro Camargo, Marcos Sorrentino, Luciana Travassos*

**CAPÍTULO 15**

- Coletivos sociais e as novas configurações do ativismo contemporâneo: o caso do “Mutirão pelo Bem Viver” em São Paulo ..... 255  
*Alana Belei, Tatiana Rotondaro*

**CAPÍTULO 16**

- Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), políticas públicas de educação ambiental e o currículo da cidade de São Paulo ..... 273  
*Patrícia de Oliveira Ramos, Sueli Angelo Furlan*

**VI - RESÍDUOS, POLUIÇÃO E GOVERNANÇA AMBIENTAL INTEGRADA****CAPÍTULO 17**

- Gestão de resíduos sólidos urbanos: visão a partir do Sul Global..... 293  
*Gustavo Setsuo Hidaka, Sylmara L. F. Gonçalves Dias*

**CAPÍTULO 18**

- Governança para o monitoramento do lixo no mar: uma abordagem sistêmica multi-stakeholder ..... 305  
*Vitória Milanez Scrich, Alexander Turra*

**CAPÍTULO 19**

- Lixo nos mares: uma análise da cobertura jornalística realizada por uma TV pública brasileira..... 325  
*Adele Machado Santelli, Alexander Turra*

**CAPÍTULO 20**

- Fibras sintéticas como um tipo de microplástico: caminhos para o setor têxtil atuar no combate ao lixo no mar ..... 339  
*Flavia Salvador Cesa, Alexander Turra*

**VII - TECNOLOGIAS, MODELAGEM E AVALIAÇÃO AMBIENTAL****CAPÍTULO 21**

- Modelagem numérica da dispersão de plumas de *Enterococcus* na Baixada Santista (litoral central do estado de São Paulo, Brasil) ..... 353  
*Samuel Hora Yang, Joseph Harari, Elisabete de Santis Braga*

**CAPÍTULO 22**

- Previsão de balneabilidade com o uso da modelagem numérica para as praias de Santos, Brasil ..... 371  
*Renan Braga Ribeiro, Joseph Harari*

**CAPÍTULO 23**

- A qualidade da água costeira na baía de Ubatuba-SP: integração entre modelagem numérica e métodos econométricos para diagnóstico baseado em serviços ecossistêmicos ..... 389  
*Igor Ruiz Atake, Joseph Harari, Paulo Antônio de Almeida Sinisgalli*

**CAPÍTULO 24**

- Aplicação de aeronaves remotamente pilotadas e fotogrametria para avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração florestal ..... 409  
*Rafael Walter Albuquerque, Carlos Henrique Grohmann*

**CAPÍTULO 25**

- Sensoriamento remoto como ferramenta para a caracterização dos ambientes alagáveis da Volta Grande do Xingu sob influência do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte ..... 425  
*Alyne Almeida Affonso, Carlos Henrique Grohmann*

**CAPÍTULO 26**

- Incorporação da biodiversidade na avaliação de impacto ambiental: contribuição para estudos sobre efetividade ..... 439  
*Rossana Borioni, Luiz Henrique Sanchez*



# INTRODUÇÃO

## Desafios da ciência ambiental para enfrentar o negacionismo

*Sueli Angelo Furlan*  
*Pedro Roberto Jacobi*  
*Paulo Sinisgalli*

Dentre as diversas transformações pelas quais a Terra passou desde a Revolução Industrial, as mais significativas certamente são a mudança global do clima e as suas consequências desastrosas para todos os habitantes deste mundo.

É inquestionável que esses processos de transformação são decorrentes de causas humanas. Contudo, ainda persistem dúvidas acerca das razões dessas mudanças, sejam elas naturais, sejam humanas. Mesmo com esses questionamentos, o que fica cada vez mais evidente é a ocorrência de manifestações desses efeitos climáticos e suas consequências para todos em distintas escalas. Para melhor entendimento das relações entre os diversos sistemas, com múltiplas facetas, é necessária uma articulação de praticamente todos os campos do conhecimento.

Para Ulrich Beck (2007), viver em uma sociedade de risco significa que a controlabilidade dos efeitos colaterais e dos perigos produzidos pelas decisões tornou-se problemática, e os saberes podem servir para transformar riscos imprevisíveis em riscos calculáveis. Isso, por sua vez, produz novas imprevisibilidades. A “reflexividade da incerteza” e a indeterminabilidade do risco se tornam, pela primeira vez, funda-

mentais para todos nós, de modo que devemos redefinir nossa concepção de sociedade e nossos conceitos sociológicos (Jacobi; Giatti; Ambrizzi, 2015).

Nas últimas décadas, o termo “antropoceno” vem sendo cada vez mais utilizado por pesquisadores e profissionais, das mais variadas áreas de conhecimento, destacando como as ações humanas estão alterando as dinâmicas socioambientais. Nesse sentido, já há algum tempo menciona-se que vivemos uma crise planetária.

Se os cenários projetados pelos estudos sobre o clima global se concretizarem, em decorrência das contínuas emissões de gases de efeito estufa e do consequente aquecimento acentuado do planeta, enfrentaremos uma nova dinâmica nas forças geofísicas e biológicas. Os impactos serão profundos e abrangentes, atingindo todas as esferas: social, econômica e ambiental. Para lidar com esses efeitos, a humanidade será forçada a empreender grandes esforços de adaptação. Eventos extremos como secas prolongadas, ciclones tropicais, ondas de calor, enchentes, incêndios florestais e processos acelerados de erosão se tornarão mais frequentes e intensos. As consequências incluirão perdas agrícolas significativas, escassez de água e alimentos, aumento da desnutrição e disseminação de doenças infecciosas. Essas condições críticas tendem a provocar deslocamentos populacionais em larga escala, além de intensificar conflitos regionais. Apesar dos alertas persistentes da comunidade científica, esse futuro distópico não apenas se aproxima, como já começa a se manifestar no presente.

Mesmo com a multiplicação de tragédias socioambientais, muitas das quais anunciadas, o que se observa é a persistência do negacionismo climático e ambiental. Esse negacionismo tem como premissa minimizar as responsabilidades dos governantes e, em muitos casos, dos agentes econômicos, notadamente associados com a agenda que impulsiona o crescimento econômico e o consumo, ao mesmo tempo que mantém (e até amplia) o uso de combustíveis fósseis. Essa forma de negacionismo se pauta pelo questionamento, principalmente daquelas que rejeitam a ciência como condutora das estratégias coletivas de enfrentamento dos problemas coletivos. Em nome dessas estratégias, é necessário confrontar lógicas econômicas e agendas que comprometem os esforços de descarbonização e outras medidas de controle das emissões de dióxido de carbono, além de reduzir a dependência de combustíveis fósseis. Nesse sentido, o negacionismo climático é uma forma de reação contra a atuação do Estado e dos organismos multilaterais visando o bem comum, orientando a economia, as formas de produção e consumo e, principalmente, impactando a qualidade de vida das pessoas para fazer frente às mudanças climáticas. Esse posicionamento ainda reflete a obstrução de políticas internacionais e locais no enfrentamento ao aquecimento global e à degradação ambiental. Atua principalmente na defesa de interesses econômicos e financeiros globais, em contraponto às medidas de redução de CO<sub>2</sub> e de conservação dos sistemas naturais. Ressalta-se que o negacionismo climático tem sido promovido

pelo constante investimento para ampliar a exploração de combustíveis fósseis e outros minerais de interesse da produção de processos produtivos lineares.

No Brasil, o negacionismo está associado, sobretudo, aos interesses do setor do agronegócio e às atividades minerais extrativistas, com vistas a deslegitimar políticas ambientais, expandir a fronteira agrícola por meio do desmatamento e desregular o uso de áreas legalmente protegidas. Tudo isso está orientado para a manutenção e a expansão do modelo de produção primária agroexportadora, baseado na exploração intensiva dos recursos naturais. O negacionismo climático se manifesta por meio de diversas estratégias que visam negar, minimizar ou desacreditar os achados da ciência do clima. Esse movimento está fortemente vinculado à produção e disseminação de desinformação, especialmente com ataques direcionados ao papel dos cientistas, o que pode minar profundamente a confiança da sociedade na ciência.

O quadro alarmante demanda urgentes ações para reverter os cenários de emergência climática. Ano após ano, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) tem mostrado que vivemos anos mais quentes, e que já ultrapassamos o 1,5 °C definido pelo Acordo de Paris em 2016. Isso reforça a necessidade de governos fortalecerem medidas de adaptação, bem como de ampliarem a cooperação científica e intersetorial. A OMM defende, ainda, a Rede de Monitoramento, além da definição de protocolos com órgãos atuantes em períodos chuvosos e de estiagem, ações estruturais para a retirada de população das áreas de risco e para garantir o funcionamento adequado da drenagem urbana em caso de chuvas intensas.

Para tanto, tornam-se necessários avanços em diferentes formas de atuação quanto à segurança hídrica, energética e alimentar, além de investimentos intersetoriais em moradia para reduzir os impactos dos eventos extremos nas populações mais vulneráveis, voltados para a redução das injustiças climáticas. Sobretudo no planejamento das cidades, destacando os grandes aglomerados em situação de vulnerabilidade e risco.

Dessa forma, torna-se fundamental combater o negacionismo climático. A ascensão de políticos negacionistas, mundo afora, representa um risco não somente em relação à emergência climática, mas para outras temáticas científicas que estão sendo impactadas pela disseminação de campanhas de desinformação, incluindo as de saúde pública.

Isso demanda um conjunto de ações articuladas nas ações educativas em todos os níveis de formação, com a finalidade de fortalecer a difusão da informação científica e a discussão ética para combater a desinformação. Nesse contexto, amplia-se a corresponsabilização da sociedade como um todo. E, para tanto, torna-se necessário ampliar ações de capacitação contínua, dada a dinâmica envolvendo a complexidade do tema. É importante destacar que, em função dessa complexidade, há grupos que exploram a falseabilidade da ciência, atacando resultados e modelos científicos que vão contra seus interesses econômicos e ideologias políticas conservadoras e obscurantistas. É preciso reforçar que os resultados e modelos têm as suas incertezas, mas

representam uma luz para orientar o melhor caminho. Sem esses esforços científicos, estamos fadados a caminhar às cegas.

Já há consenso no meio acadêmico de que os eventos climáticos extremos acontecerão com mais frequência e com maior impacto, o que demanda ampliar ações para fortalecer a resiliência, a adaptação e confrontar o negacionismo climático, que representa uma reação defensiva à possibilidade de mudanças estruturais na economia e no estilo de vida, necessárias para enfrentar a crise ambiental.

Há caminhos a serem trilhados colaborativamente para responder de forma apropriada a essas questões, mostrando que a dimensão ambiental apresenta mecanismos capazes de minimizar, orientar e antecipar os efeitos das mudanças climáticas. A dimensão ambiental se configura crescentemente como uma questão que envolve um conjunto de atores do universo educativo, potencializando o engajamento dos diversos sistemas de conhecimento, a capacitação de profissionais e a comunidade universitária numa perspectiva interdisciplinar. Nesse sentido, a produção de conhecimento deve necessariamente contemplar as inter-relações do meio natural com o social, incluindo a análise dos determinantes do processo, o papel dos diversos atores envolvidos e as formas de organização social. Enfatizamos que a divulgação do conhecimento científico é uma necessidade para todos.

Assim, a multiplicação dos problemas ambientais tem imposto às diversas disciplinas científicas temas para os quais estas não estavam anteriormente preparadas e para cujo enfrentamento demanda reformular os parâmetros de ensino e pesquisa. Sem renunciar às especialidades disciplinares atualmente em vigor, mas certamente contribuindo para sua reformulação e desenvolvimento, a noção dos problemas socioambientais recoloca o ser humano no centro das preocupações e dos programas científicos. Essa postura aponta para uma sociedade sociobiocêntrica. Assim, a sustentabilidade como novo critério básico e integrador precisa se associar, permanentemente, às responsabilidades éticas, na medida em que a ênfase nos determinantes extraeconômicos serve para reconsiderar os aspectos relacionados com a equidade, a justiça social e a ética com todos os seres vivos.

A ênfase em práticas que estimulam a interdisciplinaridade e a transversalidade revela o grande potencial que existe para sair do lugar comum. Trabalhar com temáticas que incitam mudanças no comportamento, na responsabilidade socioambiental e na ética ambiental representa o caminho a ser seguido, e que estimula outro olhar. Trata-se da importância de compreender a complexidade envolvida nos processos e o desafio de ter uma atitude mais reflexiva e atuante e, por conseguinte, que os cidadãos se tornem mais responsáveis, cuidadosos e engajados em processos colaborativos com o ambiente.

Defendemos o que muitos pesquisadores vêm enfatizando: negar a ciência é escolher a ignorância. Engajar-se pela ciência é lutar por justiça, sustentabilidade e sobrevivência.

# APRESENTAÇÃO

Este livro reúne contribuições interdisciplinares que dialogam com os principais debates contemporâneos do campo das Ciências Ambientais, abordando de forma crítica e integrada as relações entre sociedade, natureza, políticas públicas e democracia. A coletânea articula reflexões teóricas, análises conceituais e estudos empíricos que investigam dinâmicas socioambientais em diferentes escalas territoriais, com ênfase nos desafios impostos pelas mudanças climáticas, pela degradação ambiental e pelas desigualdades socioambientais.

Os capítulos exploram temas centrais como aprendizagem social, diálogo e transições para a sustentabilidade, governança ambiental, democracia participativa e gestão de recursos naturais, especialmente da água. A obra evidencia de que maneira crises hídricas, eventos climáticos extremos, injustiças socioambientais e fragilidades institucionais estão profundamente interconectados, revelando limites estruturais dos modelos de desenvolvimento e das políticas públicas vigentes.

A partir da perspectiva dos sistemas socioecológicos, os trabalhos analisam impactos de processos como urbanização, garimpo, grandes empreendimentos de infraestrutura e mudanças no uso do solo, com especial atenção a contextos sensíveis como a Amazônia, as regiões metropolitanas e as zonas costeiras. Destacam-se, ainda, discussões sobre riscos e desastres, adaptação às mudanças climáticas e o papel das

soluções baseadas na natureza, dos serviços ecossistêmicos e da infraestrutura verde no planejamento territorial e urbano.

A coletânea também valoriza os saberes tradicionais e o protagonismo de povos indígenas, populações tradicionais, mulheres agricultoras e coletivos sociais, reconhecendo-os como atores centrais na construção de alternativas sustentáveis. As análises incorporam referenciais como a economia feminista, o ecofeminismo, o pensamento decolonial, a ética do cuidado e a noção de bem viver, ampliando o escopo analítico e político das Ciências Ambientais.

Por fim, o livro apresenta contribuições metodológicas relevantes, incluindo o uso de sensoriamento remoto, modelagem numérica, geotecnologias, métodos econométricos e abordagens participativas aplicadas ao monitoramento ambiental, à avaliação de impactos e à gestão socioambiental. Ao integrar diferentes abordagens e objetos de pesquisa, esta obra se consolida como uma contribuição significativa para o avanço do debate acadêmico e para o fortalecimento de práticas orientadas à sustentabilidade, à justiça socioambiental e ao aprofundamento democrático.

O livro também oferece uma análise multifacetada dos desafios e das oportunidades na interface entre ambiente, sociedade e governança, com um olhar crítico sobre as vulnerabilidades existentes e um foco propositivo nas estratégias de adaptação.

Estes resultados refletem como o Procama atua e fornecem uma base sólida para a compreensão dos desafios ambientais e para o desenvolvimento de políticas e práticas mais eficazes na busca por um futuro mais sustentável, ressaltando como a ciência possibilita entender a luta por justiça, sustentabilidade e sobrevivência.

# I – FUNDAMENTOS CONCEITUAIS, POLÍTICOS E EPISTEMOLÓGICOS



# Diálogo e transição para sociedades mais sustentáveis: proposição de futuras agendas de pesquisa<sup>1</sup>

*Rafael de Araujo Arosa Monteiro  
Renata Ferraz de Toledo  
Pedro Roberto Jacobi*

## **Resumo**

Este texto possui a pretensão de ser um ensaio em que organizamos e apresentamos algumas proposições de futuras agendas de pesquisa sobre o diálogo em processos de aprendizagem e colaboração em prol da transição para sociedades mais sustentáveis. Partindo da relevância do diálogo para o campo da aprendizagem social para a sustentabilidade, a elaboração deste ensaio se deu, num primeiro momento, a partir da organização de certas reflexões acerca do tema. Em seguida, tais reflexões foram categorizadas em três dimensões: conceito, obstáculos e aprendizagem. Por fim, construímos o texto buscamos discutir cada categoria e apresentar possíveis perguntas a serem respondidas futuramente, culminando na proposição de três agendas de pesquisa: 1) a conceituação do diálogo; 2) os obstáculos para sua emergência; 3) o processo de aprendizagem de seus princípios e práticas.

**Palavras-chave:** Dialogicidade; Aprendizagem; Colaboração.

---

1 As ideias deste ensaio são fruto da Tese de doutorado do primeiro autor, realizada no Procam e intitulada “Aprender do diálogo: análise de uma proposta teórica e metodológica aplicada com pesquisadores de um projeto temático de ciência ambiental”.

## 1. O DIÁLOGO EM PROCESSOS DE APRENDIZAGEM E COLABORAÇÃO SOCIOAMBIENTAL

Muitos são os desafios socioambientais na contemporaneidade, como as mudanças climáticas, os eventos extremos, a desertificação, o desmatamento, a perda de biodiversidade, a sobrepesca e tantos outros. Em resposta a tais desafios, diversas possibilidades de enfrentamento têm surgido em diferentes áreas do conhecimento científico.

Um campo que merece destaque é a Aprendizagem Social para a Sustentabilidade (AS). Em sua perspectiva transformadora, caracteriza-se por processos de interação entre diferentes atores, possuidores de crenças e visões de mundo diversas, que compartilham interesses comuns para construir novos conhecimentos, valores e soluções por meio de ações colaborativas (Wals; Hoeven; Blanken, 2009; Wals, 2007, 2011).

Em tal concepção da AS, o diálogo está presente em algumas pesquisas teóricas e aplicadas que assumem princípios e práticas dialógicas enquanto um dos elementos base do processo de aprendizagem. Por exemplo, Selby (2009) inspirado pela teoria de David Bohm, defende uma Aprendizagem Social Dialógica em que as pessoas envolvidas possam compartilhar significados, suspender seus pressupostos e ganhar consciência sobre o processo do pensamento.

Bentley Brymer, Wulfhorst e Brunson (2018), por sua vez, analisaram o diálogo ocorrido em um workshop deliberativo, a partir dos depoimentos e intercâmbio de perguntas e respostas das pessoas participantes, para identificar mudanças cognitiva, relacional e epistêmica nos e entres os indivíduos. A partir dos resultados encontrados, os autores reforçam a necessidade de se dar maior atenção à maneira como as pessoas conversam ao longo de um processo de AS.

Souza, Jacobi e Wals (2020) investigaram a ocorrência do diálogo, a partir das concepções de Paulo Freire e, em menor extensão, de David Bohm, em uma iniciativa de AS direcionada à recuperação de um córrego degradado em Porto Alegre/RS, por meio de um grupo de trabalho composto por diversos agentes sociais. Os resultados “(...) sugerem que o diálogo realizado em um clima de confiança mútua (...) foi fundamental para integrar a diversidade de visões e equalizar as diferentes linguagens de um grupo altamente diversificado, facilitando, assim, a integração de conhecimentos e a cocriação de ações” (p. 193).

A partir do exposto anteriormente, é possível afirmar que parece haver certo reconhecimento no campo da AS sobre a relevância do diálogo para os processos de planejamento e criação de ações colaborativas. Ao mesmo tempo, uma série de questões permanecem em aberto, necessitando de respostas cada vez mais aprofundadas para que o conhecimento científico sobre diálogo e processos de AS avance e ofereça soluções para o enfrentamento dos desafios socioambientais do nosso tempo.

Sendo assim, nossa pretensão neste texto é a de lançar luz a certos aspectos que ainda carecem de atenção. A construção desse ensaio se deu, num primeiro momento,

a partir da organização das reflexões acerca do tema. Em seguida, elas foram categorizadas em três dimensões: conceito, obstáculos e aprendizagem. Por fim, construímos o texto buscamos discutir cada dimensão e apresentar possíveis perguntas a serem respondidas futuramente, culminando na proposição de três agendas de pesquisa: 1) a conceituação do diálogo; 2) os obstáculos para sua emergência; 3) o processo de aprendizagem de seus princípios e práticas.

## 2. EM BUSCA DO CONCEITO DE DIÁLOGO

Nesta seção buscamos nos debruçar sobre a definição do diálogo, ou seja, ao significado que lhe é atribuído quando adotado em pesquisas ou até em outros contextos. Para isso, partimos das seguintes perguntas: há um entendimento comum sobre diálogo? Há diversos conceitos em uso ou é possível dizer que há um conceito único? Afinal, o que significa diálogo?

A partir da leitura da sessão anterior, em que apresentamos brevemente alguns trabalhos teóricos e aplicados sobre diálogo no contexto da aprendizagem social para a sustentabilidade, é possível notar a presença de alguns autores do campo do diálogo, como David Bohm, Paulo Freire e Jurgen Habermas.

Aqui reside um primeiro aspecto importante para tratar da definição de diálogo: existem diversos autores com diferentes formas de conceituá-lo, a partir de seus campos de conhecimento. Frente a isso, Stewart e Zediker (2000) propuseram uma classificação das teorias do diálogo a partir de duas abordagens: descritiva e prescritiva. A abordagem descritiva reconhece que o aspecto relacional é um elemento constituintor de nossa humanidade, permitindo-nos construir em interação com o outro diversos significados sobre a vida. É esse aspecto relacional que se compreende por diálogo nessa abordagem, ou seja, é entendido enquanto um termo ontológico.

A abordagem prescritiva, por sua vez, também reconhece a importância do aspecto relacional para a condição humana, mas diferente da anterior não o chama de diálogo. Ou seja, não entende que qualquer relação possa ser chamada de dialógica. Por isso, reserva ao termo “diálogo” um tipo específico de relação, prescrevendo quais os princípios e práticas que a estimulam (Stewart; Zediker, 2000).

Considerando tal diversidade de interpretações e abordagens do diálogo, apenas assumi-lo em nosso discurso (seja ele oral ou escrito, acadêmico ou não acadêmico) não implica que o outro compreenda o que estamos dizendo num processo de aprendizagem e colaboração em que se pretende trabalhar junto para intervir na realidade e enfrentar os desafios socioambientais.

Por isso, pesquisas que visem realizar o mapeamento das diferentes definições de forma mais aprofundada podem ser de grande valor tanto para o campo do diálogo, quanto para o campo da AS para a sustentabilidade, ajudando aqueles que pretendem

utilizar o conceito a estarem mais bem informados e a poder criticá-lo e transformá-lo se assim acharem pertinente.

Alguns esforços já têm sido feitos nesse sentido. Stewart, Zediker e Black (2004) buscaram identificar similaridades entre Buber, Bakhtin, Bohm, Freire e Gadamer, a partir de três aspectos: experiências de vida dos autores que contribuíram para a construção de suas teorias; holismo; e tensionalidade.

Outro exercício interessante de ser realizado é a conexão entre diferentes perspectivas teóricas, integrando pontos de convergência existentes e criando ideias a partir das divergências. Algo nesse sentido já tem sido desenvolvido, mas há bastante espaço para aprofundamento. À título de exemplo, Aragão e Navarro (2004) buscaram integrar diferentes ideias teóricas do diálogo, propondo que o procedimento de suspensão dos pressupostos de Bohm pode estimular o processo de conscientização crítica de Freire, reconhecendo que a existência humana se constitui na relação com o outro, como sugerido por Bakhtin.

Vale citar também o trabalho desenvolvido pelos autores deste ensaio, em que buscamos integrar as ideias teóricas e metodológicas de Buber, Bohm, Isaacs e Freire, bem como ideias de autores de outros campos do saber, para criar uma compreensão teórica sobre diálogo, a partir das dimensões epistemológica e ética do ser humano (Monteiro; Toledo; Jacobi, 2021a).

Com o mapeamento das diferentes teorias de diálogo, em especial aquelas utilizadas no campo da AS, e o exercício de integração entre elas, será possível aumentar e aprofundar o conhecimento na interface entre diálogo e desafios socioambientais. Para encerrar esse item, sugerimos algumas possíveis perguntas que podem inspirar futuras pesquisas:

- Quais são os principais autores e teorias do diálogo utilizados na AS para a sustentabilidade?
- Como reconhecer potencialidades e/ou desafios do diálogo na AS para a sustentabilidade, a partir de diferentes autores e abordagens?
- Qual a quantidade de pesquisas realizadas no campo da AS que assume o diálogo enquanto princípio ou método, e como elas são desenvolvidas?
- Quais conexões já foram realizadas entre teorias do diálogo de autores diferentes e como contribuem com a transição para sociedades mais sustentáveis?
- Quais as lacunas ou limitações das teorias do diálogo existentes em oferecer respostas para o enfrentamento dos desafios socioambientais?

### 3. OBSTÁCULOS PARA A EMERGÊNCIA DO DIÁLOGO

Ter maior clareza e entendimento sobre o significado do diálogo que se está utilizando é algo de grande relevância como vimos anteriormente. Porém, apesar de ser um primeiro passo importante, ainda há outros desafios a serem considerados.

Antes de apresentá-los, precisamos deixar claro que, a partir de agora, as ideias desenvolvidas terão maior conexão com uma abordagem prescritiva do diálogo, uma vez que se aproxima mais daquela que temos assumido em nossos trabalhos e pesquisas. Em paralelo, queremos evidenciar também de qual definição de diálogo estamos partindo. Assumimos o diálogo como:

*uma forma de pensar que busca readmirar crenças ao invés de reafirmá-las, uma forma de conversar que acolhe e compreende as diversas significações sobre a vida ao invés de julgá-las e excluí-las, uma forma de agir que reconhece a alteridade ao invés de desconsiderá-la e uma forma de aprender em colaboração, ao invés de uma forma individual e solitária (Monteiro, 2023, p. 25, grifos do autor).*

Partindo de tal definição e de considerações feitas por importantes autores do diálogo, como a afirmação de Bohm (2005) de que a comunicação está em crise, o alerta de Buber (1979) sobre a predominância das relações Eu-Isso em detrimento das Eu-Tu e da denúncia de Freire (1981) sobre as opressões sofridas por muitos, é possível afirmar a existência de um cenário cultural, pelo menos no contexto ocidental, marcado pela predominância da antidialogicidade. Mas, o que compõe essa predominância? Quais elementos obstaculizadores do diálogo podem ser identificados e mais bem compreendidos? A seguir, buscamos oferecer uma tentativa de resposta, sabidamente incompleta, a essas perguntas.

Se definimos diálogo como uma forma particular de pensar, conversar, agir e aprender, também o fizemos para o seu oposto, o antidiálogo. Neste, o pensamento se caracteriza por um apego às próprias certezas, tomadas enquanto verdades universais que devem ser aceitas pelos outros que pensam diferente. Aqui, não há muito espaço para dúvidas e questionamentos, nem abertura para a diferença (Monteiro; Toledo; Jacobi, 2021a).

Um elemento que parece suportar essa forma de pensar antidialógica são os processos psicológicos de proteção de nossas crenças. Entre tais processos psicológicos de proteção é possível citar o viés de confirmação, a negligência com dados estatísticos, o raciocínio sequestrador, o raciocínio entimemático e tantos outros (Kahneman, 2012; Alcock, 2018).

Em consonância com a forma de pensar mencionada, está uma forma particular de conversar. Nesta, as pessoas apegadas a suas próprias convicções enquanto verdades, buscam as impor ao outro por meio de uma série de estratégias, como: não deixar o outro falar, interromper, não ouvir, julgar negativamente o outro e sua ideia e diversas outras (Monteiro; Toledo; Jacobi, 2021a).

Aqui o elemento que parece suportar tal modelo de conversa é um conjunto de variadas estratégias da dialética erística que foram muito bem descritas pelo filósofo

alemão Arthur Schopenhauer (2014). O autor diagnostica as principais estratégias utilizadas em conversas para atingir o propósito de ganhar do outro.

Fruto das formas de pensar e conversar supracitadas, emerge uma forma particular de agir, caracterizada pela tentativa de dominação do outro. Aquele que pensa diferente e que se recusa a aceitar minha verdade pode ser visto como uma pessoa ignorante, iludida ou perigosa. Seja como for, é alguém que precisa ser controlado. Se não for possível, que seja excluído ou, no limite, se for considerado uma ameaça, pode ser até exterminado (Monteiro; Toledo; Jacobi, 2021a).

Aqui o elemento que parece suportar essa forma de agir dominadora é a percepção do outro como uma ameaça por ser diferente, reduzindo-o a apenas uma ou poucas características, em geral negativas sob a ótica de quem interpreta. Esse processo fomenta estereótipos e preconceitos que fomentam o distanciamento e polarização social (McCoy; Rahman; Somer, 2018; McCoy; Somer, 2019).

Enfim, as formas de pensar, conversar e agir antidialógicas são internalizadas por nós ao longo das experiências de vida que temos em diferentes contextos. A partir das diversas interações que temos – na família, na escola, no trabalho etc., aprendemos a como pensar de modo apegado às nossas convicções, a impô-las através das conversas e a tentar dominar o outro.

Assim, esse processo de aprendizagem se constitui enquanto um elemento fomentador da antidialogicidade em nossas relações interpessoais (Monteiro; Toledo; Jacobi, 2021a). Ou seja, o pensamento, a conversa e a ação antidialógicos podem ser entendidos enquanto normas culturais compartilhadas. E por não ser um processo de compartilhamento reconhecido pelas pessoas, acaba gerando a falsa impressão de que a antidialogicidade é o modo “normal” de pensar, de conversar e de agir. Porém, perde-se de vista seu caráter habitual e passível de transformação, ou seja, o reconhecimento de ser algo culturalmente construído e repetido, como sugere Freire (1981; 1983).

Tal situação fomenta um cenário de incoerência, para utilizar um termo de Bohm (2007), entre nossas intenções, ações e resultados. Há uma série de desafios contemporâneos a serem enfrentados, entre eles as questões socioambientais. Nesse contexto, é comum ouvir a importância da cooperação. No campo da aprendizagem social para a sustentabilidade há o mote “aprender junto para intervir junto” (Jacobi, 2013, p. 8). Porém, ao nos relacionarmos, mesmo que sem consciência, com os padrões da antidialogicidade iremos contra aquilo que desejamos. Estaremos apenas reforçando os desafios.

Essa incoerência se expressa, por exemplo, quando pessoas e grupos dentro do próprio campo ambiental disputam (muitas vezes de maneira agressiva) entre si pelas melhores ideias e estratégias, criando cisões dentro do campo e perdendo a oportunidade de pensar juntas para criar ideias a partir das diferenças. Ou ainda, quando alguns cientistas da área ambiental e alguns negacionistas do clima não se abrem para

pensar juntos sobre o tema, apenas fazendo acusações sobre o outro lado, de forma a fomentar a fragmentação e distanciamento entre tais pessoas.

Dessa forma, futuras agendas de pesquisa que se debrucem sobre os elementos constituidores da antidualogicidade podem ser de grande valor para ganharmos cada vez mais consciência e conhecimento sobre as incoerências entre nossas intenções, ações e resultados ao tratar das questões socioambientais.

O desenvolvimento de pesquisas na interface entre diálogo e o campo da argumentação, da lógica e da retórica também pode ser promissor, investigando as estratégias discursivas que fomentam ou que obstaculizam o diálogo durante uma conversa entre pessoas com diferentes perspectivas sobre os desafios socioambientais.

Em paralelo, pesquisas sobre ações antidialógicas de dominação também são oportunidades interessantes na integração com teorias que versam sobre relações de poder. Há certo entendimento comum entre diferentes teorias do diálogo de que é importante haver um balanceamento de poder para a ocorrência de uma interação dialógica e algumas ainda sugerem certas práticas para atingir tal ideal. Porém, é um aspecto pouco explorado e que costuma ser alvo de críticas, como as que foram feitas por Foucault a Habermas (Sleep; Sener, 2013).

Para encerrar esse item, sugerimos algumas possíveis perguntas que podem inspirar futuras pesquisas:

- Quais são e como ocorrem os principais processos psicológicos de proteção das crenças que impedem ou dificultam o diálogo entre pessoas e grupos diferentes para pensar e agir juntas no enfrentamento dos desafios socioambientais?
- Quais outros elementos do pensamento, para além dos processos psicológicos de proteção das crenças, que obstaculizam o diálogo e de que forma se manifestam?
- Como contornar os processos psicológicos de proteção das crenças para que o diálogo possa acontecer em processos de aprendizagem social para a sustentabilidade?
- Quais as estratégias discursivas (escolha de palavras, modelos de frase, entonação etc.) que estimulam ou atrapalham a emergência do diálogo entre pessoas e grupos diferentes que buscam trabalhar juntos para a resolução de problemas socioambientais? E de que forma isso acontece?
- É possível desenvolver um discurso dialógico? Se sim, quais suas características? Como se conecta com o pensamento dialógico? Quais seus efeitos na capacidade de colaboração das pessoas?
- De que forma uma argumentação dialógica se diferencia ou se assemelha a uma argumentação retórica?
- É possível haver alguma forma de diálogo em uma relação em que o poder é desbalanceado?

- Por que ocorrem discursos e práticas antidialógicas em processos voltados à AS para a sustentabilidade?

#### 4. COMO APRENDER O DIÁLOGO?

Em paralelo com os desafios mencionados nas seções anteriores, está o processo de aprendizagem do diálogo. Ou seja, tendo clareza de qual definição se parte e dos obstáculos para vivenciá-la, como promover a transformação dos hábitos antidialógicos em dialógicos? Como estimular que as pessoas participantes de um processo de diálogo sejam capazes de levar os aprendizados para outras situações e grupos em que interagem? Enfim, como aprender o diálogo?

Visando responder a essas questões, desenvolvemos um método, a partir das ideias metodológicas de Bohm (2005), Isaacs (1999) e Freire (1981; 1983), para estimular o processo de aprendizagem dos princípios e práticas dialógicas. Tal método é composto por dois grandes ciclos que se retroalimentam: o Ciclo do Diálogo Reflexivo e o Ciclo do Diálogo Deliberativo (Monteiro; Toledo; Jacobi, 2021b).

O Ciclo do Diálogo Reflexivo se caracteriza por encontros em que as pessoas são estimuladas a identificar, compartilhar e compreender as diferentes crenças que possuem sobre os temas conversados com o intuito de promover compreensão interpessoal, mudanças na forma de pensar, mudanças nos relacionamentos e a emergência de novas ideias (Monteiro; Toledo; Jacobi, 2021b).

Para que isso aconteça, é importante que as pessoas atendam a algumas pré-condições, como: saber o que é diálogo; ter vontade de dialogar, especialmente com quem pensa diferente; ter esperança de que o outro aceite entrar em diálogo consigo; respeitar as pessoas; ter a curiosidade genuína de querer entender por que o outro pensa da maneira que pensa; e renunciar momentaneamente a postura resolutiva, isto é, não se deixar levar pelo desejo de querer saber qual ideia é melhor, mais correta e que deve ser seguida, uma vez que atrapalha o bom andamento do diálogo reflexivo. Com tais pré-condições em mente é possível fazer uso de quatro práticas dialógicas: ouvir, identificar emoções e sentimentos, falar e readmirar. Cada uma dessas práticas possui características próprias de como executá-las de modo a fomentar o diálogo entre as pessoas (Monteiro; Toledo; Jacobi, 2021b).

Se emergem novas ideias a partir do Ciclo do Diálogo Reflexivo, é possível dar início ao Ciclo do Diálogo Deliberativo. Neste, o objetivo é construir juntos as ações que serão empreendidas para materializar a ideia cocriada. Por isso, possui três etapas. A primeira é a do planejamento dialógico, em que serão firmados os acordos, as responsabilidades e o que deverá ser feito. Na sequência, a segunda etapa é a da intervenção dialógica, na qual se realizam as ações planejadas. Por fim, tem-se a etapa da avaliação dialógica. Nela é preciso analisar os resultados atingidos e decidir se o grupo

segue no Ciclo do Diálogo Deliberativo, cabendo realizar pequenos ajustes no processo para atingir os resultados pretendidos, ou se deve iniciar um novo Ciclo do Diálogo Reflexivo para aprofundar a compreensão sobre o que foi feito e transformar conflitos que possam ter surgido entre os participantes durante a etapa de intervenção (Monteiro; Toledo; Jacobi, 2021b).

Esse método já teve seus primeiros testes realizados durante o doutoramento do primeiro autor deste texto e apresentou resultados interessantes sobre sua capacidade de promover a aprendizagem do diálogo e outros efeitos junto a atores ligados às questões socioambientais. Porém, é possível compartilhar perguntas ligadas a aspectos a serem desenvolvidos e/ou aprimorados em relação ao método em futuras pesquisas.

- Como aprimorar o processo de ensino-aprendizagem do método de diálogo?
- Como contornar os desafios do processo de aprendizagem do diálogo acarretados pelos hábitos antidialógicos que as pessoas possuem?
- Quais indicadores quali e quantitativos devem ser utilizados para averiguar a ocorrência do processo de aprendizagem do diálogo? É possível construí-los no decorrer de processos de pesquisa de natureza participativa/colaborativa?
- Qual o tempo ideal de aplicação de cada Ciclo do método? Como reconhecer este “tempo ideal”?
- Quais características a pessoa facilitadora do método deve possuir para que os diálogos reflexivo e deliberativo ocorram de forma a atingir seus objetivos?
- O grupo ganha autonomia para continuar dialogando depois da retirada da figura do facilitador? Se sim, por quanto tempo se mantém? Quais razões levam a essa manutenção?
- Quais os efeitos do método nos indivíduos e nos seus relacionamentos dentro de um mesmo grupo socioambiental?
- Quais os efeitos do método nos indivíduos e nos seus relacionamentos dentro de diversos grupos socioambientais? O que é possível identificar a partir da comparação entre os grupos?
- Quais os efeitos do método no processo de colaboração intragrupal e intergrupala em prol das questões socioambientais?
- Como os efeitos do método se comportam ao longo do tempo (3 meses, 6 meses, 9 meses etc.)?

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste ensaio buscamos evidenciar a necessidade de aprofundamento dos conhecimentos científicos a respeito do diálogo em processos de aprendizagem e colaboração

no contexto socioambiental. Para isso, apresentamos três agendas de pesquisa que nos parecem ser de grande relevância: a conceituação do diálogo, os obstáculos para sua emergência e o processo de aprendizagem de seus princípios e práticas.

Esperamos que este texto seja recebido como um convite àqueles que possuem algum interesse ou mesmo já assumem o diálogo como objeto de pesquisa no campo da aprendizagem social para a sustentabilidade e, por que não, em outros campos dentro da ciência ambiental. Um convite à realização de mais estudos científicos, de natureza quali e/ou quantitativa, para que possamos avançar cada vez mais os conhecimentos sobre as potencialidades do diálogo em processos de transição para sociedades mais sustentáveis.

## REFERÊNCIAS

- ALCOCK, J. *Belief: what it means to believe and why our convictions are so compelling*. New York: Prometheus Books, 2018.
- ARAGÃO, A. L. A.; NAVARRO, A. Diálogos em diálogo: David Bohm, Paulo Freire e Mikhail Bakhtin. *Educação em Questão*, v. 19, n. 5, 2004.
- BENTLEY BRYMER, A. L.; WULFHORST, J. D.; BRUNSON, M. W. Analyzing stakeholders' workshop dialogue for evidence of social learning. *Ecology and Society*, v. 23, n. 1, 2018.
- BOHM, D. *Diálogo: comunicação e redes de convivência*. São Paulo: Palas Athena, 2005.
- BOHM, D. *O pensamento como um sistema*. São Paulo: Madras, 2007.
- BUBER, M. *Eu e tu*. 2. ed. São Paulo: Cortez & Moraes, 1979.
- FREIRE, P. *Extensão ou comunicação?* 8. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.
- FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. 10. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1981.
- ISAACS, W. *Dialogue and the art of thinking together: a pioneering approach to communicating in business and in life*. New York: Doubleday, 1999.
- JACOBI, P. R. Aprendizagem social e a formação de professores em educação para a sustentabilidade socioambiental. *Geologia USP, Publicação especial*, São Paulo, v. 6, p. 5-10, 2013.
- KAHNEMAN, D. *Rápido e devagar: duas formas de pensar*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2012.
- MCCOY, J.; RAHMAN, T.; SOMER, M. Polarization and the global crisis of democracy: common patterns, dynamics, and pernicious consequences for democratic polities. *American Behavioral Scientist*, v. 62, n. 1, pp. 16-42, 2018.
- MCCOY, J.; SOMER, M. Toward a theory of pernicious polarization and how it harms democracies: comparative evidence and possible remedies. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, v. 681, n. 1, pp. 234-271, 2019.
- MONTEIRO, R. A. A. *Aprender o diálogo: análise de uma proposta teórica e metodológica aplicada com pesquisadores de um projeto temático de ciência ambiental*. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – Universidade de São Paulo, 2023.
- MONTEIRO, R. A. A.; TOLEDO, R. F.; JACOBI, P. R. Diálogo: conceito, princípios epistemológicos e implicações éticas. *Vozes & Diálogo*, Itajaí, v. 20, n. 2, pp. 19-32, 2021a.

- MONTEIRO, R. A. A.; TOLEDO, R. F.; JACOBI, P. R. Dialogue method: a proposal to foster intra and inter-community dialogic engagement. *Journal of Dialogue Studies*, v. 9, pp. 164-188, 2021b.
- SCHOPENHAUER, A. *38 estratégias para vencer qualquer debate: a arte de ter razão*. São Paulo: Faro Editorial, 2014.
- SELBY, D. Reaching into the holomovement: a Bohmian perspective on social learning for sustainability. In.: WALS, A. E. J. *Social learning towards a sustainable world: principles, perspectives, and práxis*. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2009.
- SLEAP, F.; SENNER, O. *Dialogue theories*. London: Dialogue Society, 2013.
- SOUZA, D. T. P.; JACOBI, P. R.; WALS, A. E. J. A aprendizagem social como prática dialógica: o caso da recuperação socioambiental do Arroio Taquara, em Porto Alegre. In: MONTEIRO, R. A. A.; SORRENTINO, M.; JACOBI, P. R. (Orgs.). *Diálogo e transição educadora para sociedades sustentáveis*. São Paulo: IEE-USP: Editora Na Raiz, 2020.
- STEWART, J.; ZEDIKER, K. E.; BLACK, L. Relationships among philosophies of dialogue. In: ANDERSON, R.; BAXTER, L. A.; CISSNA, K. N. *Dialogue: theorizing difference in communication studies*. SAGE Publications, 2004.
- STEWART, J.; ZEDIKER, K. Dialogue as tensional, ethical practice. *Southern Communication Journal*, n. 65, v. 2-3, pp. 224-242, 2000.
- WALS, A. E. J.; HOEVEN, N.; BLANKEN, H. *The acoustics of social learning: design learning processes that contribute to a more sustainable world*. Wageningen Academic Publishers: The Netherlands, 2009.
- WALS, A. E. J. Learning our way to sustainability. *Journal of Education for Sustainable Development*, v. 5, n. 2, pp. 177-186, 2011.
- WALS, A. E. J. Think piece: learning in a changing world and changing in a learning world: reflexively fumbling towards sustainability. *Southern African Journal of Environmental Education*, v. 22, pp. 35-45, 2007.



# O nexó entre a democracia e o meio ambiente: proposta de um modelo analítico para o contexto da Amazônia brasileira<sup>1</sup>

*Cyro Assahira  
Evandro Mateus Moretto  
Neli Aparecida de Mello-Théry*

## **Resumo**

As democracias podem expressar conjunturas com características políticas e socioambientais próprias e que podem, inclusive, ser antagônicas entre si. No Brasil esta perspectiva é destacada nas análises sobre a democracia a partir do enfoque na participação social direta e, especialmente, durante o período tratado como de crise da democracia (2016-2022). O objetivo deste trabalho é apresentar um modelo analítico interdisciplinar para investigar o nexó entre a democracia e o meio ambiente. O ponto de partida é a imersão nos debates conceituais sobre a democracia. Esta etapa fundamenta o delineamento dos procedimentos quantitativos. Em seguida, propõe-se a interconexão entre a dimensão empírica e o campo conceitual para investigar a configuração de diferentes conjunturas democráticas. Nesta etapa, pela associação entre dados da qualidade democrática e

---

1 Este trabalho apresenta o modelo analítico elaborado no desenvolvimento de tese de doutorado (Assahira, 2023), defendida no Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental – Procam da Universidade de São Paulo.

análises teóricas, identificamos três conjunturas democráticas para o período de 1988 a 2022. Evidenciamos que mesmo diante de um mesmo arranjo democrático, diferentes conjunturas democráticas podem ser configuradas, cada uma delas apresentando uma perspectiva própria em relação ao nexos entre democracia e meio ambiente. O modelo analítico apresentado propõe uma nova forma de investigar cenários democráticos e seus desdobramentos na dimensão socioambiental.

**Palavras-chave:** Democracia e Meio Ambiente; Interdisciplinaridade; Socioambiental; Metodologia.

## 1. INTRODUÇÃO

O conceito hegemônico de democracia, e que atualmente é utilizado para denominar se um país é democrático, tem como base os debates em torno do modelo elitista (Schumpeter, 1942) e pluralista (Dahl, 1971). Em meados da década de 1970, tendo como eixo central a existência de eleições livres e diretas, a democracia passa a ser discutida como conjuntos de processos e práticas que precisam estar constantemente sendo aperfeiçoados (Dahl, 1971). Nesta perspectiva, assume-se que cada processo democrático pode ser expresso em diferentes graus, resultando configuração de distintas conjunturas com dinâmicas sociopolíticas próprias (Dahl, 1971; Avritzer; Santos, 2003; Diamond; Morlino, 2004; Held, 2006; Assahira, 2023).

Nas últimas décadas, com o eventual fortalecimento de uma base teórica em torno do conceito hegemônico de democracia e o aumento das discussões em torno do meio ambiente, um crescente número de pesquisas tem sido elaborado para explorar os pontos de convergência entre os temas (Assahira, 2023). No campo conceitual, os limites das democracias em preservar o meio ambiente são destacados pela associação com os preceitos liberais e a dificuldade em limitar as forças econômicas (Eckersley, 2004; Dryzec, 2005; Moraes; Freitas, 2020). Como pontos positivos, determinados componentes democráticos, como os mecanismos de controle e fiscalização das políticas públicas e as liberdades democráticas que favorecem as mobilizações sociais e ambientais, são utilizados como argumentos para indicar a maior eficiência, em relação às autocracias, para a contenção das atividades de impacto negativo ao meio ambiente (Walker, 1999; Eckersley, 2004; Dryzec, 2005).

No âmbito dos estudos empíricos, o nexos entre a democracia e o meio ambiente é tratado como uma área de estudo emergente, na qual, usualmente, investiga-se como a qualidade da democracia pode influenciar uma determinada variável ambiental, tais como aquelas relacionadas com: poluição atmosférica, contaminação aquática, erosão do solo e desmatamentos florestais (Midlarski, 1998; Farzin; Bond, 2006; Winslow, 2005; Hosseini; Kaneko, 2013). Os estudos também têm revelado dúvidas em relação aos aspectos positivos da democracia no meio ambiente, com relações que variam de acordo com o indicador e o estado da democracia sob análise (Buitenzorgy; Mol, 2000; Arvin; Lew, 2011; Mccarthy; Tacconi, 2011).

Considerando os estudos qualitativos e quantitativos sobre o nexos entre democracia e meio ambiente, é possível assumir uma lacuna de conhecimento caracterizada

por: (1) poucos estudos interdisciplinares; (2) poucos estudos empíricos no contexto da América Latina e (3) a escassez de trabalhos que consideram as particularidades de cada conjuntura democrática em um mesmo país (Assahira, 2023).

Diante do que foi apresentado, este trabalho tem como objetivo central apresentar um modelo analítico para a investigação do nexa entre democracia e meio ambiente. Para isso, propomos a interconexão entre debates teóricos, fatos históricos e dados quantitativos da qualidade da democracia e de determinada variável ambiental. Como eixo central, se encontra a perspectiva de que a democracia, em um mesmo país, pode manifestar diferentes conjunturas democráticas, cada uma delas podendo ser tratada como uma expressão própria da democracia. Haja vista a centralidade nos debates políticos e socioambientais do Brasil, o modelo é orientado para o contexto da Amazônia brasileira. Contudo, sob determinadas condições pode, possivelmente, ser replicado em outros cenários socioambientais.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Diante da constatação de que o nexa entre democracia e meio ambiente se encontra associado a uma multiplicidade de componentes e é investigado por diferentes ângulos analíticos, optou-se pela estratégia da interdisciplinaridade, uma vez que ela pressupõe a triangulação entre saberes que são construídos a partir de diferentes disciplinas (Ferreira, 2004; Alvarenga *et al.*, 2015).

Convergindo com a proposta interdisciplinar, o modelo foi arquitetado em um quadro analítico misto, assim, métodos qualitativos e quantitativos foram utilizados em conjunto. Especificamente, adota-se a estratégia do Método Misto Convergente Paralelo (Creswell, 2014).

O modelo proposto testa a hipótese de que para cada conjuntura democrática ocorrem diferentes desdobramentos no campo socioambiental, o que pode ser percebido no contexto da Amazônia brasileira. A pesquisa desenvolve-se no decorrer de três principais etapas: (1) análise teórica sobre a democracia e o meio ambiente; (2) investigação teórica e empírica das conjunturas democráticas; (3) investigação da relação entre a qualidade democrática e uma variável indicadora de impacto no meio ambiente. Almeja-se dar respostas para as seguintes perguntas específicas: (1) como a dimensão conceitual da democracia se encontra associada com os debates ambientais? (2) É possível assumir a existência de distintas conjunturas democráticas? (3) Em que circunstâncias o horizonte democrático pode se demonstrar favorável para a contenção dos processos que causam impactos negativos ao meio ambiente? (4) É possível associar variações em um indicador ambiental com mudanças na qualidade da democracia? (Figura 1).

Na primeira etapa, a pesquisa bibliográfica fundamenta as análises conceituais acerca do nexa entre a democracia e o meio ambiente, permitindo a aproximação com o tema de estudo, identificação de lacunas de conhecimentos e o levantamento do estado da arte da temática sob análise.

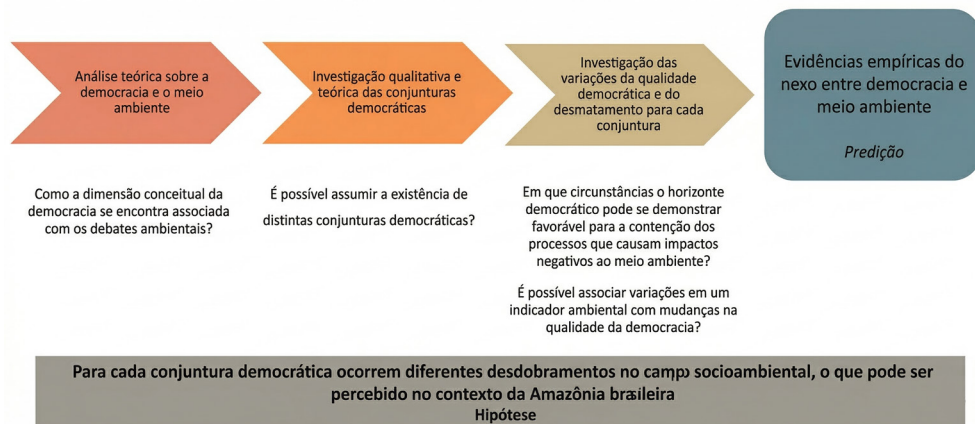


Figura 1 – Fluxograma indicando as etapas elaboradas para investigar a hipótese de trabalho e que está contido no modelo analítico.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Acessamos estudos conceituais relacionados com os seguintes temas: “o sentido hegemônico da democracia” (e.g. Schumpeter, 1942; Dahl, 1971; Avritzer; Santos, 2003; Held, 2006); “a democracia na América Latina” (e.g. O’Donnell, 1991; Avritzer, 2002; PNUD, 2004; Dagnino, Olvera; Panfichi, 2006); “a democracia e o meio ambiente: interconexões conceituais” (e.g. Ophuls, 1977; Eckersley, 2004; Moraes; Freitas, 2020); “a democracia no Brasil pelo enfoque da participação social” (e.g. Avritzer, 2009; Abers; Serafim; Tatagiba, 2014; Gohn, 2019) e a “crise das democracias contemporâneas” (e.g. Levitsky; Ziblatt, 2018; Preworski, 2020; Avritzer; Kerche; Marona, 2021).

Para identificar e delimitar temporalmente as conjunturas democráticas conformadas no Brasil entre os anos de 1988 e 2022, informações qualitativas e quantitativas, obtidas por dois diferentes horizontes analíticos, são interconectadas. Como primeira estratégia, a partir de levantamento bibliográfico focado na literatura que investiga a democracia do país pelo enfoque da evolução do campo participativo, foram levantadas informações e delimitações temporais. A opção por este campo analítico se justifica por estar atrelado ao quadro institucional hegemônico, pela sensibilidade diante das mudanças na condição democrática e pelo fato de a participação direta ser uma característica proeminente da democracia brasileira (Avritzer, 2009; Gohn, 2019). Para identificar conceitualmente a conjuntura de crise da democracia, utilizamos literaturas específicas sobre o tema (Levitsky; Ziblatt, 2018; Przeworski, 2020).

Como segunda estratégia para acessar as conjunturas democráticas do Brasil, foram utilizadas informações quantitativas sobre a qualidade da democracia providas pelo projeto V-DEM que é uma fonte de informação que embasa diversos trabalhos que se propõem a realizar análises conjunturais (e.g. Avritzer, 2016; Mechkova; Lührmann, A.; Lindberg, 2017; Assahira; Moretto, 2024).

### 3. CONJUNTURAS DEMOCRÁTICAS NO BRASIL

O panorama de que o Brasil tem apresentado diferentes conjunturas, cada uma delas com desdobramentos sociais e políticos próprios, pode ser encontrado na bibliografia acadêmica voltada às análises conceituais sobre a democracia e a participação direta da sociedade. Este campo analítico realiza análises da democracia sob a perspectiva da participação social direta, trazendo à tona percepções sobre mudanças no arranjo institucional e no contexto democrático do país (e.g. Avritzer, 2009; Abers; Serafim; Tatagiba, 2014; Gohn, 2019).

Pelo mapeamento dos debates teóricos, foi possível assumir a existência de três principais conjunturas democráticas no Brasil entre os anos de 1988 e 2022 (Figura 2). Da promulgação da Constituição Federal de 1988 até os primeiros anos da década de 2000, a implementação das instituições democráticas e das políticas participativas foram temas recorrentes. Os processos associados e/ou oriundos do texto constitucional e das liberdades democrática fundamentam parte significativa das análises sobre a democracia do país no período (e.g. Smulovitz; Peruzotti, 2000; Avritzer, 2002; Gohn, 2019).

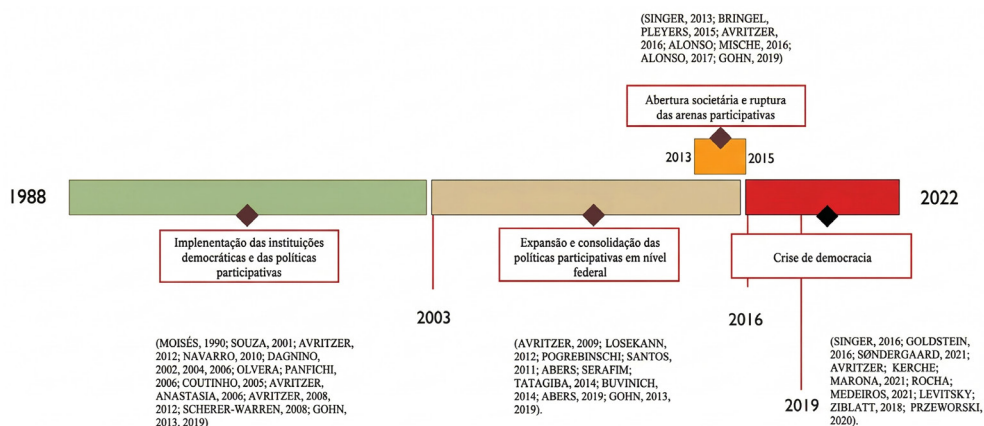


Figura 2 – Conjunturas democráticas demarcadas no período de 1988 a 2022.

Fonte: Elaborada pelos autores.

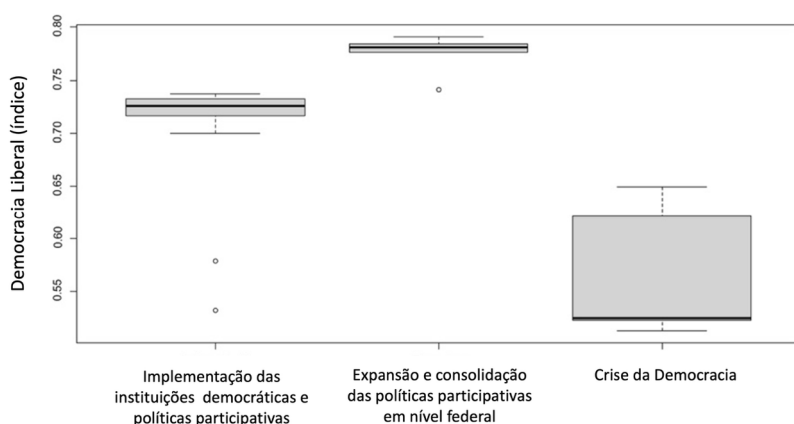
Entre os anos de 2003 até os primeiros anos da década de 2010, tendo como marco o início do primeiro mandato de Luiz Inácio Lula da Silva, a democracia do país tem como um dos temas centrais a expansão e consolidação das políticas participativas. A inclinação para a participação social se torna presente em parte significativa das políticas públicas, aproximando atores do governo federal e da sociedade civil em espaços instituídos pelo próprio poder público (e.g. Avritzer, 2009; Dagnino, 2004; Scherer-Warren, 2008, Gohn, 2019).

No decorrer destas duas conjunturas, a democracia do país esteve em uma condição de relativa estabilidade, sendo possível assumir um cenário, ainda que tenham ocorrido momentos de instabilidade, sem proeminentes retrocessos na perspectiva democrática (Avritzer, 2016). Contudo, entre os anos de 2013 e 2015, tendo como

pano de fundo um cenário de crise política e ciclos de protestos nas principais capitais do país, inicia-se um período de mudanças na perspectiva democrática do país, configurando novos enquadramentos sociopolíticos (Bringel; Pleyers, 2015; Avritzer, 2016; Gohn, 2019). Neste período, a hegemonia de grupos da esquerda política em arenas formais e informais de participação social direta foi interrompida, tornando-se compartilhada com forças conservadoras e, em diversos casos, com posicionamentos controversos do ponto de vista democrático (Avritzer, 2016).

No ano de 2016, a democracia entra em uma condição de impasse com a consolidação do processo de impeachment de Dilma Rousseff, a posse de Michel Temer e o início de um projeto político sem a legitimação democrática (Avritzer, 2016; Gohn, 2019). A partir daquele ano, e com ênfase nos anos seguintes a 2019, a democracia brasileira passa a ser enquadrada como uma democracia em situação de crise (Avritzer, 2017; Søndergaard, 2021; Avritzer; Kerche; Marona, 2021; Assahira; Moretto, 2024). Do ano de 2019 em diante, com o início do mandato de Jair Bolsonaro, o quadro institucional passa por um sistemático processo de desmonte que ocorre a partir de medidas tomadas de dentro do arranjo institucional e é impulsionado pela retórica autoritária do presidente (Miguel, 2019; Avritzer; Kerche; Marona, 2021).

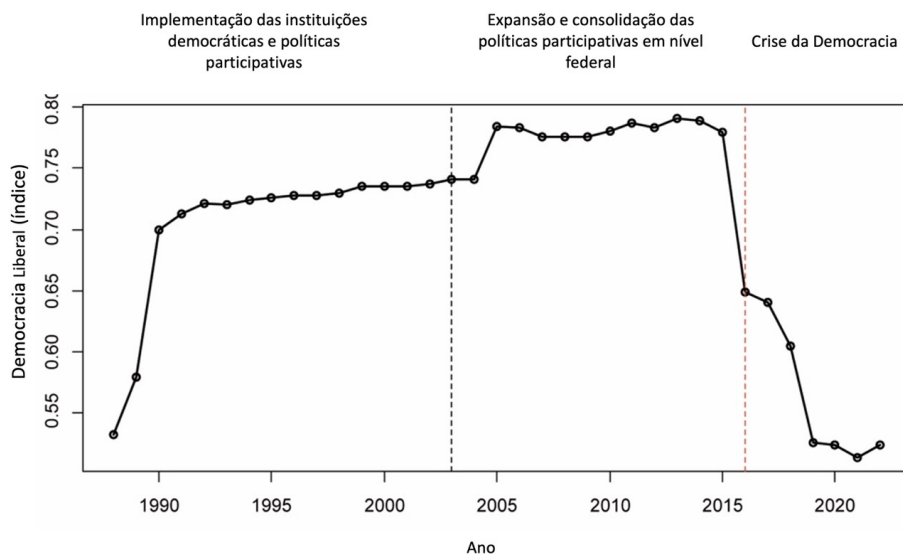
Corroborando com a perspectiva de que cada uma das conjunturas democráticas apresenta diferentes qualidades, a exploração de dados quantitativos da democracia trouxe à tona notáveis diferenças, especialmente no período de Crise da Democracia (Figura 3). Ao longo período de 1988-2022, os momentos em que ocorrem importantes variações na qualidade democrática coincidem com as demarcações de conjunturas obtidas pelos estudos no campo qualitativo (Figura 4).



**Figura 3** – Boxplot indicando o índice de democracia liberal para cada uma das conjunturas demarcadas no período de 1988 a 2022.

Dados: Varieties of Democracy Project.

Fonte: Adaptada de Assahira (2023).



**Figura 4** – Série temporal indicando o índice de democracia liberal para o período de 1988 a 2022.

Dados: Varieties of Democracy Project.

Fonte: Elaborada pelos autores.

#### 4. AS DINÂMICAS DE EXPLORAÇÃO DA AMAZÔNIA EM DIFERENTES CONJUNTURAS DEMOCRÁTICAS

A Amazônia é um território em disputa que apresenta diferentes dinâmicas socioambientais de acordo com o contexto democrático, sendo notável o contraste do período de ditadura militar e aquele sob influência do projeto democrático participativo (Becker, 1990; Mello, 2002; Mello-Théry, 2011a; Assahira, 2023).

A partir de meados da década de 1980 com o início do processo de abertura democrática, importantes marcos ocorreram no âmbito das políticas ambientais, como a formulação da Política Nacional do Meio Ambiente, a instituição da Licença e Avaliação de Impactos Ambientais, a criação do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e a implementação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (Mello-Théry, 2011b; Gusmão; Borges, 2020). Na Assembleia Constituinte de 1985, já se beneficiando das liberdades democráticas de expressão e associação, grupos da sociedade civil e coletivos que têm suas lutas associadas com o horizonte pró-ecológico, como indígenas e ambientalistas, se organizaram para exercer pressão política nos representantes políticos. Como consequência, no texto da Constituição Federal de 1988 (CF/1988) foi incorporado um capítulo dedicado ao meio ambiente, com diretrizes à produção de políticas públicas associadas com a conservação do meio ambiente

em nível local e regional (Alonso; Costa; Maciel, 2007; Avritzer; Navarro, 2003; Scherer-Warren, 2008).

A formalização da democracia no Brasil impulsionou a normatização de diversos instrumentos previstos na Política Nacional do Meio Ambiente e promoveu um dos principais sustentáculos da proteção da Amazônia, a demarcação de terras indígenas (TI) e a implementação de Unidades de Conservação (UCs) (Mello-Théry, 2003).

Demonstrando a mudança em relação ao período autoritário, o discurso de sustentabilidade passou a ser pontuado nas retóricas dos líderes políticos, permeando políticas públicas de diversas áreas (Mello-Théry, 2011c; Mello-Théry; Cavicchioli; Dubreuil, 2013; Gusmão; Borges, 2020). Seguindo a tendência de crescimento da sociedade civil no período pós-Constituição Federal de 1988, o ambientalismo ampliou-se em número de atores envolvidos e em pautas reivindicadas, caracterizando-se pelo caráter multissetorial e a diversidade de entidades envolvidas (Viola, 1992; Alvarez; Dagnino; Escobar, 2001; Acserald, 2010).

Apesar dos limites das políticas públicas em tratar de temas ambientais complexos e a submissão de alguns setores públicos aos interesses neoliberais, é possível assumir que desde o início da abertura democrática, até a primeira década de 2000, ocorre um processo contínuo e incremental de avanços nas políticas ambientais, no qual, foram registrados: o fortalecimento da legislação ambiental, medidas para implementar propostas de educação ambiental e o aparelhamento do Estado com órgãos de proteção e fiscalização ambiental (Becker, 2005; Loureiro *et al.*, 2013; Carvalho, 2015; Adams *et al.*, 2020).

No decorrer da conjuntura de expansão e consolidação das políticas participativas em nível federal, momento em que a qualidade da democracia chega ao seu auge, medidas de impactos positivos na conservação da região, como a implementação do Plano de Ação para *Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PP-CDAm)* e o foco em *Municípios Prioritários (MPs)* para combater e prevenir o desmatamento, contribuíram com a configuração de um contexto de diminuição das taxas de desmatamento por anos seguidos (Assunção; Rocha, 2014; Mello; Artaxo, 2016; West; Fearnside, 2021).

Na conjuntura de crise da democracia, ocorre um profundo processo de degradação do sistema de governança ambiental voltado à proteção da Amazônia, atingindo as arenas de participação das entidades ambientalistas e políticas ambientais que estavam sendo estabelecidas desde a democratização (Mello-Théry, 2019; Adams *et al.*, 2020; Athayde *et al.*, 2022; Coelho-Júnior *et al.*, 2022; Assahira; Moretto, 2024).

Com o início do mandato presidencial de Jair Bolsonaro, em 2019, o país entra em um intenso processo de degradação das relações políticas, erosão da qualidade democrática e desmantelamento dos mecanismos institucionais voltados para a preservação

ambiental (Ferrante; Fearnside, 2020; Avritzer; Kerche; Marona, 2021; Milhorange, 2022; Assahira; Moretto, 2024). Nesse cenário, programas-chave para a contenção do desmatamento na Amazônia, como o PPCDam, foram descontinuados e substituídos por medidas que ignoravam os processos e o acúmulo de conhecimento obtido nos anos anteriores (Capobianco, 2019; Martins, 2022).

De forma sintomática, os processos associados com a devastação ambiental foram impulsionados por diversas frentes, culminando em eventos como o aumento do desmatamento associado com atividade de mineração (Siqueira-Gay; Sánchez, 2021; Assahira, 2023) e, entre os anos de 2019 e 2020, na maior taxa de desmatamento anual na Amazônia dos últimos dez anos (Silva Junior *et al.*, 2020).

## 5. O MODELO ANALÍTICO DESENVOLVIDO

O modelo desenvolvido adota princípios baseados em temas centrais de estudos da democracia e do nexa com o meio ambiente, dessa forma considera-se: princípio 1 – um mesmo arranjo democrático pode expressar diferentes conjunturas democráticas (*e.g.* O'Donnell, 1991; PNUD, 2004; Gohn, 2019); princípio 2 – cada conjuntura democrática possui dinâmicas políticas e socioambientais próprias (*e.g.* Pickering; Bäckstrand; Schlosberg, 2020); 3 – determinados indicadores de impacto ambiental podem ser responsivos às dinâmicas democráticas (*e.g.* Shandra; Esparza; London, 2012; Coelho-Júnior *et al.*, 2022); 4 – os efeitos positivos da qualidade da democracia no meio ambiente são limitados em conjunturas de baixa qualidade democrática e sob determinados projetos políticos (*e.g.* Walker, 1999; Akalin; Erdogan, 2021). O modelo indica a interconexão entre a dimensão conceitual e a empírica para investigar e evidenciar conjunturas democráticas. De tal modo, aquilo que é constatado empiricamente também é sujeito a profundas análises conceituais.

Para cada conjuntura identificada, são realizadas: (1) caracterização da democracia na conjuntura; (2) análise de variações nos indicadores de qualidade da democracia; (3) investigação de avanços e retrocessos nas políticas ambientais e (4) exploração dos principais processos de impacto ao meio ambiente no período e, por fim; (5) análise estatística entre a qualidade da democracia e determinado indicador de impacto ambiental (Figura 5).

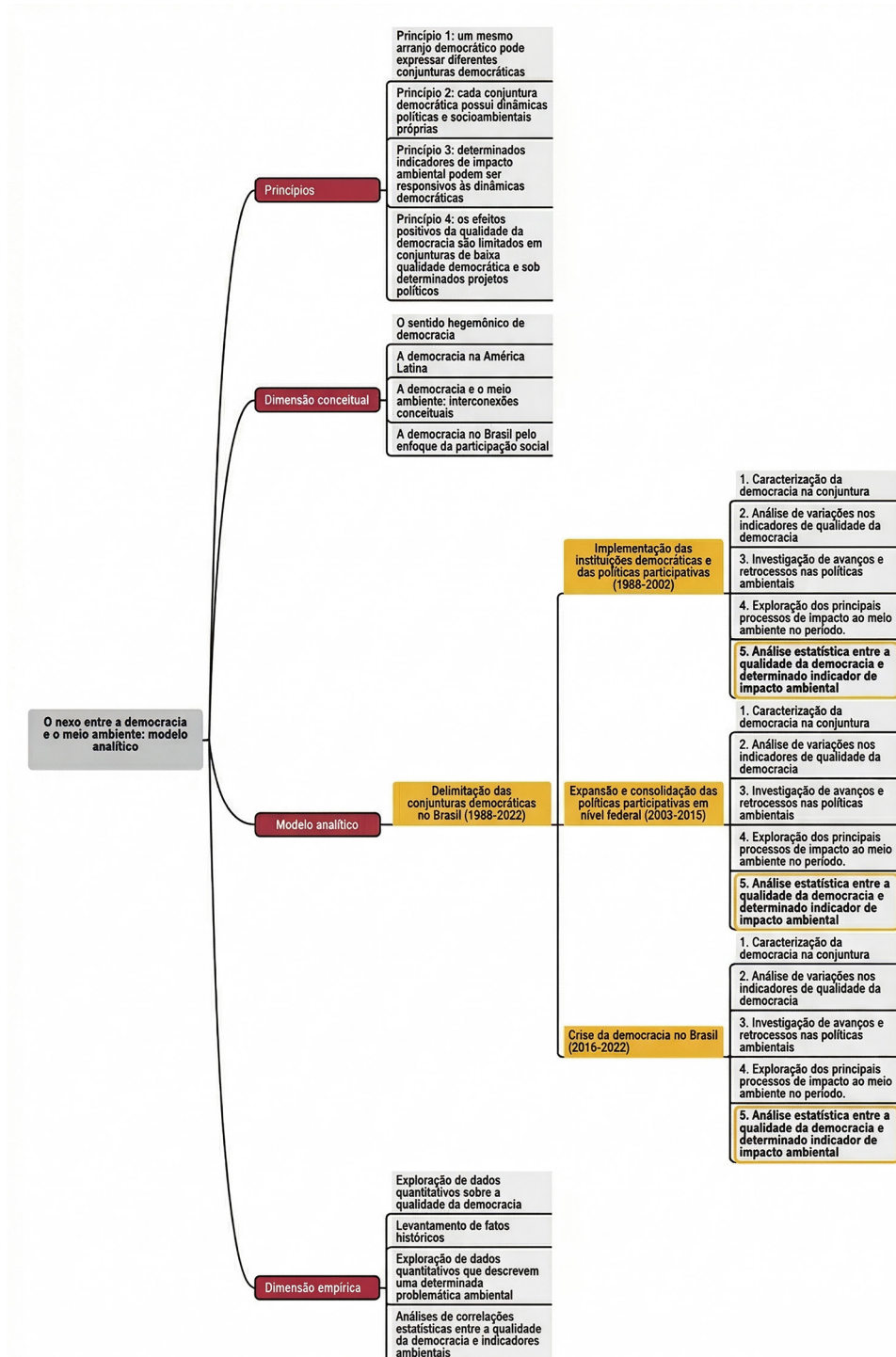


Figura 5 – Modelo analítico para investigar o nexa entre a democracia e o meio ambiente.

Fonte: Assahira (2023).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela abordagem interdisciplinar, reunindo debates teóricos e dados quantitativos sobre a qualidade da democracia, foi elaborado um modelo para acessar as conjunturas democráticas do Brasil entre os anos de 1988 e 2022. Assim, desde a promulgação da Constituição Federal de 1988 (CF/1988) até o ano de 2022, três principais conjunturas democráticas foram delineadas: a *implementação das instituições democráticas e políticas participativa* (1988-2002), a *expansão das políticas participativas em nível federal* (2003-2015) e a *crise da democracia* (2016-2022).

Da promulgação da CF/1988 até o ano de 2015, os avanços na qualidade democrática ocorreram de forma gradual e incremental, sem retrocessos proeminentes. Este panorama é interrompido com a *crise da democracia*, que se desenvolve entre os anos de 2016 e 2022, quando ocorre a acentuada perda da qualidade democrática. Nesse contexto, evidenciamos que mesmo diante de um mesmo arranjo institucional, diferentes conjunturas democráticas podem ser configuradas, cada uma delas podendo apresentar uma perspectiva própria em relação ao nexa entre democracia e meio ambiente.

O modelo analítico desenvolvido propõe uma nova forma de investigar cenários democráticos e seus desdobramentos na dimensão socioambiental, podendo ser replicado em outros contextos sociopolíticos. A interconexão entre debates teóricos, fatos históricos e dados quantitativos pode permitir uma compreensão aprofundada das dinâmicas democráticas e suas implicações ambientais.

## 7. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de Financiamento 001 e do Programa de Ciência Ambiental (Procam) do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE-USP).

## REFERÊNCIAS

- ABERS, R. Bureaucratic activism: pursuing environmentalism inside the brazilian state. *Latin American Politics and Society*, v. 61, n. 2, p. 21-44, 2019.
- ABERS, R.; SERAFIM, L.; TATAGIBA, L. Repertórios de interação estado-sociedade em um estado heterogêneo: a experiência na Era Lula. *Dados*, v. 57, n. 2, 2014.
- ACSELRAD, H. Ambientalização das lutas sociais – o caso do movimento por justiça ambiental. *Estudos Avançados*, v. 24, n. 68, p. 103-119, 2010.
- ADAMS, C. et al. Governança ambiental no Brasil: acelerando em direção aos objetivos de desenvolvimento sustentável ou olhando pelo retrovisor? *Cadernos Gestão Pública e Cidadania*, v. 25, n. 81, p. 1-13, 2020.

- AKALIN, G.; ERDOGAN, S. Does democracy help reduce environmental degradation? *Environmental Science and Pollution Research*, v. 28, p. 7226-7235, 2021.
- ALONSO, A. A política das ruas: protestos em São Paulo de Dilma a Temer. *Novos Estudos CEBRAP*, v. especial, 2017.
- ALONSO, A.; COSTA, V.; MACIEL, D. Identidade e estratégia na formação do movimento ambientalista Brasileiro. *Novos Estudos CEBRAP*, n. 79, p. 151-167, 2007.
- ALONSO, A.; MISCHÉ, A. Changing repertoires and partisan ambivalence in the new brazilian protests. *Bulletin of Latin American Research*, v. 36, n. 2, p. 144-159, 2017.
- ALVARENGA, A.T. et al. Interdisciplinaridade e transdisciplinaridades nas tramas da complexidade e desafios aos processos investigativos. In: FERNANDES, P. J.; FERNANDES, V. (Ed.). *Práticas da interdisciplinaridade no ensino e pesquisa*. Barueri: Manole, 2015.
- ALVAREZ, S. E.; DAGNINO, E. (org.). *A sociedade civil se organiza na América Latina*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2001.
- ARVIN, M.B.; LEW, B. Does democracy affect environmental quality in developing countries? *Applied Economics*, v. 43, n. 9, p. 1151-1160, 2011.
- ASSAHIRA, C. *O nexó entre democracia e meio ambiente: a crise da democracia no Brasil e a degradação da Amazônia*. 2023. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ASSAHIRA, C.; MORETTO, E.M. A degradação da Amazônia e a dimensão ambiental da crise da democracia no Brasil. *Novos Cadernos NAE*, v. 27, n. 1, 2024.
- ASSUNÇÃO, Juliano; GANDOUR, Clarissa; ROCHA, Romero. Detering deforestation in the brazilian Amazon: environmental monitoring and law enforcement - climate policy initiative. *Núcleo de Avaliação de Políticas Climáticas*, Rio de Janeiro, 2013.
- ATHAYDE, S. et al. Viewpoint: the far-reaching dangers of rolling back environmental licensing and impact assessment legislation in Brazil. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 94, 2022.
- AVRITZER, L. *Democracy and the public space in Latin America*. Princeton: Princeton University Press, 2002.
- AVRITZER, L. (org.). *Experiências nacionais de participação social*. São Paulo: Cortez, 2009.
- AVRITZER, L. *Impasses da democracia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2016. 167p.
- AVRITZER, L. The Rousseff impeachment and the crisis of democracy in Brazil. *Critical Policy Studies*, v. 11, n. 3, p. 352-357, 2017.
- AVRITZER, L. ANASTASIA, F. (Orgs). *Reforma política no Brasil*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. 271p.
- AVRITZER, L.; KERCHE, F.; MARONA, M. (Orgs.) *Governo Bolsonaro: retrocesso democrático e degradação política*. Belo Horizonte: Autêntica, 2021. 571p.
- AVRITZER, L.; NAVARRO, Z. *A inovação democrática no Brasil: o orçamento participativo*. São Paulo: Cortez, 2003.

- AVRITZER, L.; SANTOS, B.S. Towards widening the democratic canon. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, v. November 2003, p. 1-30, 2003.
- BECKER, B.K. *Amazônia*. São Paulo: Ática, 1990.
- BECKER, B.K. Geopolítica da Amazônia. Geopolítica na Amazônia. *Estudos Avançados*, v. 19, n. 53, p.71-86, 2005.
- BRINGEL, B.; PLEYERS, G. Junho de 2013... dois anos depois. *Nueva Sociedad* - especial em português, p. 4-17, 2015.
- BUITENZORGY, M.; MOL, A. P. J. Does Democracy Lead to a Better Environment? Deforestation and the Democratic Transition Peak. *Environmental and Resource Economics*, v. 48, n. 1, p. 59-70, 2011.
- BUVINICH, D.P.R. O mapeamento da institucionalização dos conselhos gestores de políticas públicas nos municípios brasileiros. *Revista de Administração Pública*, v. 48, n. 1, p. 55-82, 2014.
- CAPOBIANCO, J. P. Muito prazer, meu nome é PPCDam. *O Eco*. São Paulo, 14 out. 2019. Disponível em: <https://oeco.org.br/analises/muito-prazer-meu-nome-e-ppcdam/>. Acesso em: 6 de mar. 2023.
- CARVALHO, L. E. Direito, ambiente e emancipação social. *Revista Direito e Práxis*, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 645-676, 2015.
- COELHO-JÚNIOR, M. G. *et al.* Unmasking the impunity of illegal deforestation in the Brazilian Amazon: a call for enforcement and accountability. *Environmental Research Letters*, v. 17, n.4, 2022.
- CRESWELL, J. W. *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. 4. ed. Los Angeles: Sage, 2014.
- DAGNINO, E. (org.). *Sociedade Civil e espaços públicos no Brasil: um balanço necessário*. São Paulo: Paz e Terra/Unicamp, 2002.
- DAGNINO, E. Sociedade civil, participação e cidadania: de que estamos falando? In: MATO, D. (org.). *Políticas de ciudadanía y sociedad civil en tiempos de globalización*. Caracas: Fa-Ces/Universidad de Venezuela, 2004. p. 95-110.
- DAGNINO, E.; OLVERA, A. J.; PANFICHI, A (Orgs.). *A disputa pela construção democrática na América Latina*. Campinas: Paz e Terra, 2006. 501p.
- DAHL, R. A. *Polyarchy: participation and opposition*. New Haven: Yale University Press, 1971.
- DIAMOND, L.; MORLINO, L. *The quality of democracy: an overview*. *Journal of Democracy*, v. 15, n. 4, p. 20-31, 2004.
- DRYZEC, J.S. *The politics of Earth: environmental discourses*. New York: Oxford University Press, 2005.
- ECKERSLEY, Robyn. *The green state: rethinking democracy and sovereignty*. Cambridge: MIT Press, 2004.

- FARZIN, Y.H.; BOND, C.A. Democracy and Environmental Quality. *Journal of Development Economics*, v. 2006, 2006.
- FERRANTE, L.; FEARNSIDE, P.M. Brazil threatens Indigenous Lands. *Nature*, v. 368, n. 6490, p. 481-482, 2020.
- FERREIRA, L.C. Ideias para uma sociologia da questão ambiental – teoria social, sociologia ambiental e interdisciplinaridade. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. jil./dez., n. 10, p. 77-89, 2004.
- GOHN, Maria da Glória. *Participação e democracia no Brasil*. Petrópolis: Vozes, 2019.
- GOLDSTEIN, A.A. La tormenta perfecta: crisis e impeachment en el segundo mandato de Dilma Rousseff. *Análisis Político*, v. 29, n. 88, 2016.
- GUSMÃO, P.P.; BORGES, M.P.B. (Des)construção da gestão ambiental no Brasil: De Paulo Nogueira Neto (1973) a Ricardo Salles (2020). *Ambientes: Revista de Geografia e Ecologia Política*, v. 2, n. 2, p. 218-277, 2020.
- HELD, D. *Models of democracy*. 3. ed. Cambridge: Polity Press, 2006. 338p.
- HOSSEINI, H.M.; KANEKO, S. Can environmental quality spread through institutions? *Energy Policy*, v. 56, p. 312-321, 2013.
- LEVITSKY, S.; ZIBLATT, D. Como as democracias morrem. Rio de Janeiro: Zahar, 2018.
- LOSEKANN, C. Participação da sociedade civil na política ambiental do governo lula. *Ambiente e Sociedade*, v. 15, n. 1, p. 179-200, 2012.
- LOUREIRO, C.F.B.; SAISSE, M.V.; CUNHA, C.C. Histórico da educação ambiental no âmbito federal da gestão ambiental pública: um panorama da divisão do IBAMA à sua reconstrução no ICMBio. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 28, 2013.
- MARTINS, P. S. V. (org.). *Desmatamento em unidades de conservação: uma análise da governança ambiental e climática a partir do PPCDAM*. Pará: Terra de Direitos, 2022.
- MECHKOVA, V.; LÜHRMANN, A.; LINDBERG, S.I. How much democratic backsliding? *Journal of Democracy*, v. 28, n. 4, p. 162-169, 2017.
- MELLO, N.G.R.; ARTAXO, P. Evolução do plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia legal. *Revista do Instituto de Estudos Brasileiros*, v. 66, p. 108-129, 2017.
- MELLO, N.A. *Políticas territoriais na Amazônia brasileira. Conflitos entre conservação ambiental e desenvolvimento*. 1970-2000. 2002. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- MELLO-THÉRY, N.A. *Território e gestão ambiental na Amazônia*. São Paulo: Annablume: Fapesp, 2011a.
- MELLO-THÉRY, N.A. Meio Ambiente, globalização e políticas públicas. *Revista Gestão & Políticas Públicas*, v. 1, n. 1, p. 133-161, 2011b.
- MELLO-THÉRY, N.A. Meio ambiente, globalização e políticas públicas. *Revista gestão & Políticas Públicas*, v. 1, n. 1, p. 133-161, 2011c.

- MELLO-THÉRY, N. A. Perspectivas ambientais 2019: retrocessos na política governamental. *Confins: revue franco-brésilienne de géographie / Revista franco-brasileira de geografia*, Paris, n. 501, 2019.
- MCCARTHY, S.; TACCONI, L. The political economy of tropical deforestation: assessing models and motives. *Environmental Politics*, v. 20, n. 1, p. 115-132, 2011.
- MIDLARSKY, M.I. Democracy and the environment: an empirical assessment. *Journal of Peace Research*, v. 35, n. 3, p. 341-361, 1998.
- MILHORANCE, C. Policy dismantling and democratic regression in Brazil under Bolsonaro: Coalition politics, ideas, and underlying discourses. *Review of Policy Research*, v. 39, n. 6, 2022.
- MOISÉS, J.A. Eleições, participação e cultura política: mudança e continuidades. *Lua Nova*, n. 22, p. 133-187, 1990.
- MORAIS, L.A.; FREITAS, L.S. Democracia e meio ambiente: um estudo bibliométrico da produção científica. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 7, p.1-32, 2020.
- O'DONNELL, G. Democracia delegativa? *Novos Estudos*, n. 1, p. 25-40, 1991.
- OPHULS, William. *Ecology and the politics of scarcity*. New York: WH Freeman Press, 1977.
- PICKERING, J.; BÄCKSTRAND, K.; SCHLOSBERG, D. Between environmental and ecological democracy: theory and practice at the democracy-environment nexus. *Journal of Environmental Policy and Planning*, v. 22, n. 1, p. 1-15, 2020.
- PNUD. *La democracia en América Latina*. 2.ed. Buenos Aires: Aguilar, Altea, Taurus, Almaguara, 2004. 288p.
- POGREBINSCHI, T.; SANTOS, F. Participação como representação: o impacto das conferências nacionais de políticas públicas no Congresso Nacional. *Dados*, v. 54, n. 3, p. 259-305, 2011.
- PRZEWORSKI, A. *Crises da democracia*. Rio de Janeiro: Zahar, 2020. 268p.
- ROCHA, C.; MEDEIROS, J. Jair Bolsonaro and the dominant counter publicity. *Brazilian Political Science Review*, v. 15, n. 3, p. 15, 2021.
- SCHERER-WARREN, I. Redes de movimentos sociais na América Latina: caminhos para uma política emancipatória? *Caderno CRH*, v. 21, n. 43, p. 505-517, 2008.
- SCHUMPETER, J. *Capitalism, socialism and democracy*. New York: Harper & Row Press, 1942.
- SHANDRA, J.M.; ESPARZA, L.E.; LONDON, B. Nongovernmental organizations, democracy, and deforestation: a cross-national analysis. *Society and Natural Resources*, v. 25, n. 3, p. 251-269, 2012.
- SIQUEIRA-GAY, J.; SANCHEZ, L.E. The outbreak of illegal gold mining in the Brazilian Amazon boosts deforestation. *Regional Environmental Change*, v. 21, n. 2021, p.1-5, 2021.
- SILVA JUNIOR *et al.* The Brazilian Amazon deforestation in 2020 is the greatest of the decade. *Nature*, v. 5, p. 144-145. 2021.

- SINGER, A. Brasil, junho de 2013, classes e ideologias cruzadas. *Novos estudos CEBRAP*, n. 97, p. 23–40, 2013.
- SINGER, A. et al. *Por que gritamos golpe? Para entender o impeachment e a crise política no Brasil*. São Paulo: Boitempo, 2016. 176p.
- SMULOVITZ, C.; PERUZZOTTI, E. Societal accountability in Latin America. *Journal of Democracy*, v. 11, n. 4, p. 156–158, 2000.
- SOUZA, C. Construção e consolidação de instituições democráticas: papel do orçamento participativo. *São Paulo em Perspectiva*, v. 15, n. 4, p. 84–97, 2001.
- SØNDERGAARD, N. Reforming in a democratic vacuum: the authoritarian neoliberalism of the Temer administration from 2016 to 2018. *Globalizations*, v. 18, p. 568–583, 2021.
- VIOLA, E. A dinâmica do ambientalismo e o processo de globalização. *São Paulo em Perspectiva*, v. 6, n. 1–2, p. 6–12, 1992.
- WALKER, P.A. Democracy and environment: Congruencies and contradictions in southern Africa. *Political Geography*, v. 18, n. 3, p. 257–284, 1999.
- WEST, T.A.P.; FEARNSIDE, F.M. Brazil's conservation reform and the reduction of deforestation in Amazonia. *Land Use Policy*, v. 100, 2021.
- WINSLOW, Margrethe. Is democracy good for the environment? *Journal of Environmental Planning and Management*, v. 48, n. 5, p. 771–783, 2005.

# Perspectiva interdisciplinar sobre riscos e desastres em cenários de mudanças climáticas: uma revisão bibliográfica

*Izabela Penha de Oliveira Santos<sup>1</sup>*  
*Ana Paula Fracalanza*

## **Resumo**

A crise hídrica ocorrida na Região Metropolitana de São Paulo entre 2013 e 2016 evidenciou a vulnerabilidade socioambiental de áreas urbanas frente às mudanças climáticas. O capítulo apresenta uma revisão bibliográfica interdisciplinar, fundamentada em pesquisa de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (Procam/USP), com o objetivo de ampliar o entendimento conceitual de riscos e desastres. Os resultados indicam que eventos extremos, como secas prolongadas, devem ser compreendidos como processos socialmente construídos, vinculados a dinâmicas antrópicas e não mais como fenômenos naturais isolados.

**Palavras-chave:** Riscos Ambientais; Mudanças Climáticas; Interdisciplinaridade.

---

1 Este capítulo é baseado na tese de doutorado da autora, defendida e aprovada pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (Procam/USP) em outubro de 2021. A pesquisa de doutorado foi desenvolvida com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes).

## 1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm provocado alterações significativas nos padrões climáticos da América Latina e do Caribe, com aumento médio de 0,1 °C por década desde 1960, redução de dias frios e aumento de dias quentes (Cepal, 2015). No Brasil, entre 2013 e 2016, a região Sudeste enfrentou uma severa estiagem, resultando na chamada “crise hídrica”, que colocou cerca de 40 milhões de pessoas em risco de desabastecimento em cidades como São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte (Nobre *et al.*, 2016).

No estado de São Paulo, a crise foi considerada anunciada, dada a crescente demanda por água e a redução dos índices pluviométricos, sem que medidas preventivas fossem adotadas (Fracalanza, 2016; Marengo *et al.*, 2016). Uma pesquisa do Instituto Data Popular (2014) indicou que 35% da população da RMSP foi afetada, contrariando a negação inicial do governo estadual (Soriano *et al.*, 2016).

A crise evidenciou falhas na governança da água, com baixa transparência e ausência de planejamento, revelando desigualdades no acesso ao recurso e a necessidade de estratégias de mitigação e adaptação à variabilidade climática (Fracalanza, 2016; Nobre *et al.*, 2016). Neste sentido, o capítulo analisa esses eventos sob a ótica da Sociologia dos Desastres, destacando sua dimensão social e política.

## 2. METODOLOGIA

A discussão realizada neste capítulo baseou-se na revisão bibliográfica no campo da Sociologia dos Desastres, a partir do levantamento bibliográfico realizado junto ao grupo de pesquisa *Sociology of Development and Change* da Universidade de Wageningen (Holanda) em 2017; da ementa e conteúdo bibliográfico disponibilizado pela disciplina Risco e Saúde Global, realizada na Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo em 2018; e, também pela busca ampla complementar de artigos científicos no portal Google Scholar sobre a gestão de água na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). A revisão bibliográfica é discutida no campo da interdisciplinaridade como perspectiva de ampliação conceitual e prática sobre a governança de água em cenários de seca prolongada como a ocorrida entre 2013-2016 na RMSP.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo dos últimos 30 anos, a Ciência Moderna tem identificado cada vez mais potenciais ameaças e eventos físicos perigosos de origem natural, sicionatural e tecnológica (Oliver-Smith *et al.*, 2017). Todavia, a compreensão compartilhada mais difundida de desastres ainda parece ser aquela que considera que são causados por ocorrências naturais extremas, como exceções à regra (Soriano *et al.*, 2016; Oliver-Smith *et al.*, 2017). Os autores reforçam que tempestades tropicais e seca podem ser

convenientemente classificadas como eventos naturais, porém é necessário ressaltar que, mesmo assim, a sua natureza já foi modificada por mudanças climáticas antropogênicas e, no caso da seca, alterada por práticas de manejo de água e uso do solo.

Dado o cenário de mudanças climáticas, esta concepção de “exceção à regra” ainda é pertinente? Desastres de grande, médio e pequeno porte têm se tornado mais frequentes, assim como os danos e as perdas continuam a aumentar rapidamente. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023), os efeitos do aumento de temperatura média global têm impactado o clima e o ciclo hidrológico, causando eventos extremos. Dessa forma, dado que a mudança climática é um fato incontestável cientificamente (Leite, 2015), assume-se que os extremos climáticos constituem uma nova regra, colocando a variabilidade climática como risco atual que afeta globalmente a sociedade.

Portanto, a nova regra não pode ser baseada apenas em séries históricas em que padrões de dados climatológicos costumavam estar bem definidos sazonalmente. A nova regra agora apresenta um grau elevado de incerteza.

O avanço da Ciência Moderna nos séculos passados produziu uma crença de que seria possível atingir uma segurança total, com a superação da incerteza e do risco. O conhecimento devia necessariamente levar ao domínio dos fenômenos perigosos “naturais”, como terremotos, furacões etc. Todavia, hoje os perigos percebidos supõem uma ação antrópica, voluntária ou não, sejam elas de caráter industrial ou nuclear, seja pela contaminação do meio natural, seja pela produção de transgênicos (Veyret, 2007).

Dessa forma, duas características são chave para compreender o porquê da definição de sociedade de risco (Beck, 2011). A primeira é quanto à origem desses riscos. As mesmas ações que impulsionaram o desenvolvimento das sociedades, através da ciência e técnica, são desencobertas pelos desastres que ocorreram e pelo próprio avanço da Ciência Moderna, colocando em xeque a segurança e verdade depositadas no saber científico.

A segunda característica é a reflexividade. A sociedade ocidental moderna é colocada em reflexo às escolhas perpetuadas pelo seu próprio desenvolvimento; é instigada a refletir sobre os riscos, incertezas e sua possível gestão, definindo o eixo teórico em modernização-risco-reflexividade (Bosco; Di Giulio, 2015).

Ao trazer o risco para o centro da organização da sociedade moderna, Beck<sup>2</sup> amplia as lentes sobre situações de riscos ambientais e tecnológicos ao campo sociológico.

---

2 É importante frisar que, antes de Ulrich Beck, a discussão nas Ciências Sociais sobre risco já estava sendo realizada por alguns autores, como a antropóloga inglesa Mary Douglas em seu livro *Pureza e Perigo*, escrito em 1966. Ambos os autores apontam para o aspecto cultural da percepção do risco e usam argumentos do Construcionismo Social (HANNIGAN, 2006), porém a conceituação de Douglas manteve-se mais focada na perspectiva de análise de percepção de risco do que como teoria social (Guivant, 1998).

Um debate que, anteriormente, esteve mais ligado às ciências ditas duras (engenharias, toxicologia, entre outras), neste momento passa a ser característica chave para a compreensão dos limites e transformações do projeto histórico da modernidade.

O campo de estudo do risco e desastres se dá em diferentes disciplinas. Os conceitos, definições e características estão sob constante reflexão e disputa. Neste sentido, são apresentadas algumas das principais discussões sobre o tema pertinentes ao objeto e objetivo do estudo.

Para Veyret (2007), os riscos, os acidentes, as catástrofes não constituem em si um novo campo científico e especificamente geográfico. Trata-se de uma abordagem global que integra os conhecimentos de diferentes áreas do conhecimento. Portanto, longe da tentativa de criar um conceito único, acabado e adequado, Lieber e Romano (2010) sugerem que é a realidade empírica, ligada ao propósito próprio do contexto, que pode sugerir caminhos.

A construção do conceito de risco poder ser compreendida a partir de três períodos recentes do desenvolvimento da sociedade (Veyret, 2007). Um primeiro momento no qual é mais restrito a um saber técnico; o segundo passa por uma confrontação entre sociedade civil e Estado; e o terceiro é dado por uma ruptura com os outros dois anteriores, ao insistir na complexidade do jogo dos atores.

O primeiro período refere-se a uma compreensão do risco dada pelo conhecimento técnico em identificar e em calcular eventuais danos que eram considerados controláveis, a partir da articulação entre especialistas e atores responsáveis pela tomada de decisão (políticos).

O segundo período é dado pela ação da sociedade civil que pressiona os atores gestores dos riscos por meio de estudos especializados. A sociedade civil cumpre papel importante na medida em que denuncia os perigos que fazem nascer debates públicos, por exemplo. Neste momento, as mídias surgem como um novo ator, pois delas dependem a construção e percepção dos riscos por meio da demonstração das mobilizações e alertas.

O terceiro momento, que corresponderia à atualidade, se dá pela construção associada aos jogos dos atores, à natureza e à amplitude de suas relações. Logo, um outro entendimento em relação aos riscos é formado, dado a partir da complexidade das ferramentas, fontes de informação que os atores utilizam (Veyret, 2007).

Na perspectiva de Veyret, ao longo da construção da ideia de riscos e do seu aparecimento inerente ao desenvolvimento da sociedade, identifica-se o cumprimento de papéis de cada ator para cada momento. Nos dois primeiros momentos, cada ator é responsável em levar, levantar e/ou agir sobre os riscos. Já na atualidade, o último período, nota-se um imbricamento das relações. Há um jogo de papéis entre os diferentes atores. Dessa forma, não seria apenas a Ciência, a partir do conhecimento

técnico, responsável pelo entendimento e gestão do risco, mas coloca-se à mesa outros fatores que são responsáveis pela geração, prevenção e mitigação dos riscos.

A construção da ideia de risco proposta por Veyret acompanha e sumariza as discussões feitas por sociólogos sobre como o risco é compreendido dentro da sociedade. As principais discussões levantadas estiveram focadas na crítica ao conhecimento estritamente técnico e centralizado em peritos (Guivant, 1998; Valencio *et al.*, 2009; Bosco; Di Giulio, 2015; Soriano *et al.*, 2016).

Segundo Guivant (1998), estudos técnicos e quantitativos de risco foram realizados especialmente nos anos 1960 por diferentes disciplinas, como Epidemiologia, Toxicologia e Engenharias. Os métodos formulados por esta abordagem foram adotados como centrais para os procedimentos regulatórios de agências norte-americanas.

Na abordagem técnico-quantitativa, o risco é considerado como um evento averso, uma atividade, um atributo físico com determinadas probabilidades objetivas de provocar danos, e que pode ser estimado mediante cálculos quantitativos de padrões que permitem estabelecer níveis de aceitabilidade, através de previsões estatísticas, estudos probabilísticos do risco, comparações risco/benefício, entre outros (Guivant, 1998).

Todavia, Lieber e Romano-Lieber (2010) explicam que a quantificação do risco se baseia numa natureza entendida como sistema e os seus acontecimentos como parte de uma ordem discreta e de uma estrutura congelada. Assim, o cálculo de probabilidade não é capaz de detectar que a complexidade e dinamismo de possíveis reestruturações do sistema são justamente os fatores que promovem incerteza na decisão dos administradores. Logo, a quantificação de risco com o cálculo de probabilidade usual é insustentável.

Por isso, ao desenvolver a teoria da sociedade de risco, Beck conclui que há uma quebra no monopólio da racionalidade da Ciência Moderna. Paradoxalmente, esta Ciência torna-se cada vez mais necessária, mas, ao mesmo tempo, menos suficiente para a definição socialmente vinculativa da verdade (Beck, 2011), em face aos grandes desastres ocorridos a partir da década de 1980 e à incapacidade da Ciência em solucioná-los.

Sendo assim, parte-se do princípio de que a mesma metodologia científica que foi capaz de criar e aprofundar os problemas não pode ser a mesma que irá solucioná-los, pois há uma incerteza radical, que não é prevista na metodologia conhecida, quanto ao entendimento e solução das problemáticas (Funtowicz; Ravetz, 2010).

Renn (1992) considera que diferentes vertentes teóricas discutem criticamente análises técnicas e quantitativas pois essas ignoram que causas, danos e a magnitude de suas consequências são mediadas por experiências e interações sociais. Por isso, Veyret (2007) afirma que o risco só existe em relação a um indivíduo e a um grupo social ou profissional, uma comunidade, uma sociedade que o apreende por meio de representações mentais e com ele convive por meio de práticas específicas.

Bosco e Di Giulio (2015) complementam que os riscos são definidos a partir de processos de negociação (relações de definição), que precisam ser compreendidos por meio de dimensões simbólicas e normativas, mediadas pela interação social e pelas instituições (encenação social). Dessa forma, o risco é um objeto social, a partir da tradução de uma ameaça, de um perigo para aquele que está sujeito a ele e o percebe como tal. Veyret (2007) assume que o risco é, então, o objeto de estudo que só pode ser dado pela percepção de uma potencial crise, acidente ou catástrofe.

Neste aspecto, o risco é o que antecede o acontecimento catastrófico em si (Veyret, 2007). Autores consideram que o evento catastrófico acontece quando há distúrbio do funcionamento de uma sociedade, dado pela diversidade e a variabilidade dos danos, principalmente quando há um comprometimento de infraestruturas da vida cotidiana, como o fornecimento de energia elétrica, de água, de serviços de comunicação, de transporte etc. (Valencio, 2008; Quarantelli, 2016). Portanto, há um processo entre o risco e o evento de desastre.

Contudo, a literatura tem apontado que os desastres são construídos nas situações cotidianas (Wisner *et al.*, 2003; Spink, 2014; Quarantelli, 2016; Marchezini *et al.*, 2017; Oliver-Smith *et al.*, 2017). Os autores assinalam que a maioria dos desastres são fabricados no funcionamento normal da sociedade, não podendo ser enfatizado o fator de ameaça em si nem a extensividade do cenário de dano físico e humano, como um evento concentrado no tempo e espaço com perda de funções essenciais, tampouco a insuficiência de recursos próprios para ações de resgate e reabilitação ou, ainda, a declaração da autoridade competente de que aquilo mereça atenção política especial ou seletiva (Valencio, 2008; Quarantelli, 1981). O desastre está relacionado a todos esses fatores associadamente. A “normalidade” que vai incrementando riscos; estes provocando danos ao ponto de uma ruptura social; tal ruptura, tratada por considerações políticas em maior ou menor escala correspondendo à afetação material, física e moral dos envolvidos na cena (Valencio, 2008; Quarantelli, 1981).

Na perspectiva quantitativa, “a magnitude é estar vivo ou morto, doente ou não doente” (p. 11). Dessa forma, não existe a possibilidade de se fixar risco para o “meio” doente, a menos que se fixe previamente aspectos ausentes ou presentes da condição intermediária da doença (Lieber; Romano-Lieber, 2010). Também, nestas abordagens, a capacidade das pessoas em lidar com o perigo, o próprio papel da economia política e de estruturas institucionais e sociais na formação da exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa são relativamente ignoradas (Turner *et al.*, 2013).

A partir destas críticas às abordagens técnico-quantitativas dos riscos, outras abordagens começaram a ser içadas no campo da Psicologia Social e das Ciências Sociais. Uma das primeiras discussões foi desenvolvida por Mary Douglas na década

de 1960, na preocupação de compreender por que alguns indivíduos enfatizavam alguns riscos em detrimento de outros (Hannigan, 2006).

Mary Douglas e colegas construíram a teoria cultural dos riscos observando as percepções dos indivíduos que são capazes de criar significados aos fenômenos (Wildavsky, 1991<sup>3</sup> *apud* Guivant, 1998). Para Mary Douglas, *hazard* (perigo) está relacionado aos fatores pré-existentes, e riscos são fruto de julgamentos e valores da percepção humana relacionados à história e cultura (Guivant, 1998).

A teoria cultural dos riscos entende que os indivíduos são organizadores ativos de suas percepções, impondo seus próprios significados aos fenômenos (Wildavsky, 1991 *apud* Guivant, 1998). Portanto, a autora concluiu que as escolhas dos indivíduos frente aos riscos passam por fatores sociais e culturais, e não necessariamente por questões técnicas. Dessa forma, as percepções e as organizações sociais passam a ter influência na definição de risco (Guivant, 1998; Hannigan, 2006); logo, nem sempre este papel caberá exclusivamente à evidência científica, comprovando que há uma pluralidade de racionalidades dos atores sociais na forma de lidar com os riscos e diluindo as diferenças entre leigos e peritos (Guivant, 1998).

Marandola e Hogan (2006) concordam que a percepção de risco é reveladora da escala individual de ocorrência dos fenômenos e que deve estar associada às escalas coletivas que contribuem decisivamente para a formação do risco, onde a cultura e o imaginário têm contribuição também (Marandola Jr.; Hogan, 2004). Por isso, a dimensão psicológica (existencial) e a dimensão cultural do risco são fundamentais para compreender a aceitabilidade, a hierarquização de certos riscos em detrimento de outros (Marandola Jr.; Hogan, 2006; Spink, 2014).

Outra dimensão importante é o papel da mídia na percepção e construção do risco. A atenção a determinados riscos em detrimento de outros provém da maior ou menor mediação dos fatos. Kasperson *et al.* (1988) consideram que o fluxo de informações passa a influenciar no processo de amplificação do risco, que pode se dar através do volume de informações, da qualidade da informação disputada, da dramatização em torno do assunto e conotações simbólicas.

Grande parte dos debates em torno dos riscos não entram em pauta por não cumprirem alguns requisitos de notícia (Eldridge; Reilly, 2003). Primeiramente, o risco é comumente permeado de incertezas e ausências de evidências causais conclusivas. Em segundo lugar, o risco permanece ignorado pela mídia até o momento em que se torna uma notícia (desastre) ou até os governantes assumirem uma postura precaucionária. E, por último, o risco é baseado em predição futura, contrariamente aos princípios do jornalismo que

---

3 WILDAVSKY, A. Public policy. In: B. Davis (ed.). *The genetic revolution. Scientific Prospects and Public Perceptions*, Baltimore/Londres, The Johns Hopkins University Press, 1991.

devem construir histórias baseadas em eventos do dia. Portanto, muitos potenciais riscos não serão noticiados até o momento que se manifestem como perigo ou desastre.

Por isso, Marchezini e Wisner (2017) concluem que a forma como instituições privadas e públicas, Organizações Não Governamentais, mídia e outros atores sociais definem e estruturam desastre é importante porque é como serão orientadas práticas e políticas. Buckle (2005) reitera que são os governos que definem as fronteiras para gestão de emergência e respostas para os desastres. E, como os desastres ainda são vistos como um evento “natural”, pelo domínio de fatores físicos que afetam o risco e pela marginalização de processos sociais mais fundamentais, condicionam que a prática de gerenciamento de risco de desastres ainda seja muito dominada pela reação e resposta, em detrimento de intervenções de desenvolvimento baseadas em redução e prevenção de risco (Wisner *et al.*, 2003; Oliver-Smith *et al.*, 2017).

Dessa forma, Wynne (1992) complementa que seria necessária uma análise de risco que abarcasse a complexidade das relações existentes na modernidade atual e chama atenção a três fatores importantes:

- 1) o papel da confiança nas instituições que controlam os riscos tecnológicos e ambientais entre os leigos. O comportamento dos indivíduos e as informações sobre os riscos baseiam-se também numa racionalidade que parte de suas experiências e julgamentos da relação de credibilidade e confiança com as instituições que assumem o controle, como, por exemplo, situações que envolvam desempenho, atitudes, abertura ou transparência das instituições. Portanto, são julgamentos que não são meramente um contexto subjetivo dos conflitos sobre risco, mas determinam os próprios riscos objetivos.
- 2) refere-se ao que o autor chama de “sociologia ingênua” empregada pelos especialistas (Wynne, 1992). O autor considera que falta reflexividade crítica por parte das instituições e organizações que estimam e controlam os riscos, pois não avaliam a relação de confiança mantida com as populações afetadas, o que pode gerar ansiedade social entre os leigos. Ao contrário, os peritos consideram a atitude de desconfiança como ignorância, irracionalidade ou expectativas ingênuas de margem zero de riscos.
- 3) o autor propõe que tanto a ignorância como a indeterminação sejam tratadas seriamente como potenciais fontes de risco nos processos decisórios sobre a gestão dos riscos a partir de um processo de aprendizagem social.

Analisando o caso de desastres e riscos no Brasil, Valencio (2008) considera que seria importante uma convergência entre definições que avaliam desastres a partir de um processo histórico (variável de longo prazo de duração) com estudos que avaliam a sequência de eventos que culminam no episódio estudado (variável de curto prazo de duração). A autora justifica que, no Brasil,

a apropriação desigual da riqueza e a fragilidade dos valores democráticos, sendo fundamentos de um processo estruturalmente conflitivo de territorialização, também apresentam especificidades socioambientais da vulnerabilidade perante fatores pontuais de ameaça (Valencio, 2008, p. 5).

Nesse sentido, é possível observar que a maioria das políticas públicas frequentemente adotam uma abordagem que direciona a ação para o evento de perigo em si de forma a prevenir contra o desastre, como, por exemplo, obras de engenharia para prevenção contra enchentes. Da mesma forma, o planejamento e zoneamento do território tem sido usado para reduzir exposição ao risco. Esquemas de seguros ajudam a reduzir, pelo viés econômico, a susceptibilidade ao prejuízo e como ele afeta a vida das pessoas. Ao invés de uma abordagem transformacional, onde as políticas direcionam soluções a causas raiz do risco<sup>4</sup>, que estão ligadas a condições de vulnerabilidade ao desastre (Marchezini *et al.*, 2017).

Wisner *et al.* (2003) sugerem que analisar como o risco é percebido nas diferentes fronteiras da sociedade pode promover a construção de políticas públicas de uma forma mais criativa e com resultados mais exitosos, podendo reduzir desastres e mitigar a exposição a perigos, ao mesmo tempo, melhorando condições de oportunidades e vida (Wisner *et al.*, 2003). Nesse sentido, especialistas sugerem que é necessário transpor a visão de observação da exposição aos perigos e aprofundar nos diferentes níveis de vulnerabilidade a que os diferentes grupos são submetidos (Wisner *et al.*, 2003; Marchezini; Wisner, 2017).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O capítulo apresenta a evolução do arcabouço conceitual sobre riscos e desastres, destacando como a compreensão das relações de causa e efeito, dos atores envolvidos e da percepção social contribuiu para a construção do entendimento dos desastres como processos complexos. A abordagem teórica proposta permite interpretar eventos extremos recorrentes no século XXI como fenômenos associados a fatores antrópicos, superando a concepção de desastres como eventos naturais isolados e imprevisíveis. Nesse contexto, enfatiza-se a necessidade de incorporar a dimensão do risco nas discussões sobre mudanças climáticas, de modo a orientar políticas públicas preventivas e precaucionárias, capazes de mitigar os impactos de eventos extremos por meio de planejamento e ação antecipada.

---

4 Causa raiz é uma categoria de análise que influencia na progressão da vulnerabilidade conforme o modelo Pressão-Liberação (*Pressure and Release Model*, em inglês) de Blaikie *et al.* (1994) e Wisner *et al.* (2003).

## REFERÊNCIAS

- BECK, U. World Risk Society. *A Companion to the Philosophy of Technology*, p. 495–499, 2009.
- BOSCO, E.; DI GIULIO, G. M. Ulrich Beck: considerações sobre sua contribuição para os estudos em ambiente e sociedade e desafios. *Ambiente & Sociedade*, v. XVIII, n. 2, p. 149–160, 2015.
- BUCKLE, P. Mandated definitions, local knowledge and complexity. In: PERRY, R. W.; QUARANTELLI, E. L. (Ed.). *What is a disaster: new answers to old questions*. Philadelphia: Xlibris, 2005. p. 173–200.
- ELDRIDGE, J.; REILLY, J. Risk and relativity: BSE and the British media. In: PIDGEON, N.; KASPERSON, R. E.; SLOVIC, P. (Ed.). *The social amplification of risk*. UK: Cambridge University Press, 2003.
- FRACALANZA, A. P. *Crise de governança da água na Região Metropolitana de São Paulo: (re) centralização da gestão e injustiça ambiental*. 2016. Universidade de São Paulo, 2016.
- FUNTOWICZ, S.; RAVETZ, J. R. *La ciencia posnormal: Ciencia con la gente*. [s.l.] ICARIA, 2010.
- GUIVANT, J. S. A trajetória das análises de risco: da periferia ao centro da teoria social. *Revista Brasileira de Informações Bibliográficas*, v. 46, n. 2, p. 3–38, 1998.
- HANNIGAN, J. *Environmental sociology*. [s.l.] Routledge, 2006.
- IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1–34. Disponível em: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
- JASANOFF, S. Technologies of humility: citizen participation in governing science. *Minerva*, v. 41, n. 3, p. 223–244, 2003.
- KASPERSON, R. E. *et al.* The social implications of risk: a conceptual framework. *Risk Analysis*, v. 8, n. 2, p. 177–187, 1988.
- LEITE, J. C. Controvérsias na climatologia: o IPCC e o aquecimento global antropogênico. *Scientiae Studia*, v. 13, n. 3, p. 643–677, 2015. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-31662015000300643&lng=pt&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662015000300643&lng=pt&nrm=iso&tlng=en)>. Acesso em: 12 maio 2021.
- LIEBER, R. R.; ROMANO-LIEBER, N. S. Dialogando com o risco: o conceito de risco, Janus reinventado. *Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós*, p. 69–112, 2010.
- MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D. J. As dimensões da vulnerabilidade. *São Paulo em Perspectiva*, v. 20, n. 1, p. 33–43, 2006.
- MARENGO, J. A. *et al.* A seca e a crise hídrica de 2014–2015 em São Paulo. *Revista USP*, n. 106, p. 31, 2016.
- NOBRE, C. A. *et al.* Some characteristics and impacts of the drought and water crisis in southeastern Brazil during 2014 and 2015. *Journal of Water Resource and Protection*, v. 08, n. 02, p. 252–262, 2016.

- OLIVER-SMITH, A. *et al.* A construção social do risco de desastres: buscando as causas de fundo. In: MARCHEZINI, V. *et al.* (Orgs.). *Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action*. São Carlos: RiMa, 2017.
- QUARANTELLI, E. L. Catastrophes are different from disasters: some implications for crisis planning and managing drawn from Katrina. 2016.
- QUARANTELLI, E. L. An agent specific or an all disaster spectrum approach to socio-behavioral aspects of earthquakes? *Preliminary Paper* n. 69, 1981. University of Delaware, Disasters Research Center. Disponível em: <<http://dspace.udel.edu:8080/dspace/bitstream/19716/441/3/PP69.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2018.
- RENN, O. The Social Arena Concept of Risk Debates. *Social, Cultural, and Psychological Paradigms*, p. 179–196, 1992. Disponível em: <https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/7292/1/ren62.pdf>. Acesso em: 12 maio 2021.
- SORIANO, É. *et al.* Crise hídrica em São Paulo sob o ponto de vista dos desastres. *Ambiente & sociedade*, v. XIX, n. 1, p. 21–42, 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X2016000100003&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2016000100003&lng=en&nrm=iso&tlng=pt). Acesso em: 12 maio 2021.
- SPINK, M. J. P. Viver em áreas de risco: tensões entre gestão de desastres ambientais e os sentidos de risco cotidiano. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 19, n. 9, p. 3743–3754, 2014.
- TURNER, B. L. *et al.* A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 100, n. 14, p. 8074–8079, 2003.
- VALENCIO, N. Da ‘área de risco’ ao abrigo temporário: uma análise sociológica dos conflitos subjacentes a uma territorialidade precária. In: 34º Encontro Anual da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ciências Sociais, Caxambu, MG. *Anais...* Caxambu, MG: ANPOCS, 2008.
- VEYRET, Y. *Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente*. 1. ed. São Paulo: Contexto, 2007.
- WISNER, B. *et al.* *At risk: natural hazards, people’s vulnerability and disasters*. 2. ed. [s.l.] Routledge, 2003.
- WYNNE, B. Uncertainty and environmental learning: Reconceiving science and policy in the preventive paradigm. *Global Environmental Change*, 1992. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0959378092900172>.
- ZANIRATO, S. H. Os riscos: paradoxos das sociedades ocidentais contemporâneas. *Boletim Paulista de Geografia*, n. 86, p. 221–229, 2007.



II – GOVERNANÇA AMBIENTAL,  
DEMOCRACIA E JUSTIÇA  
SOCIOAMBIENTAL



# Conselhos nacionais da água de Portugal e do Brasil: parâmetros para análise de procedimentos democráticos

*Rosa Maria Mancini  
Pedro Roberto Jacobi*

## **Resumo**

O presente artigo tem como objeto central de análise as políticas públicas de gestão das águas de Portugal e do Brasil, utilizando como espaço de estudo, respectivamente, os Conselhos Nacional de Água (CNA) e de Recursos Hídricos (CNRH). Seu objetivo geral é avaliar os mecanismos internos aos Conselhos que permitem a ampliação do processo democrático representativo, uma vez que a formação desses Conselhos foi inspirada nos pressupostos da democracia participativa e deliberativa, associado a uma mobilização pelas causas ambientais. As dinâmicas dos Conselhos foram analisadas por meio de quatro parâmetros: representação; perfil decisório; pautas e agendas; grau de relevância do Conselho para a política nacional hídrica. Conclui-se quanto aos procedimentos democráticos, que ambos os Conselhos foram avaliados de forma bastante crítica, com a apresentação de ressalvas e apontada como necessária a adoção de medidas que levem à revitalização como espaço democrático de debate e de relevância para o aperfeiçoamento da política.

**Palavras-chave:** Água; Democracia; Governança; Conselhos; Estado; Sociedade.

## 1. INTRODUÇÃO

O presente artigo é uma síntese da tese defendida no final de 2022, com orientação do Professor Pedro Roberto Jacobi. Trata das políticas públicas de gestão das águas do Brasil e de Portugal, na perspectiva dos participantes dos conselhos nacionais responsáveis pelo gerenciamento deste elemento natural ou recurso. São observados os mecanismos internos de funcionamento do Conselho Nacional de Água de Portugal – daqui por diante, designado CNA – e do Conselho Nacional de Recursos Hídricos do Brasil – daqui por diante, designado CNRH<sup>1</sup> – que permitem o alargamento da participação da sociedade no processo democrático de ambos os países, uma vez que são fóruns constituídos, entre outros, por representantes de diferentes esferas organizadas da sociedade e a formação de seus conselhos foi inspirada pelos pressupostos da democracia participativa e deliberativa, em associação com a mobilização em torno das causas ambientais.

Os materiais que permitiram o conhecimento dessas dinâmicas são as atas das reuniões plenárias dos primeiros 20 anos de funcionamento dos conselhos – o CNA, de Portugal, foi fundado em 1994, e o CNRH, do Brasil, em 1998. O acesso às atas do CNA se deu por meio da publicação *CNA: 20 anos da história da água em Portugal*, editada em 2016; já as atas do CNRH foram consultadas no site oficial da instituição participativa na internet. Ademais, também fundamentam a tese as entrevistas realizadas com membros representativos do CNA e do CNRH, que permitiram captar a percepção destes sobre a performance dos conselhos. Tratam-se de entrevistas qualitativas, semiestruturadas, sendo que foram realizadas 14 entrevistas com os representantes portugueses (6 do governo central, 4 com entidades da sociedade civil, 4 com especialistas, representantes das universidades e setores produtivos) e 12 entrevistas com representantes brasileiros (4 do governo central, 4 com representantes de Conselhos estaduais, 2 com organizações civis de recursos hídricos e 2 com usuários).

Parte-se do princípio que ambos os conselhos nacionais atendem à perspectiva participativa e democrática prevista nas políticas públicas de gerenciamento das águas dos dois países, o que tem permitido uma nova interação entre Estado e sociedade. Conforme Carneiro (2007, p. 149):

A questão dos conselhos insere-se fundamentalmente na área da governança democrática. Como canais institucionalizados de participação, os conselhos marcam uma reconfiguração das relações entre Estado e sociedade e instituem uma nova modalidade de controle público sobre a ação governamental e, idealmente, de corresponsabilização quanto ao desenho, monitoramento e avaliação de políticas.

---

1 Vale observar as diferenças na designação dos dois conselhos: em Portugal, Conselho Nacional da Água, denominação que enfatiza o aspecto natural do elemento; no Brasil, Conselho Nacional de Recursos Hídricos, com enfoque no valor do elemento como insumo para a produção.

Como constatam Abers e Keck (2003), os conselhos em si não resultam na democratização do processo de decisão nem necessariamente em uma maior aproximação entre Estado e sociedade, contudo, as autoras apontam que a adoção de procedimentos colaborativos internos e condições externas apropriadas permitem que o processo democrático seja mais profícuo. Desse modo, compreende-se que o grau de democratização e de efetividade de um conselho será proporcional ao cumprimento de preceitos que serão apresentados no decorrer deste estudo, que dizem respeito às relações entre Estado e sociedade; ao nível de participação e demanda da sociedade; ao caráter do conselho (consultivo ou deliberativo); à participação pública: variedade de representação da sociedade; à formação da agenda: quem propõe os temas a serem debatidos, entre outros.

Os objetivos que orientaram a investigação foram:

- a) analisar em que medida os Conselhos Nacionais com poderes de decisão distintos podem ser comparados;
- b) identificar os mecanismos adotados que permitem a maior democratização das políticas;
- c) compreender a relevância do conselho para seus membros.

## 2. CONCEPÇÃO METODOLÓGICA

Na fase de concepção da pesquisa, a ideia que conduziu o processo foi a contraposição de uma gestão baseada na perspectiva da tradição hidráulica, tal como era entendida a política brasileira, que, embora tenha evoluído na formatação de um sistema de gestão, continuava sendo pautada pelo atendimento de demandas quantitativas, com pouca preocupação para com o viés ambiental, que pressupõe uma compreensão mais ampla sobre a relação do curso d'água com seu meio. Essa concepção esteve baseada em experiência própria da autora, na condição de gestora na política paulista e atuante na política de gestão das águas em nível nacional.

A literatura que marcou a fase inicial da pesquisa foi o livro *El Agua: perspectiva ecosistémica y gestión integrada*, publicado pela Fundación Nueva Cultura del Agua (FNCA). A partir dessa leitura, um marco que deveria ser estudado era a influência da Diretiva Quadro da União Europeia para a Água (DQA, 2000), que demandava uma perspectiva ambiental para a gestão. Ao mesmo tempo, tornou-se evidente que a escolha de um país ibérico, influenciado pela área de atuação da FNCA, seria bastante natural.

A decisão de estabelecer Brasil e Portugal como objetos de estudo se justifica por aspectos que aproximam e diferenciam os dois países no que tange às suas respectivas políticas de gestão das águas. Ademais, é impossível desconsiderar a ligação histórica entre Brasil e Portugal, que se estende por mais de cinco séculos.

Embora o Brasil possua um território e uma população significativamente maiores que os de Portugal, uma vez que a área do território brasileiro é 92,4 vezes maior que a de Portugal – e sua população, 21 vezes maior –, a qualidade de vida e a riqueza de Portugal são superiores se considerarmos o IDH e o PIB. Com relação ao passado autoritário, os dois países passaram décadas sob regimes ditatoriais. Em Portugal, observamos em 1933 o fim da ditadura militar iniciada em 1926, dando lugar ao Estado Novo, comandado por António Salazar e seus seguidores, regime político ditatorial que segue até a Revolução dos Cravos, ocorrida em 1974 sob comando de militares.

No Brasil, a situação é análoga: o regime ditatorial conhecido por Estado Novo, comandado por Getúlio Vargas, cobre o período entre 1937 e 1945. Após um turbulento período democrático de 20 anos, tem início, em 1964, a ditadura militar, que se estende até 1985.

Assim como a Revolução dos Cravos é o marco do fim dos tempos autoritários em Portugal, a eleição, mesmo que indireta, para a presidência da República do Brasil em 1985 é o marco do final da ditadura no Brasil.

Definidos os países, o próximo passo foi a definição da instância que seria estudada, de caráter participativo-democrático e que retratasse o andamento da política de cada país. Após a realização de várias simulações, considerando a correlação entre instâncias gestoras de nível nacional e local, foi definido que a melhor instância a ser pesquisada seriam os Conselhos Nacionais dos dois países, pois haviam sido instalados na mesma década, sendo possível avaliar a implementação da política de maneira equilibrada. Havia clareza de que se tratava de fóruns mais formais que os Comitês de Bacias e que o português se distinguiu do brasileiro por seu caráter consultivo, ao contrário do brasileiro, que possui poder deliberativo.

Vale ser observado, que foram acentuados os contrastes entre as conjunturas portuguesa e brasileira durante a realização do trabalho de campo, podendo ser, intituladas *Calmaria* e *Vendaval*. *Calmaria* que caracterizou a estadia em Portugal entre 2019 e 2020, país em fase de estabilidade política, social e sanitária. Já no Brasil, entre 2020 e 2022 a conjuntura era de vendaval: instabilidade política causada por um governo de extrema direita e inábil; polarização e conflitos sociais e crise sanitária, com a disseminação do vírus da COVID 19, que por sua vez impôs limitação de circulação, associado à necessidade de nos adaptarmos ao uso de novas ferramentas de comunicação para permitir a realização de reuniões virtuais.

### 3. ORIENTAÇÃO TEÓRICA

Abordamos neste item a fundamentação teórica e conceitual que permite subsidiar a análise comparada das políticas públicas. Partimos das diferentes abordagens ou paradigmas de gestão da água que dão base para as políticas públicas, do pré-moderno à modernidade reflexiva.

No âmbito da gestão integrada dos recursos hídricos um dos princípios fundamentais é a participação social. Assim, mobilizamos elementos da teoria democrática para sustentar a análise. A teoria democrática é objeto de diversas concepções, como a hegemônica/liberal, a pluralista, e as vertentes participativas, como a deliberativa, participativa e ainda a delegativa, para caracterizar o caso brasileiro.

Fernandes (2017, p. 19), na introdução do livro por ele organizado *Variedades de democracia na Europa do Sul*, chama a atenção para a necessidade de renovar a atenção para as causas da democracia que têm diferentes formas, variadas institucionalidades e distinções qualitativas nos diferentes regimes democráticos. Além disso, o autor alerta para a onda de autocratização em curso, que está associada ao aumento da desigualdade socioeconômica e suas consequências: desigualdade de participação e voz, declínio na confiança em instituições representativas e reforço do poder executivo, entre outras.

No Brasil, a demanda por maior participação de entidades da sociedade civil, compartilhando o espaço de decisão com órgãos públicos do Estado em Conselhos ou Fóruns diversos é contemporâneo à democratização política, com o fim da ditadura militar na década de 1980. A partir da abertura democrática, observa-se maior demanda por participação em partidos políticos e no parlamento, por meio do Congresso e do Senado. A Constituição de 1988, conhecida por constituição cidadã, é fruto da mobilização da sociedade e, como tal, prevê arranjos e mecanismos de participação na formulação e no debate de políticas públicas. Essa previsão levou à estruturação de inúmeros conselhos e fóruns participativos (Abers, 2003; Abers; Keck, 2008).

Já em Portugal, a vinculação entre democratização do país e maior participação social não é direta. A abertura democrática ocorreu antes naquele país, no início da chamada terceira onda de democratização. Contudo, a demanda por processos participativos nas políticas públicas não constituiu um movimento como no Brasil. Conforme Fernandes (2017, p. 23), as democracias do Sul da Europa herdaram estruturas sociais altamente desiguais, “sob a forma de clientelismo e servilismo nas relações sociais, informalidade nas relações laborais, e aplicação desigual do Estado de direito”. O autor ainda observa que essas democracias se caracterizam por uma cultura política de cinismo e baixa participação eleitoral e cívica, com a sociedade civil e as organizações sindicais enfraquecidas. Além disso, há de se destacar que os conselhos, em geral, não são deliberativos, mas espaços de escuta que orientam os gestores públicos em suas decisões.

Aqui, a leitura dos conselhos é desenvolvida valorizando o seu papel estratégico no debate, no aperfeiçoamento das políticas públicas e na democratização dos processos de compreensão dos problemas e da tomada de decisão.

Destaca-se o enfoque da governança que, do ponto de vista de Archon Fung (2006, p. 66), teórico da democracia deliberativa, “são formas de o sujeito que é objeto da política fazer parte dela”.

Em contraponto à democracia representativa convencional, baseada no voto, conforme apresentado, Fung e Cohen (2007) defendem a necessidade de uma participação mais ampla e justa da sociedade nos processos de debate e tomada de decisão em relação às políticas. Os autores afirmam que, em função das dúvidas sobre a capacidade regulatória dos governos e das democracias tradicionais, de arregimentar esforços de cidadãos comuns, a força das ideias democráticas tem ressurgido. As ideias dos democratas radicais estão firmadas na necessidade de uma participação mais ampla nas decisões políticas, que vá além do processo eleitoral:

Os cidadãos devem ter uma atuação direta mais importante nas escolhas públicas ou, ao menos, engajar-se mais profundamente nas questões políticas substantivas, tendo a garantia de que suas preocupações e opiniões serão efetivamente ouvidas e atendidas por parte dos administradores públicos (Fung; Cohen, 2007, p. 222).

Ainda segundo os autores, “o ambicioso objetivo de uma democracia é, em resumo, mover-se de uma estrutura em que impera a barganha, a agregação de interesses e o poder para outra, em que a razão comum seja uma força dominante da vida democrática” (Fung; Cohen, 2007, p. 222). Apesar da aparente ingenuidade quanto ao alcance da razão comum, os autores sustentam a ideia de que o debate público pode levar à construção de decisões que conduzam à solução de problemas com maior eficácia.

Os elementos definidos por Fung (2006), associados às perspectivas da gestão da água, constituem as bases que orientam a pesquisa e a análise dos procedimentos democráticos adotados pelos Conselhos Nacional da Água (CNA) e de Recursos Hídricos (CNRH) de Portugal e do Brasil.

Assim, as entrevistas com os representantes dos conselhos exploraram os temas:

- a) a amplitude da representação da sociedade em cada conselho;
- b) a formulação das pautas ou agendas das reuniões plenárias, bem como o nível de influência dos integrantes do conselho sobre tais decisões;
- c) a comparação entre os conselhos quanto ao poder decisório ou de influência: consultivo e deliberativo.
- d) a relevância do espaço democrático: atribuição de nota e qualificação.

## 4. DISCUSSÃO

Na sequência, seguem as sínteses analíticas de 4 parâmetros considerados: composição/representação; pautas e agendas; perfil decisório; grau de relevância do Conselho para a política nacional hídrica.

### 4.1 Composição do Conselho: esferas de representação

Quantos integrantes e qual a composição dos Conselhos Nacionais do Brasil e de Portugal? Qual a percepção dos representantes e análise sobre esse tema?

O CNA com a representação de um total de 62 integrantes organizados em quatro esferas: governo (central, administração das regiões hidrográficas, governos regionais e locais) que ao todo ocupam 30 cadeiras; entidades da sociedade civil dividida em entidades ambientalistas e hídricas (4 cadeiras); setores usuários da agricultura, indústria, turismo, empresas de serviço (6 cadeiras); academia dividida entre universidade e institutos de pesquisa (7 cadeiras), além de 15 cadeiras para pessoas de renomado conhecimento.

O CNRH, por sua vez, tem um total de 32 titulares, sendo 22 representantes do governo, sendo que 13 são federais e 9 representantes dos conselhos estaduais. As organizações civis são apenas 3 e dentre elas estão as universidades com uma vaga; os setores usuários são 7. Destaca-se que o número original de membros do CNRH, antes do governo Bolsonaro e da vigência do Decreto 10.000/19, era de 57, com o dobro de entidades da sociedade civil e de usuários, votos não governamentais.

O número global de representantes de cada um dos Conselhos já mostra o disparate do número de cadeiras do brasileiro frente à diversidade e complexidade da sua realidade hídrica, política e socioeconômica, uma vez que o português é 58% maior que o brasileiro e com uma dimensão e população significativamente menores.

De maneira geral, os integrantes do Conselho Nacional da Água português entendem que este conta com uma representação abrangente e diversificada dos vários interesses da sociedade. Quando questionados se há falta de alguma representação, a resposta é que poderia haver representação de movimentos sociais. Quando questionados se há excessos, a resposta é que a representação da Administração (Estado) é bastante grande. Ponto frágil levantado é a falta de renovação: participação de jovens e de profissionais que não sejam tributários da tradição hidráulica. Os entrevistados reconhecem certa deferência na concessão de falas para especialistas e o órgão gestor da água e ambiente.

Indiscutivelmente, a composição do CNRH, que já não se mostrava a contento antes de 2019 dada a recorrente demanda por paridade entre poder público e sociedade

civil, mostra-se pouco efetiva para todos os segmentos, exceto para o governo Federal que, apesar de perder cadeiras, manteve sua maioria. A demanda por paridade e a falta de cadeiras que possam comportar as diferentes representações da sociedade são demandas reiteradas pelos entrevistados.

A questão da definição de melhores procedimentos de escolha dos componentes, de forma a garantir representatividade social e qualidade da representação, também é enfatizada.

De acordo com a orientação teórica apresentada, notadamente as variáveis relacionadas à participação pública identificadas por Fung (2006), a questão “quem participa” é crucial para o processo de discussão dentro de um fórum para que se alcance a governança efetiva.

É consenso entre os entrevistados dos dois Conselhos que há excesso de representação do poder público.

O processo de composição dos Conselhos pode ser aprimorado, na medida em que essa decisão é unilateral por parte do Estado, que define o número de participantes por esfera de atuação. Esse aspecto é mais evidente no caso de Portugal, cuja composição é definida em Lei, sem previsão de atualização dos membros, e não há processo eleitoral para escolha de representantes da sociedade civil ou usuários.

Já no caso do Brasil, há que ser revista a sua composição geral em termos numéricos, e realizado um estudo para se avaliar a acomodação dos vários interesses sociais. Destaca-se a necessidade da definição de procedimentos acordados entre as partes para a eleição dos componentes da sociedade civil e usuários, pois hoje o regramento é definido de forma unilateral pelo governo federal. Cabe ressaltar ainda a necessidade de garantir que o rol de entidades cadastradas para concorrer a uma vaga em cada esfera representativa da sociedade seja coerente com a atuação e segmento que representa.

## 4.2 Pautas e agendas

Quais são os temas tratados nos conselhos e quais predominam? Quem propõe as pautas?

Dois elementos apontados por Fung (2006) que caracterizam procedimentos democráticos e coerência num fórum de discussão, dizem respeito a quem cabe a definição de pautas, ou seja, dos temas que serão tratados pelos integrantes, avaliando se existe a possibilidade de os integrantes proporem temas de seu interesse e o segundo diz respeito se a pauta de fato está relacionada com a missão daquela política. Essas questões nos levaram a pesquisar as agendas dos vinte anos de plenárias de ambos colegiados. Referimo-nos aos temas tratados nos Conselhos e seu ordenamento em grupos temáticos.

A diversidade de temas tratados no CNA é maior que a do CNRH, sendo que o primeiro correlaciona a água com várias políticas e temas e o segundo se atém sobre-

tudo às questões administrativas e aos instrumentos de gestão, prioritariamente. No CNA tratam de gestão da água integrada à questão costeira; debatem a questão da irrigação/regadio agrícola; mudanças climáticas, ordenamento do território e relações transfronteiriças. No Brasil além dos dois temas citados tratam da gestão integrada da água com as subterrâneas e costeiras, sua proteção, vazão e sustentabilidade, mas numa frequência bem inferior.

Com relação à proposição de pautas, no caso de Portugal, os integrantes não são estimulados a propor pautas e poucos tiveram a iniciativa de sugerir algum tema para debate. Aqueles que tiveram essa iniciativa não viram sua proposta prosperar. Em contraposição, foram ouvidos dois ex-Ministros cujas falas não parecem ser inibidoras de propostas, mas ambos lembram que quem organiza a pauta é sempre o Secretário Geral, a quem se deve convencer a partir de boa justificativa. Enfim, não foi percebida proatividade por parte dos conselheiros e nem estímulo por parte de Ministros.

No caso do Brasil, a proposição de pautas mostra-se de maneira distinta, sendo essas concebidas e propostas por quatro fontes diferentes (Ministro, Secretaria Executiva, Câmaras Técnicas, Conselheiros individualmente ou em grupo) e os integrantes do Conselho são estimulados a apresentar propostas. As críticas em relação às pautas são de natureza inversa: há excesso de liberdade para as Câmaras Técnicas definirem os temas que querem tratar, e a agenda acaba sendo “fracionada”, o que induz o Conselho a perder o foco de sua missão.

### 4.3 Consultivo ou deliberativo

Depreende-se da investigação realizada que a diferença político-cultural entre Portugal e Brasil é notória quando o tema é poder decisório do Conselho. Em Portugal é patente que o status de conselho de caráter consultivo não é ponto de conflito, sendo que nenhum dos entrevistados demandaram a necessidade de maior poder em torno das decisões daquele conselho. Esse traço político-cultural é apontado por Fernandes (2017) e Sereno (2012).

Já para os brasileiros, parece ser inconcebível contar com um Conselho que não tenha poder deliberativo, sendo esta uma questão fundamental, apesar de não associarem diretamente esse aspecto com a aplicação ou consequência posterior da decisão tomada, o que nem sempre ocorre.

Deve ser aprofundada a questão de a maior relevância das pautas/agendas estar associada a um Conselho de caráter consultivo, pois não há risco de imposição de uma política que não agrada ao governo. Dentro dessa lógica, haveria uma redução de pautas relevantes em um conselho deliberativo, em virtude de uma eventual decisão em desacordo com o governo.

Para os entrevistados portugueses, fica evidente que o poder de aconselhamento do Conselho é revigorado quando Grupos de Trabalho são formados, levando os

técnicos em conjunto a estudarem, debaterem e formarem um consenso em torno de um tema, para ser levado ao plenário. Além de posicionamento embasado, os conselheiros sentem-se mais produtivos e valorizados.

No Brasil, na medida em que existem Câmaras Técnicas perenes no CNRH, às quais os conselheiros têm acesso conforme seu interesse e especialidade, percebe-se que o espaço de maior debate e posicionamento se situa ali.

Nesses momentos, seja de formação de Grupos de Trabalho no CNA ou de participação em Câmaras Técnicas no caso brasileiro, a relação dialógica entre os membros do conselho é revigorada e o processo de negociação para se chegar a uma deliberação ou consenso é identificado.

Independentemente de ser deliberativo ou consultivo, fica evidente que muitos conselheiros ressentem a falta de aplicação e de alcance prático daquilo que é discutido no conselho para a realidade. Os dois grupos de entrevistados fazem menção ao análogo conselho da área ambiental, que segundo eles parece ter seus pareceres e resoluções levadas em consideração com maior frequência.

Duas questões importantes que se destacam nas falas dos brasileiros, próprias de um país federativo, dizem respeito à diferença entre as resoluções de caráter federal (voltadas aos entes da federação) e as nacionais (que cabem exclusivamente à União sua definição de encaminhamento, como no caso dos rios de seu domínio) que deveriam ser diferenciadas de alguma forma. Outro aspecto relevante, diz respeito ao poder de coordenação e alcance das resoluções do conselho em relação aos estados.

A prerrogativa de orquestrar e acompanhar as ações do Estado acabaram por ser assumidas pela ANA que, por meio do Programa Progestão, conhecido por Pacto das Águas, propõe metas e ações que devem ser seguidas pelos estados, que são organizados seguindo uma tipologia quanto à criticidade da gestão local, e estes, se atenderem às metas, são premiados com acesso a recursos financeiros.

Para finalizar, retoma-se uma das questões colocadas por Fung (2006): a importância da troca de experiências e pontos de vista entre os membros por meio do acesso à palavra sem restrições a nenhum membro, e que todos possam apresentar seus pontos de vista a fim de buscar consensos ou acordos. Entendemos que não há restrições para aqueles que querem fazer uso da palavra em nenhum dos dois conselhos e que há uma relação dialógica entre os conselheiros, o que consideramos bastante positivo.

#### 4.4 Grau de relevância do Conselho para a política nacional hídrica

Neste último tema, que aborda a dinâmica dos Conselhos Nacionais aqui tratados, é explorada uma das questões principais desta investigação: a percepção dos entrevistados quanto aos procedimentos democráticos aplicados nos respectivos conselhos

que integram e a relevância da Instituição Participativa para a política de recursos hídricos de seu país. Para capturar essa percepção de maneira mais precisa, optamos por combinar a opinião dos entrevistados à atribuição de uma nota de 1 a 10, quanto à relevância do Conselho para a política de água e essas foram classificadas. Para tanto se desenvolveu uma escala de três níveis: muito relevante, medianamente relevante e pouco relevante. A partir das falas, construímos uma narrativa que sintetiza as diferentes avaliações.

A síntese dessa questão é a seguinte: numa perspectiva quantitativa, analisando os 14 depoimentos dos entrevistados portugueses, 6 consideram o CNA um espaço democrático, 4 apresentam ressalvas e 4 apresentam críticas. Para os seis primeiros, o que o qualifica como um fórum democrático são os seguintes fatores:

- a) é um espaço de diálogo e escuta;
- b) nas reuniões ocorre troca de pontos de vista que servem de contraponto às posições iniciais dos representantes entrevistados;
- c) permite a formação de redes;
- d) é um local que concentra especialistas;
- e) trata-se de espaço para uso da palavra sem restrição;
- f) permite livre expressão e há representatividade de toda a sociedade;
- g) o ministro deve ficar de ouvidos atentos aos seus conselhos.

Já os quatro entrevistados que apresentam ressalvas mencionam como justificativa para essa avaliação:

- a) falta de efetividade do Conselho, pois consideram que não é necessariamente o processo democrático que o fortalecerá;
- b) o Conselho não é formado para ter diferença de opiniões ou arbitragem de conflito;
- c) o Conselho exerce baixa influência sobre a política;
- d) está ocorrendo um processo de estagnação, sem acompanhamento das tendências atuais da gestão das águas e mesmo de sua composição, que precisa ser renovada periodicamente.

As críticas dizem respeito:

- a) ao fato de o governo votar em bloco;
- b) ao acesso e à capacidade desigual dos membros;
- c) ao domínio de especialistas;
- d) à ausência de votação, de modo que não se sabe a posição da maioria.

De fato, esses elementos são antagônicos ao previsto pelos autores da democracia participativa e deliberativa.

Com relação à nota sobre relevância do Conselho frente à política hídrica, há uma variação entre 8 (oito), como nota máxima, e 2 (dois), como nota mínima – um dado que revela que nenhum dos membros considera o Conselho “extremamente relevante”, o que equivaleria às notas máximas (10 e 9). A partir da escala proposta, as notas foram organizadas da seguinte forma: “muito relevante” para as notas 8 e 7; “medianamente relevante”, para as notas 6 e 5; e “pouco relevante” para as notas 4 e 2. Assim, temos os seguintes resultados:

- a) a maior parte dos oito entrevistados que consideram o Conselho “muito relevante” justifica sua nota com críticas. Algumas das justificativas foram: “Dou essa nota pela sua importância no contexto político, mas o fórum não chega a ser determinante”; “Por ser um espaço integrador, passa por fases, mas é importante”; “É importante, mas deveria falar para a sociedade e não só para seus membros”; “É importante, mas a coordenação deve se empenhar mais na condução dos trabalhos”; “Permite a troca de ideias”; “Influencia a política”.
- b) As duas pessoas que o consideram medianamente relevante justificam a nota atribuída dizendo que já houve fase melhor, mas que, atualmente, o fórum pouco contribui para a política. Também mencionam a baixa relevância do Conselho.
- c) Os quatro que o consideram pouco relevante relacionam a nota à baixa eficácia; à falta de relevância; à influência nula atualmente; e ao fato de valer apenas por permitir o diálogo e o conhecimento de pontos de vista divergentes.

Das informações coletadas, depreende-se que tanto os procedimentos democráticos quanto a relevância do Conselho para a política não são satisfatórios para os entrevistados, mostrando ser necessário repensar suas práticas, pautas e relação com a política das águas de Portugal.

No caso do Brasil, dos 11 depoimentos, 6 consideram o CNRH como um espaço democrático, com algumas ressalvas, e 5 apresentam críticas. Para os primeiros seis entrevistados, ser democrático é constituir um fórum onde se discute, negocia e se articula; que dá acesso irrestrito à palavra e à exposição de posições divergentes; espaço da hidrodiplomacia; espaço de discussão e articulação. Mesmo considerando democrático, apresentam limites, como: “É democrático, mas apenas na teoria, pois não influencia a política” e “Há desequilíbrio entre esferas”.

As críticas dizem respeito às limitações impostas pelo governo (2022); que o poder está de fato no Congresso e que o CNRH não precisaria ser deliberativo; há capacidades assimétricas e o governo sobressai; há falha de acesso ao Conselho, exigindo ser

repensada a metodologia de escolha de representantes; não pode ser democrático sem haver paridade entre Estado e sociedade civil.

Com relação às notas sobre a relevância do Conselho frente à política hídrica, há uma variação entre 8,5 (oito e meio), como nota máxima, e 5 (cinco), como nota mínima. A partir da escala proposta, as notas foram organizadas da seguinte forma: “muito relevante” equivale às notas 8 e 7; “medianamente relevante”, às notas 6 e 5; e não houve nota para a categoria “pouco relevante”. Quatro entrevistados consideram o órgão muito relevante, mas suas notas não foram acompanhadas de comentários. Os demais sete consultados consideram o fórum medianamente relevante, justificando que: “Precisa ser aprimorado, valorizado como fórum para debater o Plano Nacional, mas não para todos os temas”; “Os conselheiros precisam se empenhar mais”; “Não está sendo efetivo e transpondo as discussões para a realidade”; e “Não coordena a política, o que seria sua missão”.

Os dois Conselhos foram avaliados num mesmo patamar de relevância para a política, e nos dois casos foram apresentadas críticas e ressalvas. Conforme apresentado ao longo deste item, ambos contam com mais de vinte anos de existência e, segundo os entrevistados, estão numa fase de declínio ou enfraquecimento. Tiveram seus momentos significativos na fase inicial de instalação e início da implementação da política hídrica, entre 1994 e 2006, no caso de Portugal, e entre 1998 e 2011, no caso do Brasil. Nessa fase, seus integrantes eram chamados a contribuir e foi notável a fase de amadurecimento com o desenvolvimento de seus instrumentos de gestão e no caso de Portugal com a adequação da política nacional à Diretiva Quadro da Água aprovada pela União Europeia.

Agora, sofrem as consequências de mudanças na estrutura de gestão. O declínio se inicia em Portugal com a crise econômica de 2008, e se aprofunda com a extinção do Instituto Nacional de Águas (INAG) e de todo um aparato que dava autonomia técnica à política, em 2013. Para o Brasil, o elemento principal de desestabilização foi o Decreto n. 10.000/2019 que reduziu significativamente a representação no Conselho e fragilizou a representação da sociedade civil, em particular.

Deve ser notado também que a concepção de espaço democrático é constituída de poucos elementos, uma vez que os aspectos da legitimidade, transparência, cooperação, inclusão e melhora da qualidade da decisão não foram mencionados.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar comparativamente os dois conselhos, a partir dos quatro elementos norteadores que estruturam a investigação, pode ser apreendida a existência de um ciclo de dinâmica da política semelhante. Uma vez que ambos passaram por momentos de amadurecimento, vitalidade e avanço, e agora, como se saíssem fora de um radar de

importância política e social, encontram-se enfraquecidos no que diz respeito a pautas e debates mobilizadores da sociedade. Ainda que graves problemas estejam afetando os dois países, como os ocorridos em 2022 - estiagem prolongada em Portugal, caracterizando-se como grave crise hídrica, e as inundações e deslizamentos ocorridos no verão no Brasil - esses temas não são levados aos Conselhos.

Ficou patente o choque sofrido pelo CNRH com relação à perda de representatividade, ou seja, de expressão dos interesses de esferas sociais devido à redução dos assentos sofrida pelo Conselho, notadamente para as vagas de sociedade civil organizada e usuários. O CNA, em Portugal, segundo seus integrantes, parece estar pleno quanto à representação da sociedade, e o choque institucional sofrido, quando da crise econômica com a extinção de órgãos, é ressentido por parte dos entrevistados, mas a política mostrou-se resiliente.

Com relação à definição de pautas tratadas nos Conselhos, as fontes de proposição são mais diversas no Brasil do que em Portugal. Porém há que se observar que a definição de pautas/agendas expressa a relação do Conselho com a política hídrica e com os objetivos que se quer atingir. Portanto, faz-se necessário passar por um processo de avaliação desses procedimentos tanto no Brasil como em Portugal, tornando as pautas mais estratégicas para o fortalecimento da política.

Com relação à contraposição dos poderes dos Conselhos, pelo caráter deliberativo ou consultivo, nos parece que a tomada de decisão não é o centro da questão, mas a adoção de mecanismos que envolvam os membros de um conselho e os façam sentirem-se parte do processo de construção de posições. Isto é: os membros representantes dos Conselhos não querem ser mais espectadores de uma decisão já tomada ou que será tomada em instância superior.

Os Conselhos foram considerados espaços democráticos, mas as observações dos entrevistados devem ser levadas em conta para seu aprimoramento. Sua relevância para a política será tanto maior quanto os problemas apontados acima forem superados. Por fim, relembra-se que essa pesquisa sofreu os reflexos de crises, notadamente em território brasileiro. As crises estão relacionadas à pandemia de Covid-19, que dificultou o acesso aos conselheiros brasileiros. Isto exigiu a espera de adequações das pessoas ao mundo virtual para romper as barreiras e conseguir contatos e entrevistas. O clima político também impactou o trabalho, na medida em que o governo, iniciado em 2019, foi responsável por medidas que se refletiram no CNRH, tanto na composição como na dinâmica processual.

## 6. OBSERVAÇÕES SOBRE AS CONJUNTURAS POLÍTICAS

No posfácio da tese, escrito no final de 2022, foi destacada a eleição do presidente Lula para seu terceiro mandato, a recepção carinhosa que teve do então Primeiro-Ministro

António Costa quando de sua visita a Lisboa, e havia muita expectativa de fortalecimento e renovação da política das águas.

Nessa mesma época a direita portuguesa, ganha espaço no comando do país após 9 anos de um regime socialista, e os cidadãos esclarecidos ficam com aquela sensação de insegurança, tendo o futuro do país nas mãos de um ator pouco expressivo.

Apesar da inversão de posições entre países, no que diz respeito à orientação de seus governos no espectro político-partidário, a paralisia das políticas de gestão de água e de seus Conselhos se mantém. No caso do Brasil as expectativas apresentadas relativas à ampliação da representação dos representantes da sociedade civil e usuários, fortalecimento da política com seu consequente retorno ao Ministério do Meio Ambiente ou mesmo a criação de um Ministério específico para a gestão das águas, foram frustradas. A agenda da água, da política de recursos hídricos não ganhou relevância no governo Lula, acabou por ser mantida no Ministério de Desenvolvimento Regional, ainda sob controle dos partidos de direita, como forma de composição do governo.

Da parte do CNA, desde 2018 suas reuniões e produtos vêm decrescendo. Em 2018 ocorreram 3 reuniões, em 2019 foram 2, em 2020 devido à pandemia nenhuma e nos 3 anos seguintes uma reunião ao ano. Na reunião de 2023 foi aprovado o Relatório que apresenta medidas sustentáveis para evitar a escassez hídrica em contexto de seca prolongada. Enfim, o desafio do fortalecimento das políticas de água dos dois países se mantém na agenda.

## REFERÊNCIAS

- ABERS, Rebecca. Interesses e ideias em políticas participativas: reflexões a partir de Comitês de Bacias Hidrográficas e os orçamentos participativos. *Sociedade e Estado*, Brasília, v. 18, n. 1-2., jan./dez. 2003.
- ABERS, Rebecca; KECK, Margaret. Representando a diversidade: estado, sociedade e “relações fecundas” nos conselhos gestores. *Caderno CRH Salvador*, v. 21, n. 52, p. 99-112, jan/abr. 2008.
- AGUDO, Pedro Arrojo. Punto de partida: el reto de integrar valores y principios ecológicos, sociales y éticos. In: ITUARTE, Leandro del Moral; AGUDO, Pedro Arrojo; GRAO, Tony Herrera. *El Agua: perspectiva ecosistémica y gestión integrada*. Zaragoza: Fundación Nueva Cultura del Agua, 2015.
- ALLAN, John Anthony. Integrated Water Resources Management is more a political than a technical challenge. In: *Water Resources Perspective: evaluation, management and policy*. Amsterdam: Elsevier Science, 2003.
- ALMEIDA, Carolina Corrêa de. Evolução histórica da proteção jurídica das águas no Brasil. *Revista Jus Navigandi*, ano 7, n. 60, 1º nov. 2002. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/3421>. Acesso em: 24 maio 2022.

- AVRITZER, Leonardo. Instituições participativas e desenho institucional: algumas considerações sobre a variação da participação no Brasil democrático. *Revista do Centro de Opinião Pública da Universidade de Campinas*, n. 1, v. 14, jun. 2008, p. 43-64.
- AVRITZER, Leonardo. Sociedade Civil, Instituições participativas e representação: da autorização à legitimidade da ação. *DADOS – Revista de Ciências Sociais*, Rio de Janeiro, v. 50, n. 3, pp. 443-464, 2007.
- BANCO MUNDIAL. Disponível em: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.CN?locations=PT>. Acesso em: 20 jun. 2022.
- BENJAMIN, Antônio Herman. Introdução ao Direito Ambiental Brasileiro. *Revista de Direito Ambiental*, v. 14, pp. 48-82, abr./jun. 1999.
- BOHMAN, James. “La madurez de la democracia deliberativa.” In: *Revista Co-herencia*, Medellín, v. 13, n. 24, pp. 105-143, jan./jun. 2016.
- BOESE, Vanessa *et. al.* Autocratization changing nature? Democracy Report 2022. *Varieties of Democracy Institute (V-Dem)/Universidade de Gotemburgo*, mar. 2022. Disponível em: [https://v-dem.net/media/publications/dr\\_2022.pdf](https://v-dem.net/media/publications/dr_2022.pdf). Acesso em: 24 maio 2022.
- BOHMAN, James; REHG, Willian (eds.). *Deliberative democracy: essays on reason and Politics*. Cambridge: The MIT Press, 1997.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.
- BRASIL. *Decreto n. 2.612/1988*. Regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos do Brasil.
- BRASIL. *Decreto n. 10.000, de 3 de setembro de 2019*. Dispõe sobre o Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
- BRASIL. *Lei n. 6938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
- BRASIL. *Lei n. 9433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1o da Lei n. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n. 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
- CARNEIRO, C. B. L. Conselhos de políticas públicas: desafios para sua institucionalização. *Revista Brasileira de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 36, n. 2, p. 277-292, mar./abr. 2002. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/6439>. Acesso em: 21 jan. 2022.
- CHAMBERS, Simone. Deliberative democratic theory. *Annual Review of Political Science*, v. 6, 2003, p. 307-326.
- COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL. Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo. *Recursos hídricos: histórico, gestão e planejamento*. São Paulo, 1995.

- COSTA *et al.* A legislação dos recursos hídricos em Portugal e no Brasil: uma análise histórica comparativa. *International Water Resources Association (IWRA)*, 24 set. 2011.
- CRESWELL, John W. *Projeto de Pesquisa: método qualitativo, quantitativo e misto*. São Paulo: Penso, 2010.
- CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. *Reuniões plenárias de 1998 a 2019*. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/reunioes-plenarias>. Acesso em: out. 2019.
- CONSELHO NACIONAL DA ÁGUA. *Os primeiros dez anos de vida do Conselho Nacional da Água: actas das reuniões plenárias 1994-2004*. Lisboa: CNA, 2005.
- COUNTRY METERS. Disponível em: <https://countrymeters.info/pt/Portugal>. Acesso em: 20 jun. 2022.
- FERNANDES, Tiago. Introdução: as origens Políticas da democracia na Europa do Sul (1968-2016): partidos, sociedade civil e coligações progressistas. In: *Varietades da democracia na Europa do Sul: 1968 a 2016*. Instituto de Ciências Sociais (ICS), Lisboa, 2017, p. 19-39)
- FUNG, Archon. Survey article: recipes for public sphere: eight institutional design choices and their consequences. *The journal of Political Philosophy*, v. 11, n. 3, 2003, p. 338-367.
- FUNG, Archon. Varieties of participation in Complex Governance. *Public Administration Review*. Special Issue: Collaborative Public Management, New Jersey, EUA, n. 66, p. 66-75, 2006. Disponível em: <http://www.archonfung.net/papers/FungVarietiesPAR.pdf>.
- FUNG, Archon; COHEN, Joshua. Democracia radical. *Política e Sociedade*, n. 11, pp. 221-237, out. 2007.
- GUIVANT, Julia S.; JACOBI, Pedro R. Da hidrotécnica a hidropolítica: novos rumos para a regulação e gestão dos riscos ambientais no Brasil. In: *Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas*, n. 43, jun. 2003.
- ITUARTE, Leandro del Moral; AGUDO, Pedro Arrojo; GRAO, Tony Herrera. *El Agua: perspectiva ecosistémica y gestión integrada*. Fundación Nueva Cultura da Água. Zaragoza, 2015.
- ITUARTE, Leandro del Moral. Integración de políticas sectoriales: agua y territorio. In: *Panel científico-técnico de seguimiento de la política de aguas*. Sevilha: FNCA, 2003.
- JACOBI, Pedro R. *Ampliação da cidadania e participação: desafios na democratização da relação poder público-sociedade civil no Brasil*. 1996. Tese (Livre docência) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1996. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/48/tde-25102005-105004/pt-br.php>. Acesso em: 20 jun. 2022.
- JANINE RIBEIRO, Renato. *A república*. 2. ed. São Paulo: Publifolha, 2008.
- JANINE RIBEIRO, Renato. *A democracia*. 2. ed. São Paulo: Publifolha, 2008.
- MAGALHÃES, Bruno Dias. A evolução dos modelos democráticos. Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração, 36, 2012, Rio de Janeiro. *Anais*. Rio de Janeiro.

- MANCINI, Rosa Maria. *20 anos de atuação dos conselhos nacionais de água do Brasil e Portugal*. 2019. Relatório de Qualificação para Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental) – Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, 2019.
- MANCINI, Rosa Maria; JACOBI, Pedro. Sustentabilidade ambiental e integração na política de recursos hídricos no Brasil: questões inseparáveis. *RBCIAMB*, v. 55, Universidade de Pernambuco, jul. 2020.
- MANCINI, Rosa Maria; SCHMIDT, Luisa. Conselho Nacional da Água: composição, inércias e dinâmicas. *XI Congresso Iberoamericano da Água*, set. 2020.
- MARIN, P. As duas canções que derrubaram o regime Salazar. *Revista Opera*, 25 abr. 2019. Acesso em: 20 jun. 2022
- MARTINS, Joaquim Poças; GODINHO, Francisco Nunes. CNA: 20 anos de história da água em Portugal. *CNA*, 2016. Disponível em: [http://conselhonacionaldaagua.weebly.com/uploads/1/3/8/6/13869103/livro\\_20\\_anos\\_cna\\_mar%C3%A7o\\_2016.pdf](http://conselhonacionaldaagua.weebly.com/uploads/1/3/8/6/13869103/livro_20_anos_cna_mar%C3%A7o_2016.pdf). Acesso em: jul. de 2017.
- MATIAS, A. Bacias hidrográficas do Brasil. *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/principais-bacias-hidrograficas-brasil.htm>. Acesso em: 20 jun. 2022.
- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. A ANA e o Saneamento Básico. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/a-ana-e-o-saneamento>. Acesso em: 20 jun. 2022.
- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Contexto institucional da agenda de recursos hídricos e revitalização de bacias hidrográficas. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/ultimas-noticias/337-contexto-institucional-da-agenda-da-agua-no-ambito-do-governo-federal>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2020.
- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. SINGREH. Brasília, 9 fev. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/cnrh/cnrh/sistema-nacional-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 20 jun. 2022.
- MOLLE, François. Nirvana concepts, narratives and policy models: insights from water sector. *Water Alternatives*, Montpellier, França, v. 1, p. 131-156, 2008.
- O'DONNELL, Guillermo. Democracia delegativa? *Novos Estudos CEBRAP*, n. 31, out. 1991, p. 24-40.
- PATEMAN, Carole. *Participação e teoria democrática*. São Paulo: Paz e Terra, 1992.
- PATO, João Howell. *O valor da água como bem público*. 2007. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Instituto de Ciências Sociais, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2007.
- PATO, João. Políticas públicas da água em Portugal: do paradigma hidráulico à modernidade tardia. *Análise Social*, n. 206, XLVIII (1º), p. 56-79, ICS Lisboa, 2013.

- PIRES, Alexandre Kalil Pires. Redesenho dos Conselhos de Governo: uma oportunidade para melhorar. *LinkedIn*, 18 abr. 2019. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/redese-nho-dos-conselhos-de-governo-uma-oportunidade-para-kalil-pires>. Acesso em: 20 jun. 2022.
- PORTUGAL. Decreto n. 84/2004. Altera o Decreto-Lei n. 45/94, de 22 de fevereiro, que criou o Conselho Nacional da Água (CNA) enquanto órgão consultivo do Governo de planeamento nacional no domínio da água em Portugal.
- PORTUGAL. Diário da República n. 219/2005. Lei n. 54/2005, de 15 nov. 2005. Estabelece a titularidade dos recursos hídricos. Disponível em: <https://dre.pt/dre/legislacao-consolidada/lei/2005-34543575>. Acesso em: 20 jun. 2022.
- PORTUGAL. Lei n. 58/2005, de 29 de dezembro de 2005. Aprova a Lei da Água, transpondo para a ordem jurídica nacional a Diretiva n. 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro, estabelecendo as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas em Portugal.
- PROGESTÃO. Repasse e aplicação de recursos Progestão. *Agência Nacional de Águas*, 4 abr. 2016. Disponível em: <https://progestao.ana.gov.br/progestao-1/acompanhamento-programa/repasse-de-recursos>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- QUERINO, Ana Carolina. *Mecanismos de participação social no cone sul: as experiências de Montevideu e de Porto Alegre*. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- RIBEIRO, Darcy. *O povo brasileiro*. São Paulo: Cia das Letras, 1995.
- SANTOS, Boaventura de Sousa; AVRITZER, Leonardo. Introdução: para ampliar o cânone democrático. In: SANTOS, Boaventura de Sousa. (Org.). *Democratizar a democracia: os caminhos da democracia participativa*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2009.
- SCHMIDT, Luisa. *Portugal: ambientes de mudança. Erros, mentiras e conquistas*. Lisboa: Temas Debates, 2016.
- SERENO, Amparo. *O regime jurídico das águas internacionais: o caso das regiões hidrográficas luso-espanholas*. 2012. Tese (Doutorado) – FCG, FCT Lisboa, 2012, p. 564-579.
- VIDAL, Tania; PEREIRA, Joana L.; GONÇALVES, Fernando J. M. Diretiva Quadro da Água: o instrumento legal para a avaliação da qualidade ecológica da água, em rios, na União Europeia. *CAPTAR: Ciência e ambiente para todos*, v. 10, 2021.



# Análise da governança do comitê Chapecó e Irani na gestão da Bacia do Uruguai em Santa Catarina

*Marina Dias Portella  
Wagner Costa Ribeiro*

## **Resumo**

A gestão dos recursos hídricos é necessária para garantir que a água seja conservada e possa ser utilizada pelas presentes e futuras gerações. No que diz respeito à gestão desses recursos compartilhados, faz-se necessários estudos e discussões em nível local sobre a governança e as políticas adotadas de cada Estado – e entre Estados – para serem identificadas relações de causa-efeito de forma mais direta. Isso porque as decisões tomadas localmente influenciam a disponibilidade hídrica para os demais Estados que a compartilham. O rio Uruguai, um dos principais afluentes da Bacia do Prata, se origina em Santa Catarina e corre para a Argentina e Uruguai, tendo grande potencial econômico, hídrico, energético e agroindustrial. O objetivo deste trabalho foi analisar a contribuição do Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas do Rio Chapecó, do Rio Irani e Bacias Contíguas na gestão dos recursos hídricos da Bacia do Uruguai no território catarinense e como se dá sua governança, através da revisão de literatura e análise documental, em especial das atas e demais documentos do Comitê. A análise revela um crescente engajamento do Comitê Chapecó e Irani na gestão integrada de recursos hídricos da Bacia do Uruguai. Esse compromisso se manifesta por meio da implementação de um Comitê Interestata-

dual do Rio Uruguai, bem como da participação ativa em Fóruns e Seminários Internacionais que envolvem diversos atores. O comitê demonstra uma notável evolução em suas atividades e governança, evidenciando maior organização, transparência na disseminação de informações, estabelecimento de planos de trabalho, incentivo à participação e colaborações com outras entidades, fóruns e comitês de bacias hidrográficas. Conclui-se que as atividades do Comitê Chapecó e Irani têm progredido consideravelmente em relação aos primeiros anos de sua criação, e grande parte desse avanço é atribuída à atuação das Entidades Executivas, um mecanismo criado pelo estado de Santa Catarina para apoiar as atividades dos comitês de bacia. Portanto, é possível afirmar que atualmente há uma tendência crescente à cooperação não apenas entre os comitês nacionais, mas também entre os países ribeirinhos. O presente capítulo é resultado de uma dissertação defendida no Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo (Procam/USP).

**Palavras-chave:** Gestão de Recursos Hídricos; Governança da Água; Bacia Hidrográfica Transfronteiriça; Bacia do Uruguai; Comitê Chapecó e Irani.

## 1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos e sua importância têm sido temas de discussão por anos, sendo abordados em diversas conferências internacionais que visam o futuro do meio ambiente e dos recursos naturais. A Conferência Mundial das Nações Unidas sobre Água e Meio Ambiente, realizada em Dublin em 1992 (ICWE, 1992), formulou dois princípios quanto à gestão dos recursos hídricos: 1. “A água doce é um recurso finito e vulnerável, essencial para sustentar a vida, o desenvolvimento e o meio ambiente” e; 2. “A água tem um valor econômico em todos os usos competitivos e deve ser reconhecida como um bem econômico”. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), a água é um elemento central do desenvolvimento sustentável nas dimensões ambiental, econômica e social, tornando-se crucial a sua gestão para a erradicação da pobreza, o crescimento econômico e a sustentabilidade ambiental.

Estudos recentes acerca da escassez de água trazem preocupações, tal como reportado no relatório “Rumo a um futuro com segurança hídrica e alimentar” da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2015), o qual indicava que a escassez da água afetava cerca de 40% da população mundial em 2015. Mais recentemente, a Unesco, em seu Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2023: parcerias e cooperação para a água (2023), alertou que o uso da água teve uma taxa de 1% de aumento ao ano nos últimos 40 anos e estima que este uso cresça a uma taxa semelhante até 2050, resultando em um aumento de 20 a 30% na demanda. Afirma-se ainda que este estresse hídrico deve ser impulsionado por diversos fatores, como a mudança do clima, o crescimento populacional, o desenvolvimento socioeconômico e a gestão inadequada dos recursos

naturais, podendo deixar dois terços da população mundial em escassez de água até 2050 (FAO, 2015; ONU 2018).

Mesmo abordando a preservação dos recursos naturais apenas em âmbito nacional, nos deparamos com um tópico de grande complexidade, permeado por conflitos de interesses entre diversos atores e objetivos divergentes. O assunto torna-se ainda mais complexo quando envolve recursos compartilhados entre diferentes territórios, uma vez que as águas não se limitam às fronteiras político-administrativas, como municípios, estados ou países. Neste último caso, são chamados de corpos d'água transfronteiriços que, segundo a ONU (2008), criam interdependência hidrológica, social e econômica entre os países envolvidos. Dessa maneira, o acesso e o uso da água estão diretamente relacionados ao território, uma vez que os recursos hídricos são distribuídos de forma desigual entre os distintos territórios que pertencem aos Estados (Souza *et al.*, 2014). A existência de diferentes finalidades competitivas, prioridades e usos distintos da água entre diferentes países podem acarretar conflitos, tanto pela rivalidade quanto porque diferentes usos podem produzir externalidades negativas (Bernauer, 1997). Segundo Barbosa e Ribeiro (2021), a governança e gestão dos recursos hídricos estão condicionadas às decisões de cada Estado. Assim, é importante compreender a gestão, governança e políticas públicas de cada Estado ribeirinho, uma vez que as decisões locais influenciam na disponibilidade hídrica, em qualidade ou quantidade, para os demais estados.

Visto isso, é fundamental que se estabeleça uma governança participativa e negociada nas bacias transfronteiriças, sendo importante instrumento de democratização e interação entre os entes públicos e privados e possibilitando a gestão integrada dos recursos hídricos, de forma a conservá-los para as presentes e futuras gerações. A governança torna-se, também, uma ferramenta eficiente na solução de tensões, disputas e conflitos pela água. De maneira geral, é visado que a gestão dos recursos hídricos se dê de forma conjunta e participativa, com criação de políticas públicas que tenham como objetivo conservar esses recursos através de leis, regulamentos e instituições. O planejamento das políticas públicas necessita de um modelo eficaz de interação entre os atores participantes.

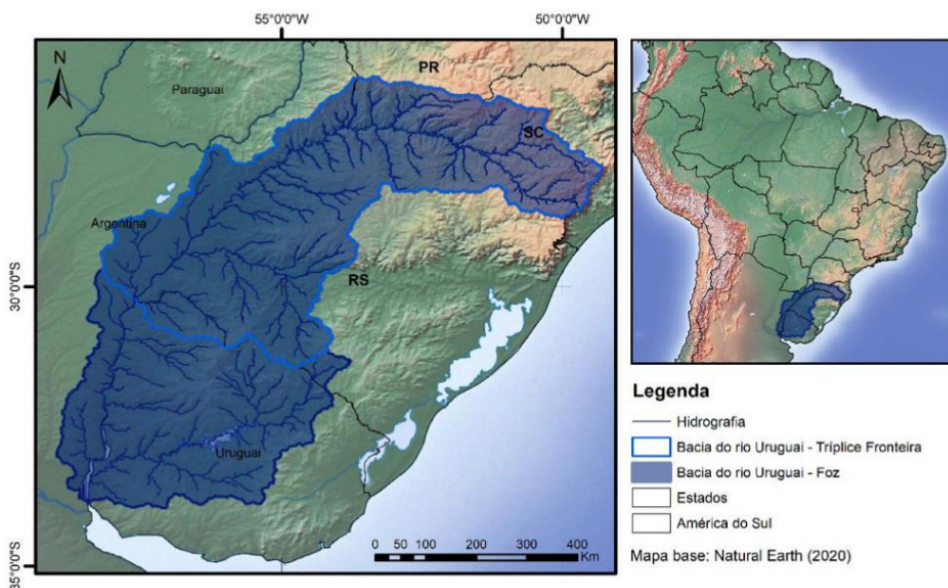
A Bacia Hidrográfica do Rio da Prata é a segunda maior bacia da América Latina e a oitava maior do mundo, com uma área em torno de três milhões de quilômetros quadrados. A bacia se estende por cinco países: Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai e Uruguai sendo seus principais afluentes os rios Paraná, Paraguai e Uruguai, os quais se originam no Brasil. O rio Uruguai nasce em Santa Catarina (SC) e marca a fronteira entre Brasil e Argentina e entre Brasil e Uruguai (Ribeiro, 2017; Caubet, 1991). A bacia do Uruguai possui grande importância para o sul do Brasil, Argentina e Uruguai, por suas atividades econômicas, potencial hídrico, atividades agroindustriais, poten-

cial energético, entre outros, fazendo-se necessário um estudo mais aprofundado e em nível local para serem identificadas relações de causa-efeito de forma mais direta.

Este estudo visou analisar como se dá a gestão e a governança das águas da Bacia Hidrográfica do Prata no território de Santa Catarina – a bacia do rio Uruguai – e, assim, verificar como se dá a participação e atuação dos comitês de bacia hidrográfica de Santa Catarina neste território. Para tal, utilizou-se de uma metodologia qualitativa de pesquisa bibliográfica e análise documental acerca das atividades do Comitê de Bacia Hidrográfica Chapecó e Irani à luz dos princípios da boa governança e também da existência de relação com os estados ribeirinhos.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

Como foco de estudo deste trabalho definiu-se a Bacia Hidrográfica do rio Uruguai, por ser uma bacia transfronteiriça por si só, mas que também integra a Bacia Hidrográfica do Rio da Prata, importante bacia transfronteiriça do Brasil e da América Latina. A bacia do Uruguai abrange três países, sendo o Brasil, Argentina e Uruguai. Já no Brasil abrange dois estados: Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS), com a nascente localizada em SC, tendo origem na confluência dos Rios Canoas e Pelotas e correndo para a Argentina e Uruguai, como pode ser visualizado na Figura 1.



**Figura 1** – Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai - tríplíce fronteira.

Fonte: Mattiuzi (2023).

Para que se possa realizar um estudo mais aprofundado, é importante realizar uma análise a nível local, para que sejam identificadas as relações de causa-efeito de forma

mais direta. Dessa maneira, optou-se por direcionar a pesquisa no território de Santa Catarina e, ainda, na área de atuação dos CBH dos Rios Chapecó e Irani, importante bacia catarinense inserida na bacia do Uruguai. O centro do estudo passa a ser a Região Hidrográfica 2 (RH2) da divisão hidrográfica regional, ilustrada na Figura 2, o que restringe a área de estudo para a realização das análises.

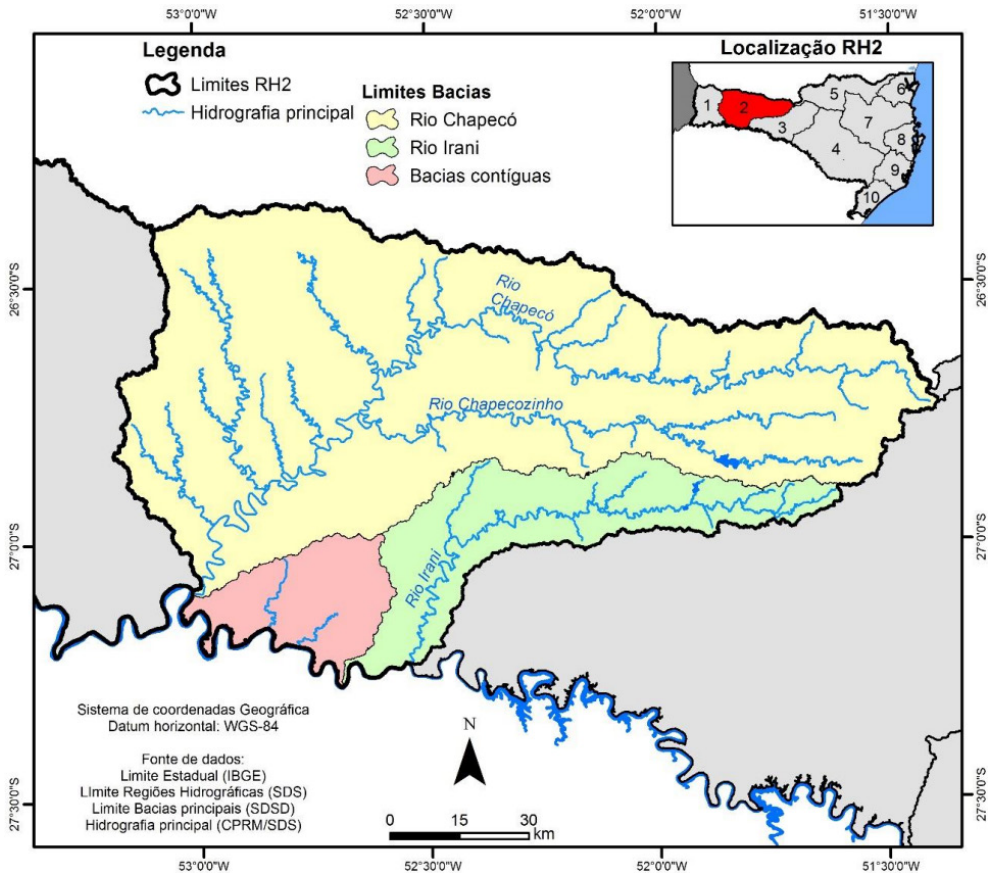


Figura 2 – Localização Região Hidrográfica 2.

Fonte: Perh (2017).

### 3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi adotada uma abordagem qualitativa, com metodologia de análise bibliográfica e documental.

A pesquisa bibliográfica foi conduzida por meio do método de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), com a realização de buscas utilizando diferentes combinações de palavras-chave, tais como: “bacias hidrográficas transfronteiriças”, “governança da água”, “gestão de recursos hídricos”, “bacia do Uruguai” e “Comitês de Bacia Hidrográfica”,

entre outras, em plataformas como Google Acadêmico, ScienceDirect e Scopus. Como resultado, foram identificados diversos artigos, teses, dissertações, monografias e livros que contribuíram para a construção do referencial teórico, embora não tenha sido registrado o número total de documentos recuperados (número global) ao longo de todo o período da pesquisa. Os critérios de filtro aplicados restringiram-se ao tipo de documento – artigos científicos, trabalhos acadêmicos e livros – e ao idioma, sendo considerados apenas estudos publicados em português, inglês e espanhol. A pertinência temática foi avaliada com base na leitura dos títulos e resumos dos materiais encontrados.

A análise documental, a respeito da atividade do CBH Chapecó e Irani, foi realizada através de um levantamento de documentos a respeito dos comitês de bacia hidrográfica integrantes da Bacia do Uruguai. Obteve-se, então, documentos como: documentos oficiais, leis, atas, planos, programas, projetos, diagnósticos, artigos, relatórios, entre outros. Mas, principalmente, foram acessados os portais oficiais nos quais foram encontrados os documentos oficiais como as atas, planos, programas, tais quais já foram citados.

Para a análise de dados, realizou-se inicialmente uma pré-análise com o objetivo de realizar uma triagem e possibilitar a categorização do material. Em seguida, os dados foram organizados em uma planilha Excel, de modo a permitir o monitoramento das quantidades, da natureza e da relevância dos documentos. Posteriormente, foram realizadas as leituras dos documentos, com a transcrição das partes de interesse.

Para a análise propriamente dita do conteúdo dos dados levantados, foram elaboradas algumas questões orientadoras para a leitura e obtenção de informações mais importantes. Tais questões foram baseadas em trabalhos similares na área, bem como nos princípios da boa governança, que podem variar conforme o autor. Assim, o Quadro 1 apresenta um resumo dos princípios considerados indispensáveis para uma boa governança hídrica, conforme diferentes autores relevantes da área. A partir de então é possível realizar uma pesquisa detalhada e sistemática para compreender como os documentos refletem os princípios, processos e práticas de uma governança hídrica mais eficiente.

Por fim, para auxiliar na integração e interpretação dos dados, foi utilizada a ferramenta Atlas.ti para a melhor identificação de padrões e tendências.

**Quadro 1** – Resumo dos princípios básicos da boa governança

Rogers e Hall (2003)	Solanes e Jouravlev (2006)	Ribeiro (2009)	Tundisi (2016)
Aberta e transparente	Transparente	Transparência	Participação social
Inclusiva e comunicativa	Aberta	Participação	Tecnologia p/ infraestrutura

Coerente e integrativa	Participativa	Capacidade de resposta	Sistema de informação
Equitativa e ética	Informativa	Responsabilidade	Financiamento
Responsável	Coerente	Previsibilidade	Articulação de instituições
Eficiente	Integrada		
Responsiva e sustentável	Equitativa		
	Ética		
	Responsável		
	Sustentável		
	Eficiente		
	Baseada no incentivo		

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

#### 4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

No total foram analisadas 61 atas de reuniões entre Assembleias Gerais Ordinárias (AGOs), Assembleias Gerais Extraordinárias (AGEs), reuniões da Diretoria do Comitê, da Comissão Consultiva e reuniões das Câmaras Técnicas para Gestão de Crise Hídrica na RH2 (CT Crise Hídrica) e do Pró-Comitê do Rio Uruguai (CT Uruguai). As reuniões datam desde o primeiro ano de existência do comitê – em 2011 – até 2023, computando 13 anos de registros. Além das atas, existem diversos outros arquivos de interesse para serem avaliados a fim de rastrear as atividades do Comitê Chapecó/Irani, como deliberações, editais, moções, decretos, resoluções, publicações e relatórios, resultando na análise de mais de 130 documentos para a realização do presente trabalho.

Como mencionado anteriormente, a leitura dos documentos teve como objetivo obter informações mais precisas sobre a atuação do CBH Chapecó e Irani, com base em questões previamente definidas, que deveriam ser identificadas e, idealmente, respondidas ao longo da análise. As questões foram organizadas em dois blocos: **Bloco 1** – Relacionado à atuação do Comitê Chapecó/Irani em relação aos territórios ribeirinhos que compartilham a Bacia do Uruguai (Quadro 02); **Bloco 2** – Relativo aos princípios da governança (Quadro 03).

---

**Quadro 2 – Questões orientadoras Bloco 1**

---

- Há colaboração entre as partes, participação dos diferentes atores, comitês catarinenses e os países ribeirinhos?
  - Há menção sobre os países e/ou representantes de Uruguai e Argentina?
  - Quais as atividades realizadas pelo comitê em relação à bacia transfronteiriça?
  - Existe cooperação ou conflito entre as partes? De que forma?
- 

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

---

**Quadro 3 – Questões orientadoras Bloco 2**

---

**Participação e inclusão:**

- Quem são os participantes ativos (entidades, prefeituras, entre outros)? Qual o papel deles na tomada de decisões?
- A participação ampla da sociedade é estimulada? Quais mecanismos estão disponíveis para que o público participe? Como participam?

**Colaboração e cooperação:**

- Como as atas refletem a cooperação entre diferentes partes interessadas?
- Há colaboração entre diferentes comitês, relações com Fórum Estadual, entre outras colaborações intersetoriais?
- Existem parcerias com outras entidades ou órgãos?
- Há evidências/exemplos de cooperação entre diferentes atores? Ou de dificuldades/conflitos e suas resoluções?

**Abertura e transparência:**

- Como as informações/decisões são comunicadas aos membros?
- As decisões políticas e as transações financeiras são comunicadas? Como?
- Há relatórios de progresso e prestação de contas?
- Os documentos são facilmente acessíveis? A linguagem utilizada é acessível?

**Equidade:**

- Os interesses de diferentes grupos são considerados? Há esforços para garantir a representação diversificada?
  - Existem discussões a respeito da equidade no acesso à água?
  - As preocupações socioeconômicas são consideradas nas atas?
-

---

Responsabilidade (accountability):

- Os atores têm seu papel e responsabilidades claros?
- Como são definidas e monitoradas as responsabilidades?

Tomada de decisões:

- Ocorre amplo processo de articulação e negociação e as decisões políticas são subsidiadas por estudos de natureza técnica?
- Como as decisões são tomadas? É um processo participativo ou centralizado?
- Como elas são documentadas nas atas?
- Quem toma essas decisões? Quem são os atores que essas decisões pretendem beneficiar? Quais mecanismos de controle democrático existem para monitorar os tomadores de decisão e implementadores da política hídrica?

Planejamento e metas:

- Existe a elaboração de planos de ações, projetos, planejamento estratégico e o estabelecimento de metas claras?
- Como os planos são elaborados? Quais metas são estabelecidas? Há alinhamento com objetivos maiores?

Desafios, oportunidades, inovação e adaptação:

- Quais são os desafios que o comitê enfrenta mais frequentes abordados nas reuniões?
- Existem exemplos de inovação na abordagem de gestão? Como os desafios são abordados? Buscam soluções novas/inovadoras?
- Existem discussões a respeito da melhora na gestão e governança?
- Utilização de tecnologias para melhorar a infraestrutura local?

Conhecimento científico:

- Como o conhecimento científico é incorporado nas discussões? O quanto é levado em consideração?
- Existe a avaliação de impactos ambientais, qualidade da água, elaboração de estudos e etc?

Capacidade de resposta e sustentabilidade:

- Como a sustentabilidade é discutida? Quais medidas são propostas para garantir acesso à água, saneamento e saúde a longo prazo?
- Leva-se em consideração os impactos para o futuro?
- Absorve-se conhecimento com experiências passadas?

#### 4.1 Bacia Hidrográfica Transfronteiriça do Uruguai

A respeito do envolvimento do Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas do Rio Chapecó, do Rio Irani e das Bacias Contíguas na gestão integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai enquanto bacia compartilhada, é possível verificar algumas atividades direcionadas nesse sentido. Uma delas é a intenção de criação de um Comitê da Bacia do Rio Uruguai para gerenciamento integrado dos recursos hídricos dessa bacia em território brasileiro. Seria um comitê interestadual entre os estados de SC e RS, cuja criação vem sendo discutida desde 2007, mas que ainda não foi efetuada. Suas atividades envolvem a formação de uma Câmara Técnica Permanente Pró-Comitê Rio Uruguai, busca por consultoria para planejamento de usos da água, troca de informações com outros comitês e colaboração com órgãos gestores.

Outra atividade que foi identificada quanto à gestão integrada da Bacia do Uruguai, foi o processo de união dos Comitês do Oeste, iniciado em 2016, correspondendo à união dos comitês de bacia hidrográfica que atuam na região Oeste de Santa Catarina, a fim de facilitar seus gerenciamentos e a obtenção de recursos financeiros por meio de uma única entidade executiva. Os Comitês do Oeste são o CBH Antas e Peperi-Guaçu, Chapecó e Irani, Jacutinga e do Peixe, os quais estão inseridos na bacia do Uruguai, juntamente com o CBH Canoas e Pelotas - que por sua vez não está localizado na região oeste. Em 2023, formou-se, oficialmente, o Grupo Oeste/Uruguai ou Bacias da Vertente do Rio Uruguai, sob administração de uma única entidade executiva.

Além disso, o CBH Chapecó e Irani também participa ativamente de fóruns e simpósios internacionais envolvendo os estados ribeirinhos. Como é o caso da participação no Fórum Permanente do Rio Uruguai e Aquífero Guaraní (*Foro Permanente de Conservación y Uso Racional del Río Uruguay y Acuífero Guaraní*), que visa discutir políticas que possam ser integradas entre os países membros (Argentina, Brasil, Chile, Paraguai, Uruguai e Venezuela) em diversas vertentes como: educação, meio ambiente e saúde pública. A partir deste fórum foi criado também o "Observatório da Qualidade da Água do Rio Uruguai e Aquíferos Relacionados", o qual visa desenvolver estudos, disseminar e unificar informações a respeito das águas do Rio Uruguai.

O CBH Chapecó e Irani também participou do Simpósio Internacional do Rio Uruguai em 2022, o qual reuniu representantes – entre autoridades, gestores e integrantes dos comitês de bacias – dos 03 países que compartilham esse rio. O Simpósio foi uma iniciativa do Governo de Santa Catarina, por meio da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e Sustentável (SDE) e da Secretaria Executiva de Meio Ambiente (SEMA), além do Fórum Permanente de Conservação e Uso Racional do Rio Uruguai e Aquífero Guaraní e da Assembleia Legislativa de Santa Catarina. O

encontro teve o objetivo de fortalecer a integração entre os países em prol da conservação e uso sustentável da Bacia do Uruguai e reafirmar os compromissos da Carta de Itá (Santa Catarina, 2022). Ainda, foi reafirmado o compromisso de elaborar um plano internacional para a bacia, incentivar o funcionamento da Plataforma do Observatório da Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai e o fortalecimento dos comitês catarinenses.

#### 4.2 Governança do Comitê Chapecó e Irani

Neste trabalho foi também realizada uma avaliação da governança no Comitê de bacias hidrográficas Chapecó e Irani, a partir da leitura das atas e outros documentos do comitê, à luz dos princípios básicos que levam a uma governança mais eficaz. Assim, através das discussões pautadas, foi possível tirar algumas conclusões a respeito de itens como a participação, o planejamento, a colaboração e a cooperação.

O Comitê Chapecó e Irani demonstrou um compromisso inicial com a elaboração de um plano de bacia, um instrumento fundamental para a gestão dos recursos hídricos, sendo um dos primeiros elaborados em Santa Catarina. No entanto, persistem desafios relacionados à atualização desse plano e à falta de um plano para a Bacia do rio Irani, uma vez que só existe plano para a Bacia do Rio Chapecó. Essa lacuna representa uma fragilidade na governança, uma vez que o plano é essencial para o planejamento e a gestão sustentável dos recursos hídricos. Isto pode se dar por falta de recursos financeiros e a articulação com o órgão gestor do estado, entre outros.

Quanto à participação e inclusão, o CBH abordou a necessidade de aumentar a participação efetiva de todos os membros, bem como a qualidade em detrimento da quantidade de membros. Além de também reconhecer a baixa aderência dos usuários e sociedade civil nas atividades realizadas pelo comitê. A reorganização das cadeiras para entidades-membro e a implementação de Planos de Comunicação e Mobilização Social são passos importantes para promover uma maior participação e inclusão da sociedade civil nas atividades do comitê. Isso contribui para uma governança mais democrática e aberta.

Também demonstrou esforços significativos no que diz respeito à colaboração e cooperação com outras entidades, instituições, órgãos e comitês. Isto inclui a formação do grupo Oeste, parcerias com a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDE), participação em fóruns como o Fórum Catarinense de Comitês de Bacia Hidrográfica (FCCBH), do Encontro Nacional dos Comitês de Bacias Hidrográficas (ENCOB) e entre outras atividades de colaboração do comitê já mencionadas. Essa colaboração é fundamental para a gestão integrada das águas e fortalece a governança regional, além de construir uma rede de informações entre o público da bacia, instituições, prefeituras, governo estadual e federal, entre outros.

Por fim, outro ponto avaliado quanto a governança do CBH Chapecó e Irani foi a respeito do seu planejamento e metas, tomada de decisões e transparência. Concluiu-se que, inicialmente, o comitê demorou a se estruturar e, assim, demorou também a se organizar, planejar, captar recursos, elaborar atas e planos. A partir da atuação da Entidade Executiva, em 2019, o comitê passa a ter maior planejamento, comunicação e mobilização social, captação de recursos, organização de eventos e organização interna. Assim, é possível perceber uma crescente melhora nesse quesito em busca de uma governança mais efetiva.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise revela um crescente engajamento do Comitê Chapecó e Irani na promoção da gestão integrada de recursos hídricos da Bacia do Uruguai. Esse compromisso tem maior ênfase na cooperação nacional, entre os comitês de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, por meio da intenção de implementação de um Comitê Interestadual do Rio Uruguai. Mas também se manifesta pela participação ativa em discussões internacionais, como fóruns e simpósios com múltiplos atores, mostrando um interesse em questões que envolvem os países vizinhos e uma colaboração crescente entre eles. Algumas das atividades exercidas pelo comitê em busca da colaboração e desenvolvimento da gestão na bacia do Uruguai, são:

- Criação do Grupo das vertentes do Uruguai/Grupo Oeste de Santa Catarina, de modo a facilitar as atividades e captação de recursos;
- Esforços para criação do Comitê do Rio Uruguai em conjunto com os comitês de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, inseridos na bacia do Uruguai;
- Participação no Fórum Permanente do Rio Uruguai e Aquífero Guarani;
- Participação Simpósio Internacional do Rio Uruguai.

No entanto, não foram encontradas informações detalhadas sobre a cooperação direta com representantes do Uruguai, da Argentina e do comitê catarinense.

Como mencionado, o comitê passou por desafios iniciais relacionados à falta de estrutura e recursos, apresentando também muitas discontinuidades em suas atividades, o que atrasa a evolução das suas atividades. No entanto, ao longo do tempo, houve melhorias na estruturação do comitê, especialmente a partir da atuação da Entidade Executiva, incluindo a elaboração de planos de trabalho, capacitação e comunicação mais eficazes. Assim, o comitê demonstra uma notável evolução em suas atividades e governança, evidenciando maior organização, transparência na disseminação de informações, estabelecimento de planos de trabalho, incentivo à participação e colaborações com outras entidades, fóruns e comitês de bacias hidrográficas.

Conclui-se que as atividades do Comitê Chapecó e Irani têm progredido consideravelmente em relação aos primeiros anos de sua criação, e grande parte desse avanço é atribuída à atuação das Entidades Executivas, um mecanismo criado pelo estado de Santa Catarina para apoiar as atividades dos comitês de bacia. Portanto, é possível afirmar que atualmente há uma tendência crescente à cooperação não apenas entre os comitês nacionais, mas também entre os países ribeirinhos.

No entanto, é importante observar que ainda existem desafios, como a atualização do plano de bacia e a necessidade de aumentar a participação ativa dos membros, assim como de uma articulação mais efetiva com o governo do Estado para que se possa dar continuidade aos trabalhos propostos. A governança eficaz em comitês de bacia hidrográfica é crucial para garantir a gestão sustentável dos recursos hídricos e a satisfação das necessidades da comunidade. Portanto, é fundamental que o comitê continue a trabalhar na melhoria de sua governança, visando uma gestão mais eficiente e inclusiva da bacia hidrográfica Chapecó e Irani.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, Flavia Darre; RIBEIRO, Wagner Costa. A política da água transfronteiriça no Brasil e a região hidrográfica do Paraguai. XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2021, Belo Horizonte. Congresso. Belo Horizonte: ABRHidro, 2021.
- BERNAUER, T. Managing international rivers. In: YONG, O. (ed.). *Global governance: drawing insights from the environmental experience*. London: MIT Press, 1997.
- CAUBET, Christian Guy. *As grandes manobras de Itaipu: energia, diplomacia e direito na bacia do Prata*. São Paulo: Acadêmica, 1991. 385 p.
- INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER AND THE ENVIRONMENT (ICWE). *Development issues for the 21st century*. Dublin, 1992.
- MATTIUZI, Camila Dalla Porta. *Relatório de operação do Sistema de Alerta Hidrológico da bacia do Rio Uruguai*. 2023. Camila Dalla Porta Mattiuzi, Artur José Soares Matos. Porto Alegre: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2023.
- ONU. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). *Relatório: rumo a um futuro com segurança hídrica e alimentar*. 2015.
- ONU. *Relatório do Fórum Mundial da Água*. 2018.
- RIBEIRO, Wagner Costa. Shared use of transboundary water resources in la Plata river basin: utopia or reality? *Ambiente e Sociedade*, Campinas, v. 20, n. 3, p. 257-270, set. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOCEX0005V2032017>. Acesso em: abr. 2024.
- RIBEIRO, Wagner Costa. Impasses da governança da água no Brasil. In: RIBEIRO, W. (Org.). *Governança da água no Brasil: uma visão interdisciplinar*. São Paulo: Annablume/Fapesp/CNPq, 2009, pp. 111-133.

- ROGERS, P.; HALL, A. W. Effective water governance. In: GLOBAL WATER PARTNERSHIP TECHNICAL COMMITTEE (TEC). TEC Background Papers. Stockholm, Sweden: Global Water Partnership, 2003. p. 2-44.
- SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Comunicação - Secom. Países do Mercosul, entidades, gestores e secretários assinam carta de Itá e reafirmam compromisso com o Rio Uruguai. 2022. Disponível em: <https://estado.sc.gov.br/noticias/paises-do-mercosul-entidades-gestores-e-secretarios-assinam-carta-de-ita-e-reafirmam-compromisso-com-o-rio-uruguai/>. Acesso em: abr. 2024.
- SANTA CATARINA (ESTADO). Secretaria do Estado do Desenvolvimento Econômico e Sustentável (SDS). *Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (PERH/SC)*. Florianópolis, 2017.
- SOLANES, Miguel; JOURAVLEV, Andrei. Water Governance for development and sustainability. *Serie Recursos Naturales e Infraestructura*, Santiago, CEPAL, nº111, 84 p., 2006.
- SOUZA, Matilde de; VELOSO, Franciely Torrente; SANTOS, Leticia Britto dos; CAEIRO, Rebeca Bernardo da Silva. Governança de recursos comuns: bacias hidrográficas transfronteiriças. *Revista Brasileira de Política Internacional*, p. 152-175, dez. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-7329201400309>. Acesso em: abr. 2024.
- TUNDISI, José Galizia. Governança da água. *Revista da Universidade Federal de Minas Gerais*, 2016, 222-235. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.35699/2316-770x.2013.2698>. Acesso em: abr. 2024.
- UNESCO. *Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2023: parcerias e cooperação para a água; resumo executivo*. Disponível em: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384657\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384657_por). Acesso em: abr. 2024.
- UN-WATER, 2008. *Transboundary waters: sharing benefits, sharing responsibilities*. Disponível: [https://www.unwater.org/app/uploads/2017/05/UNW\\_TRANSBOUNDARY.pdf](https://www.unwater.org/app/uploads/2017/05/UNW_TRANSBOUNDARY.pdf). Acesso em: abr. 2024.

# Injustiça hídrica na gestão da crise de abastecimento no município de São Paulo de 2014 a 2016

*Vanessa Victor da Cruz de Souza  
Ana Paula Fracalanza  
Pedro Luiz Côrtes*

## **Resumo**

Períodos de escassez hídrica demandam uma gestão sustentável da água para garantir o acesso a todos os grupos populacionais em condições adequadas. A crise de abastecimento enfrentada na região metropolitana de São Paulo em 2014 revelou, além dos conflitos pela água, os riscos a que as populações socioambientalmente vulneráveis estão expostas quando há um período de diminuição de água para abastecimento. Este artigo é resultado de Tese de Doutorado que teve como objetivo principal analisar como o processo de gestão da água na cidade de São Paulo gerou situações de injustiça hídrica durante o período da crise de abastecimento. Trata-se de um estudo de caso com análise estatística de dados coletados por meio de questionários. Os dados quantitativos foram processados através do software IBM SPSS e os resultados foram apresentados em forma de gráficos. Enquanto os dados qualitativos foram apresentados em análise de similitude e nuvem de palavras elaboradas a partir do tratamento de dados no software Iramuteq. Os resultados da pesquisa permitiram, à luz do cotejamento entre os dados obtidos, observar a injustiça hídrica na gestão da crise de abastecimento de água na cidade de São Paulo no período de 2014 a

2016, caracterizada pela desigualdade de acesso à água tanto em quantidade quanto em qualidade por populações em diferentes situações de vulnerabilidade socioambiental.

**Palavras-chave:** Injustiça Hídrica; Vulnerabilidade Socioambiental; Abastecimento de Água; Região Metropolitana de São Paulo.

## 1. INTRODUÇÃO

Em uma situação de escassez, é possível analisar que a indisponibilidade hídrica poderia estar associada mais fortemente à atenção aos interesses sociopolíticos e econômicos, resultando muito mais em uma “escassez político-econômica da água” do que em uma escassez física do recurso (Tadeu; Sinisgalli, 2019). A escassez contribui para os efeitos negativos no meio ambiente, além de conflitos pelo uso da água, que tendem a comprometer as perspectivas econômicas, sociais e ambientais dos atores envolvidos (Dadmand *et al.*, 2020).

Em períodos de escassez, o acesso à água por populações socioeconomicamente distintas ocorre de forma desigual, tanto em quantidade quanto em qualidade (Swynghedouw; Boelens, 2018). A parcela da população que ocupa, especialmente os espaços urbanos mais nobres, tem maior tendência a ter mais segurança hídrica do que outras evidenciando quadros de injustiça hídrica. Para López (2019), a priorização dos direitos da população de mais alta renda na obtenção de água nessas circunstâncias se torna uma questão de poder político.

Quando pessoas não podem pagar pela água para atender suas necessidades básicas por razões de pobreza, emergência ou circunstâncias, é responsabilidade de comunidades locais e governos locais ou nacionais fornecerem água por meio de subsídios ou de direitos absolutos (Gleick, 1998). O acesso à água não é uma mera escolha sobre alocação de recursos naturais, mas uma decisão de manutenção da vida em condições adequadas.

Do final de 2014 ao início de 2016, o cenário hídrico da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) passou a apresentar proporções alarmantes com a escassez de chuvas, quando se registrou um longo período de estiagem (Neto, 2016; Ribeiro; Buckeridge, 2018). É importante salientar que essa região apresenta elevadas demandas por água, especialmente pela concentração populacional e alta carga de poluição em razão de efluentes domésticos e industriais lançados nos cursos d’água.

Diante deste cenário, em 2014 a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) iniciou uma série de ações denominadas “Ações de Contingência para Redução de Vazões” (Sabesp, 2015). Com o propósito de aumentar a disponibilidade hídrica e reduzir os impactos da crise. No entanto, ao longo de 2014 a 2016, a imprensa veiculou notícias sobre a falta de água que afetava algumas regiões da cidade

de São Paulo. É importante ressaltar que, em algumas residências, faltava água por dias (Albuquerque, 2015; Moreira, 2014).

Este artigo resulta de uma Tese de Doutorado defendida em 2023, que analisou como a gestão da água em São Paulo gerou injustiças hídricas durante a crise de abastecimento (2014–2016), evidenciadas pela desigualdade na quantidade e qualidade da água fornecida a populações socioambientalmente vulneráveis.

## 2. METODOLOGIA

Este trabalho utilizou o estudo de caso como método de pesquisa, com base em três fontes de dados: dados primários, levantamento jornalístico e duas pesquisas por amostragem. As reportagens foram coletadas nos acervos digitais gratuitos dos jornais O Estado de São Paulo, Folha de São Paulo e Agora São Paulo.

Os grupos de palavras-chave para a realização da pesquisa jornalística e as respectivas quantidades de reportagens encontradas foram: i. “falta água São Paulo” (17), ii. “sem água São Paulo” (8), iii. “acionamento água bairros” (10), iv. “rodízio Sabesp” (6), totalizando 41 reportagens. Também foi considerado para essa pesquisa um artigo sobre o tema publicado na revista *Exame*, em 2014. A busca foi feita utilizando as palavras-chave: “pobres; ricos; sem água; São Paulo”.

As duas pesquisas por amostragem foram realizadas pelo Instituto Datafolha: “Crise Hídrica em São Paulo”, de 29/10/2015, e “Termômetro Paulistano Crise da água em São Paulo”, de 17/10/2014. Ambas realizadas pela Gerência de Pesquisas de Opinião do Instituto Datafolha. O universo dessas pesquisas foi composto por eleitores com mais de 16 anos, residentes na cidade de São Paulo, com levantamentos por amostragem estratificada por sexo, idade e sorteio aleatório dos entrevistados (Datafolha, 2015; 2014).

Os dados primários foram levantados a partir da aplicação de questionários. Para tanto, partiu-se do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS), utilizado para caracterização da vulnerabilidade socioambiental e definição das áreas de estudo. Elaborado pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (Seade), o IPVS apresenta os grupos de vulnerabilidade em todos os distritos do município de São Paulo. O índice usado tem dois pressupostos basilares: o primeiro são as inúmeras dimensões da pobreza para caracterizar a vulnerabilidade social, o segundo é que os espaços urbanos paulistas são marcados pela segregação social (Seade, 2013).

A seleção dos distritos em que os questionários foram aplicados resultou da análise conjunta do IPVS e das áreas de abrangência de cada sistema de abastecimento, do município de São Paulo. Assim sendo, foram selecionados, em cada um dos três sistemas, dois distritos, um com maior e outro com menor, consoante o IPVS-2010. Os dois distritos selecionados em cada um dos sistemas são descritos na Figura 1.

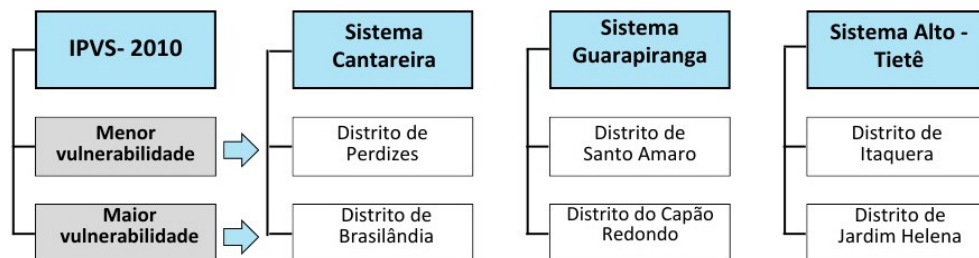


Figura 1 – Distritos analisados por sistema de abastecimento.

Fonte: Souza (2023).

Em cada distrito, foram aplicados cinquenta questionários, totalizando 300. A aplicação ocorreu do dia 01/09/2022 ao 22/10/2022, os quais foram impressos e as respostas dos participantes foram preenchidas manualmente. Os dados obtidos foram tabulados usando o Google Planilhas, ao qual somente os desenvolvedores da pesquisa tiveram acesso para análises e estudos.

Os dados quantitativos foram tratados no programa IBM SPSS com o uso de estatística descritiva, com resultados apresentados em gráficos. Os dados qualitativos foram tratados no *software* Iramuteq, que trabalha em interface com o programa R, que realiza a ocorrência das palavras através do teste estatístico do qui-quadrado.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados permitiu observar que a falta de água durante o período da crise (2014-2016) ocorreu nos seis distritos. Todavia, segundo os respondentes, os distritos de Brasilândia, com 70%, Capão Redondo, com 86%, Itaquera, com 70%, e Jardim Helena, com 70%, foram os que apresentaram maior porcentagem de respostas positivas à falta de água no período. Enquanto, os distritos de Perdizes, com 26%, e Santo Amaro, com 58%, foram os que registraram maior percentual de respostas negativas, conforme Figura 2. De acordo com os respondentes, os distritos com maior vulnerabilidade, dentro dos três sistemas de abastecimento, também apresentaram maior número de respostas para falta de água.

A pesquisa “Termômetro Paulistano” (Datafolha, 2014) revelou que, entre os mais pobres, com renda familiar mensal de até 5 salários mínimos, 41% tiveram interrupção do fornecimento de água em casa por cinco dias ou mais durante os dias imediatamente anteriores aos analisados pela pesquisa, que foi realizada no ano de 2014. Na parcela da população com rendimento intermediário, de 5 a 10 salários mínimos, o índice cai para 36% e fica em 20% entre os mais ricos, com renda familiar superior a 10 salários mínimos.

As informações sobre a falta de água indicavam que os mais vulneráveis, moradores da periferia, eram muito mais atingidos pelo racionamento do que os ricos (Lobel;

Geraque, 2015; Arcoverde, 2015). Segundo o Datafolha (2015), entre os mais pobres, 58% declararam terem sofrido com o problema da falta de água no mês anterior à realização da pesquisa, em 2015. Como afirma Neira (2015), houve escolas e creches públicas que precisaram suspender as aulas, pois não tinham água para que os alunos lavassem as mãos e utilizassem os sanitários. Estes dados demonstram como a falta de água tem maior impacto para a população mais pobre.

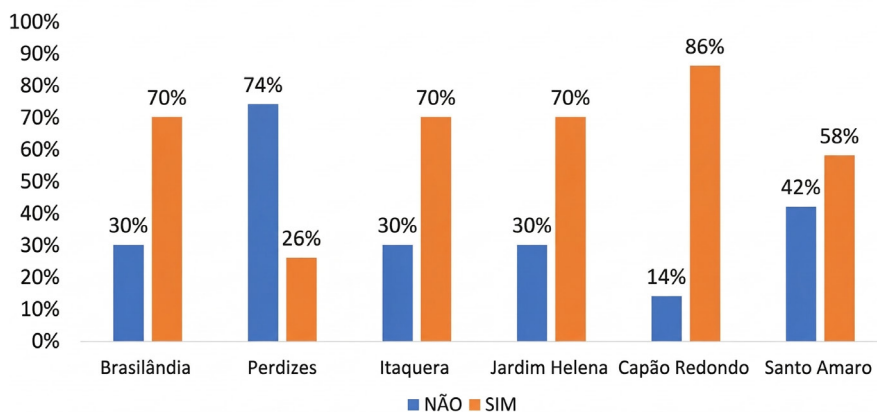


Figura 2 – Gráfico falta de água durante o período da crise (2014-2016), com % de respondentes.

Fonte: Souza (2023).

O gráfico apresentado na Figura 3 resultou das respostas sobre a frequência de falta de água em cada um dos distritos estudados. A alternativa “não se aplica” expressa que não houve falta de água em nenhum dia, de acordo com o entrevistado. No distrito de Perdizes, “não se aplica” representou 74% das respostas, enquanto apenas 26% afirmaram faltar água. Já na Brasilândia, houve respostas positivas para falta de água distribuída da seguinte maneira: “um dia na semana”, 18%; “de 2 a 4 dias na semana”, 26%; “mais de 4 dias na semana”, 28%; e “não se aplica”, 28%.

Em Itaquera, 38% dos respondentes afirmaram faltar água mais de quatro dias na semana, 18% disseram faltar de 2 a 4 dias na semana e 12%, um dia na semana. No Jardim Helena, 20% afirmaram faltar água mais de quatro dias na semana, 40% afirmaram faltar de 2 a 4 dias na semana e 6%, um dia na semana. A alternativa “não se aplica” obteve resultados parecidos nos dois distritos, Itaquera, com 32%, e Jardim Helena, com 34%. No distrito de Santo Amaro, 40% das respostas foram “não se aplica”, 24% afirmaram faltar água por mais de quatro dias, 28%, de dois a quatro dias e 8%, um dia na semana. Enquanto no Capão Redondo, 46% afirmaram faltar água “de 2 a 4 dias”, 32%, “mais de quatro dias na semana”, 6%, “um dia na semana” e apenas 16% responderam “não se aplica”.

A pesquisa do Datafolha, revelou que, entre os respondentes com renda de até dois salários mínimos, 42% afirmaram faltar água por cinco ou mais dias ao mês; entre os

com renda de dois a cinco salários mínimos, 36%; e entre os que recebiam de cinco a dez salários mínimos, 26%. Já entre os que recebiam acima de 10 salários mínimos, 19% afirmaram ter faltado água durante esse período (Datafolha, 2015).

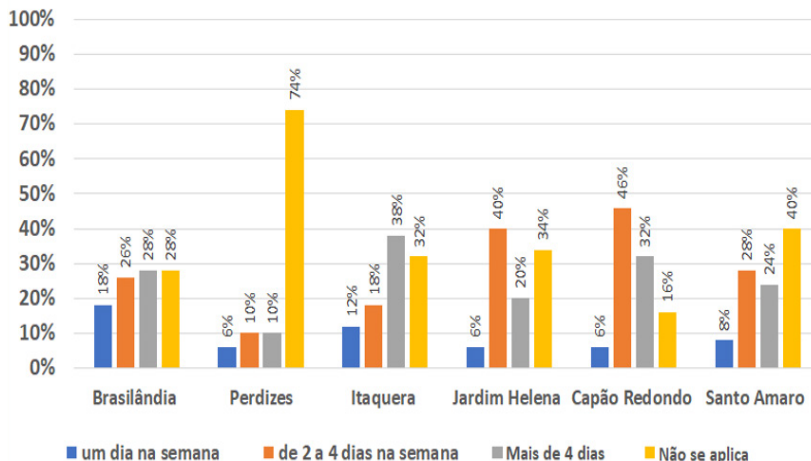


Figura 3 – Gráfico frequência da falta de água por distrito durante o período da crise (2014-2016), com % dos respondentes.

Fonte: Souza (2023).

Em setembro de 2014, houve um aumento de reclamações de falta de água nas Zonas Leste, Sul e Norte, em áreas que concentram os bairros mais pobres da capital (Cardoso, 2015). Em outubro de 2014, moradores do Jardim Romano e bairros vizinhos na Zona Leste de São Paulo relataram falta frequente de água à noite (Felix, 2014). Ainda que as áreas mais nobres não estivessem imunes à falta de água e que nem todas as áreas de baixa renda registrassem falta d'água, o impacto sofrido pelos pobres e pela classe média eram vivenciados de maneira desproporcional (Schmidt; Dezem, 2014).

Estes exemplos reforçam a percepção da injustiça hídrica que fica evidente quando a falta de água é vivenciada de forma distinta entre os respondentes dos questionários e entre os indivíduos retratados nas reportagens dos jornais analisados. As estratégias da Sabesp para a gestão da crise de abastecimento de água, seja pela redução de pressão da água nas tubulações ou da quantidade de água distribuída, impactaram mais bairros periféricos e os mais pobres, que passaram por maiores períodos sem água (Amorim; Cardoso, 2015).

A qualidade da água a que a população teve acesso foi analisada para verificar se a desigualdade também se aplicava a esse aspecto. A quantidade de respostas negativas (não perceberam alteração na qualidade de água) no distrito de Perdizes (92%) foi maior, não somente quando comparado a Brasilândia (38%) como aos demais distri-

tos. No Jardim Helena, 74% dos respondentes afirmaram perceber a alteração da qualidade da água, enquanto, em Itaquera 62%, fizeram essa afirmativa. No Capão Redondo, 62%, e em Santo Amaro, 58%. Ao comparar os pares de distritos a partir dos sistemas de abastecimento, de acordo com a Figura 4, ficou evidente que os distritos com menor vulnerabilidade também foram os que demonstraram menor percentual de respostas positivas para a percepção da alteração na qualidade de água.

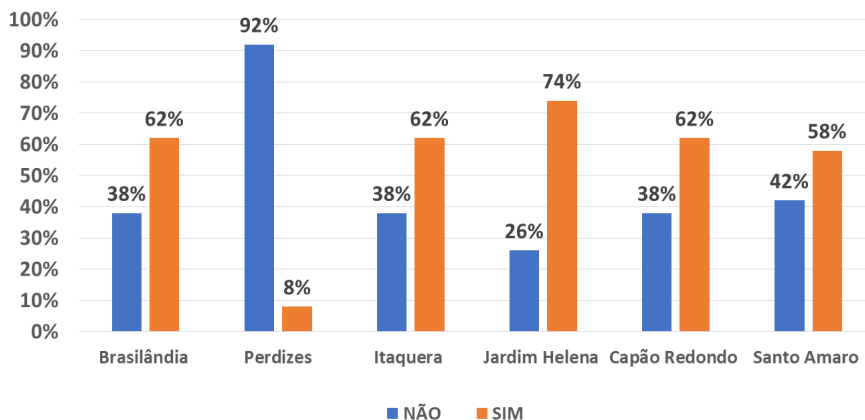


Figura 4 – Gráfico de percepção de alteração na qualidade da água durante o período da crise (2014-2016) com % dos respondentes.

Fonte: Souza (2023).

Consoante com os dados primários, uma matéria de abril de 2015, publicada pelo jornal O Estado de São Paulo, apresentou relatos de moradores do extremo da Zona Norte sobre a qualidade da água. A citar relato de um servente de pedreiro que dizia sentir mau cheiro da água durante o banho, de um pedreiro que disse ter percebido a cor escura da água quando abriu a torneira e, por fim, um caso mais grave, de uma cabeleireira e sua filha que tiveram cólica e diarreia após ingerir a água (Leite, 2015).

#### 4. ANÁLISE DOS DADOS QUALITATIVOS

As respostas dos entrevistados a uma das perguntas do questionário tratavam das medidas adotadas para economizar e armazenar água. Elas geraram um conjunto de dados qualitativos que resultaram no *corpus* textual para ser analisado. A investigação desses dados qualitativos foi importante, pois revelou o comportamento cotidiano dos respondentes quanto ao uso da água no período de escassez nos distritos estudados.

Através dos agrupamentos destacados na análise, nota-se a conexão das palavras “reúso da água” com “água da máquina”, evidenciando que o reúso da água da máquina esteve presente nos seis distritos analisados como estratégia para reaproveitamento da água. Quanto à economia, as palavras “redução do tempo de banho” aparecem em

maior frequência, seguida por “redução da lavagem de roupa”, “economia”, “menos lavagem da calçada”, “não lavar quintal”, “lavar louça junto” e “lavar louça em bacia”.

Como alternativa para aumentar a capacidade de armazenar água, a análise faz a associação dos seguintes grupos de palavras: “armazenar água em baldes”, “armazenar água da chuva”, “armazenar água”, “armazenar água em tambores”, “armazenar água em recipientes”, “armazenar água em garrafas”. É importante observar que, durante o período da crise hídrica, houve uma adaptação no comportamento dos entrevistados quanto à forma de usar a água, com o intuito de economizar e, assim, assegurar a manutenção dela, como se pode observar na Figura 5.



**Figura 5** – Análise de similitude.

Fonte: Souza (2023).

A pesquisa “Termômetro Paulistano — crise da água em São Paulo”, mostrou que 98% dos entrevistados afirmaram fechar as torneiras para lavar a louça, 97% as fechavam durante a escovação dos dentes, e 95% disseram terem tomado banhos mais rápidos. Além disso, 86% afirmaram terem deixado de lavar a calçada e o quintal, enquanto 80% adotaram a reutilização da água (Datafolha, 2015).

Nas matérias e reportagens, foram observadas também falas da população que ilustravam as estratégias usadas para mitigar a falta de água nas regiões periféricas e pelas populações de baixa renda. Por exemplo: “armazeno água em tambores”, “armazeno água da chuva em latões”, “deixo acumular louças por três dias”, “lavar roupa em casa é uma vez por semana”, “eu tomo banho nas casas das patroas, mas meus filhos têm que se virar com balde e uma canequinha”. (Zylberkan; Lobel, 2016; Escobar, 2014; Zanchetta, 2014).

O consumo consciente esteve presente nas respostas dos seis distritos analisados. Corral-Verdugo (2003), em seu estudo sobre determinantes psicológicos e situacionais do comportamento de conservação de água, observa que, quanto mais motivos uma pessoa tem para economizar água, mais ela conservará esse recurso. Assim, para efeito de comparação entre os distritos, foi feita uma análise de nuvem de palavras a partir de dois agrupamentos. Um grupo contendo os distritos que apresentam maior vulnerabilidade (Capão Redondo, Brasilândia e Jardim Helena) e outro com os que apresentam menor vulnerabilidade (Perdizes, Santo Amaro e Itaquera). A análise de nuvem de palavras possibilita observar as palavras mais frequentes nas respostas dos entrevistados.

A partir da nuvem de palavras, podemos visualizar as palavras centrais, como as que obtiveram maior ocorrência nos distritos com maior vulnerabilidade, quanto às medidas tomadas para economizar água. Dessa forma, a “redução do tempo de banho” (F=55), “reúso da água da máquina” (F=30), “reúso da água” (F=24), “redução da lavagem de roupas” (F=13) e “armazenamento da água de chuva” (F=13)” foram as palavras mais destacadas pelos entrevistados, conforme se observa na Figura 6.

Outras palavras que se destacaram na análise foram “lavar louça junto” (F=11), “armazenar água em baldes” (F=11), “menos lavagem de calçada” (F=8), “armazenar água em garrafas” (F=7), “não lavar o quintal” (F=5), “armazenar água em tambores” (F=3) e “não lavar carro” (F=3)”. Portanto, observa-se que a economia com usos não prioritários da água, como vagem de calçada, quintal e carro, também foi enfatizada pelos entrevistados, bem como o armazenamento de água em garrafas e baldes para reúso.

Para o grupo de distritos com menor vulnerabilidade, foi possível observar que “reúso da água da máquina” (F=38), “armazenamento da água de chuva” (F=19), “a redução do tempo de banho” (F=24) e as “economias gerais” (F=17) foram as palavras mais recorrentes nas respostas dos entrevistados, aparecendo centralizadas na análise, como se pode observar na Figura 7.

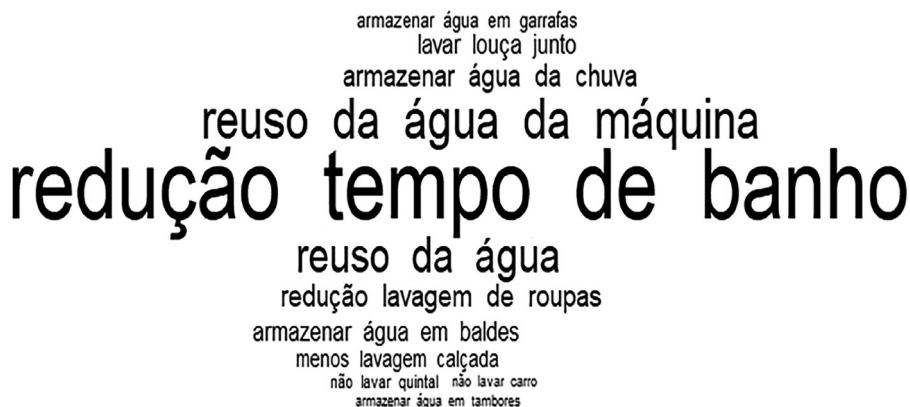


Figura 6 – Nuvem de palavras dos distritos com maior vulnerabilidade.

Fonte: Souza (2023).

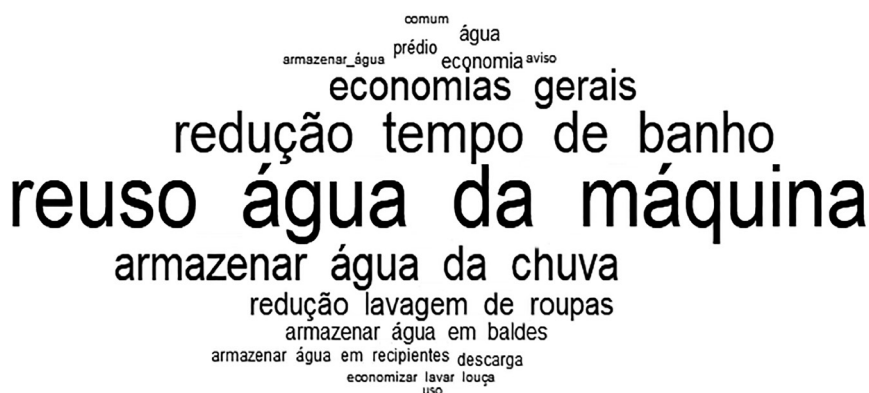


Figura 7 – Nuvem de palavras dos distritos com menor vulnerabilidade.

Fonte: Souza (2023).

Ao redor, apareceram palavras periféricas que tiveram menor frequência no *corpus* textual, sendo elas: “economizar para lavar louças” (F=11), “armazenar água em baldes” (F=7), “economia” (F=6), “armazenar água em recipientes” (F=4) e “armazenar água” (F=3)”. A análise de nuvem de palavras por agrupamento possibilitou observar que ambos os grupos lançaram mão de estratégias para economizar e armazenar água em suas rotinas.

Não foi possível observar diferenças significativas em relação às estratégias utilizadas para armazenar e economizar água, entre os respondentes dos seis distritos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Evidenciou-se que as estratégias de gestão da crise hídrica utilizadas pela Sabesp na cidade de São Paulo resultaram em diversas situações que expõem um quadro de injustiça hídrica. Embora não se possa afirmar que faltou água apenas nas áreas com maior vulnerabilidade ou somente na periferia, já que as estratégias de gestão foram direcionadas a todo espaço urbano da cidade de São Paulo abastecido pela Sabesp.

Todavia, em períodos de escassez as condições socioeconômicas potencializam a vulnerabilidade e afetam diretamente a capacidade das pessoas de obterem água. Portanto, em momentos de escassez, como o ocorrido em São Paulo, os mais vulneráveis sofrem maiores impactos da falta de água. Dado que os menos vulneráveis apresentam maiores condições de obter água, caso necessário, foi justamente esse grupo que menos relatou a falta de água.

À luz da análise dos dados qualitativos foi possível verificar que tanto os respondentes dos distritos com maior vulnerabilidade quanto os dos distritos com menor vulnerabilidade lançaram mão de ações semelhantes para economizar e armazenar água tais como: reúso da água da máquina, redução do tempo de banho, redução da lavagem de roupas, armazenar água em recipientes.

Houve diferença de acesso à água tanto em quantidade como em qualidade nos distritos com maior vulnerabilidade em relação aos com menor vulnerabilidade. Nesses, a falta de água ou mesmo a presença de água com sabor e odor desagradável e até contaminada foi maior. É importante salientar que, exposta a tal situação, as pessoas com maior capacidade econômica terão maior facilidade em acessar água de qualidade, seja comprando-a engarrafada, seja usando-a por meio de filtros. A garantia do direito ao acesso à água postula que essas diferenças no acesso, tanto em quantidade quanto em qualidade, devem ser reparadas. A frequência em número de dias na semana em que se registrou mais falta de água entre os entrevistados também reforça a injustiça hídrica, pois os respondentes dos distritos com menor vulnerabilidade foram os que registraram menor frequência de falta de água.

Garantir que todos tenham acesso de forma justa e equitativa à água, exige atenção ao fato de que as regras e regulamentações na gestão hídrica precisam ser adequadas à realidade dos indivíduos. Particularidades sociais, econômicas, intelectuais e ambientais devem ser levadas em consideração na tomada de decisão para a gestão da água, especialmente em períodos em que o abastecimento ficou comprometido.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, F. Paulistanos reclamam de falta de água e energia elétrica. *Agência Brasil*. 23 jan. 2015. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-01/paulistanos-reclamam-da-falta-de-agua-e-de-energia-eletrica>. Acesso em: 16 ago. 2022.

- ARCOVERDE, L. Periferia sofre mais com falta de água. *Agora São Paulo*, 2015. Disponível em: <https://agora.folha.uol.com.br/saopaulo/2015/01/1575323-periferia-sofre-mais-com-falta-de-agua.shtml>. Acesso em: 18 jun. 2023.
- BRASIL. *Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997*. Institui a política nacional de recursos hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição federal, e altera o art. 1º da Lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989. *Lex: Diário Oficial da União*. Seção 1, p. 470. Brasília, 09 de janeiro 1997.
- CARDOSO, W. Bairros passam a ficar sem água quase 20 horas por dia. *Agora São Paulo*, 2015. Disponível em: <https://agora.folha.uol.com.br/saopaulo/2015/04/1617260-bairros-passam-a-ficar-sem-agua-quase-20-horas-por-dia.shtml>. Acesso em: 22 jul. 2023.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Crise Hídrica, Estratégia e Soluções da SABESP*. São Paulo: Sabesp, 2015. Disponível em: [https://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/chess\\_crise\\_hidrica.pdf](https://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/chess_crise_hidrica.pdf). Acesso em: 10 jan. 2023.
- CORRAL-VERDUGO, V. Determinantes psicológicos e situacionais do comportamento de conservação de água: um modelo estrutural. *Estudos de Psicologia (Natal)*, v. 8, p. 245-252, 2003.
- DADMAND, F. *et al.* Sustainable allocation of water resources in water-scarcity conditions using robust fuzzy stochastic programming. *Journal of Cleaner Production*, v. 276, p. 123812, 2020.
- DATAFOLHA. *Crise Hídrica em São Paulo: PO813823 28 e 29/10/2015*. São Paulo: Datafolha, 2015. Disponível em: <http://media.folha.uol.com.br/datafolha/2015/11/04/crise-hidrica.pdf>. Acesso em: 15 maio 2023
- DATAFOLHA. *Termômetro paulistano crise da água em São Paulo: PO813777 17/10/2014*. São Paulo: Datafolha, 2014. Disponível em: <http://media.folha.uol.com.br/datafolha/2014/10/20/termometro-paulistano-crise-da-agua-em-sp.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2023
- ESCOBAR, H. Na Zona Norte, torneiras secam de madrugada. *O Estado de São Paulo*, 2014. Disponível em: <https://acervo.estadao.com.br/pagina/#!/20140314-43977-nac-17-mrt-a-17-not/busca/%C3%A1gua+quando>. Acesso em: 23 maio 2023.
- FELIX, A. Jardim Romano deixa alagamento no passado e agora vive com a falta de água. *O Estado de São Paulo*, 2014. Disponível em: <https://acervo.estadao.com.br/pagina/#!/20141005-44182-spo-88-mrt-d1-not/busca/torneiras+vazias>. Acesso em: 21 jul. 2023.
- FRACALANZA, A. P.; FREIRE, T. M. Crise da água na Região Metropolitana de São Paulo: a injustiça ambiental e a privatização de um bem comum. *Geosp Espaço e Tempo (Online)*, v. 19, n. 3, p. 464-478, 2015.
- GLEICK, P. H. The human right to water. *Water policy*, v. 1, n. 5, p. 487-503, 1998.

- LEITE, F. Morador recebe água contaminada na Zona Norte. *O Estado de São Paulo*, 2015. Disponível em: <https://acervo.estadao.com.br/pagina/#!/20150427-44386-spo-15-mrt-a-16-not/busca/Sabesp>. Acesso em: 22 jul. 2023.
- LOBEL, F.; GERAQUE, E. Radiografia do racionamento. *Folha de São Paulo*, 2015. Disponível em: <https://acervo.folha.com.br/leitor.do?numero=20398&keyword=%22sem+agua+-Sao+Paulo%22&anchor=6006947&origem=busca&originURL=&maxTouch=0&pd=b8fe562a67062c8f45ef21d5ecdfe4b0>. Acesso em: 23 jun. 2023.
- LÓPEZ, R. R. *et al.* Transforming hydrosocial territories and changing languages of water rights legitimation: irrigation development in Bolivia's Pucara watershed. *Geoforum*, v. 102, p. 202-213, 2019.
- MOREIRA, A. Moradores reclamam que falta de água ocorre há 2 meses na zona leste e norte de SP. *Rede Brasil Atual*, 2014. Disponível em: <https://www.redebrasilatual.com.br/radio/2014/10/moradores-reclamam-que-falta-agua-ja-ocorre-ha-2-meses-na-zona-leste-e-norte-de-sp/>. Acesso: 16 ago. 2021
- NEIRA, A. C. Sem água, escola fecha por 2 dias. *Agora São Paulo*, 2015. Disponível em: <https://agora.folha.uol.com.br/saopaulo/2015/09/1686889-sem-agua-escola-fecha-por-2-dias.shtml>. Acesso em: 23 maio 2023.
- NETO, J. C. C. A crise hídrica no Estado de São Paulo. *GEOUSP Espaço E Tempo (Online)*, v. 19, n. 3, p. 479-484, 2016.
- RIBEIRO, W. C.; BUCKERIDGE, M. *Livro branco da água*. A crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo em 2013-2015: origens, impactos e soluções. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, 2018.
- SCHMIDT, B; DEZEM, V. Crise da água em SP mostra disparidade entre pobres e ricos. *Revista Exame*, 2014. Disponível em: <https://exame.com/brasil/crise-da-agua-em-sp-mostra-disparidade-entre-pobres-e-ricos/>. Acesso em: 25 jul. 2023.
- SEADE — FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. *Índice Paulista de Vulnerabilidade Social – IPVS*. Versão 2010. São Paulo: SEADE, 2013. Disponível em: <https://ipvs.seade.gov.br/view/pdf/ipvs/metodologia.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2022.
- SOUZA, V. V. C. *Injustiça hídrica na gestão da crise? um estudo de caso no município de São Paulo*. 2023. 187f. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) Programa de Pós- Graduação em Ciência Ambiental – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2023.
- SWYNGEDOUW, E.; BOELEN, R. And not a single injustice remains: Hydro-territorial colonization and techno-political transformations in Spain. *Water justice*, p. 115-133, 2018.
- ZANCHETTA, D. Temida em São Paulo, falta d'água é realidade há 30 anos em bairros da Zona Sul. *O Estado de São Paulo*, 2014. Disponível em: <https://acervo.estadao.com.br/pagina/#!/20140518-44042-spo-23-mrt-a24-not/busca/%C3%A1gua>. Acesso em: 23 maio 2023.

ZYLBERKAN, M; LOBEL, F. Paulistanos reclamam de falta de água após Alckmin decretar o fim da crise. *Folha de São Paulo*, 2016. Disponível em: <https://acervo.folha.com.br/leitord?numero=20524&keyword=%22sem+agua+Sao+Paulo%22&anchor=6017659&origem=busca&originURL=&maxTouch=0&pd=a895eed9cc4c8f6f8ea3c9f64e4ff7c8>. Acesso em: 23 maio 2023.

# Crise de abastecimento de água na Região Metropolitana de São Paulo entre 2013 e 2016: análise da gestão de água do sistema Cantareira

*Gabriela Canindé Rodrigues Silva  
Ana Paula Fracalanza*

## **Resumo**

Entre 2014 e 2015, a Região Sudeste enfrentou uma seca severa, impactando especialmente o Sistema Cantareira, principal fonte de abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo. Este capítulo, de caráter descritivo, tem como objetivo analisar a atuação governamental diante da crise de abastecimento, com ênfase nos fatores climáticos e estruturais de gestão que contribuíram para a escassez. Derivado de dissertação defendida no Procam<sup>1</sup>, o estudo adotou como metodologia o levantamento de dados documentais e a revisão bibliográfica, abrangendo o período de 2013 a 2016 – do prenúncio à declaração oficial do fim da crise. Conclui-se que falhas no planejamento público, associadas à desconsideração de dados climáticos disponíveis, comprometeram a capacidade de resposta à seca extrema.

**Palavras-chave:** Crise Hídrica; Sistema Cantareira; Região Metropolitana de São Paulo; Crise de Abastecimento de Água.

---

1 Este trabalho é parte, com devidas revisões, da dissertação intitulada “Governança multinível na gestão da água: o caso da transposição do Reservatório Jaguari ao Sistema Cantareira (MG-RJ-SP)”, defendida no ano de 2023 para o Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo – Procam/USP.

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão da água no Brasil transformou-se do centralizador Código das Águas de 1934 à Lei nº 9.433/1997 (Lei das Águas), refletindo uma transição para um modelo descentralizado e participativo (Fracalanza, 2009). Nesse contexto, a governança da água ganha destaque ao incorporar diversos atores sociais e políticos na formulação de políticas públicas e na identificação de problemas, indo além da atuação estatal (Fracalanza, 2009; Lautze *et al.*, 2011).

A Lei das Águas instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), baseando-se na gestão descentralizada e participativa, com a bacia hidrográfica como unidade de planejamento (Wolkmer; Pimmer, 2013; Jacobi; Cibim; Souza, 2015). A literatura identifica três modelos de gestão: burocrático, econômico-financeiro e o sistêmico de integração participativa, sendo este último o mais próximo da proposta atual da legislação (Campos; Fracalanza, 2010). Os Comitês de Bacia Hidrográfica, previstos na Lei das Águas, configuram-se como espaços de debate e gestão de conflitos, embora enfrentem desafios quanto à representatividade, legitimidade das decisões e articulação institucional (Ribeiro, 2009; Jacobi, 2009).

No entanto, a aplicação prática desse modelo de gestão enfrentou limitações significativas, como evidenciado durante a crise de abastecimento no SC entre 2013 e 2016, quando a principal fonte da Região Metropolitana de São Paulo enfrentou uma crise marcada por escassez pluviométrica e falhas estruturais e de gestão (Neto, 2015; Rodrigues; Villela, 2015). Fenômenos climáticos alterados como o Anticiclone de Bloqueio, que desviou sistemas de umidade da região, além da ausência dos efeitos positivos do El Niño, agravaram a seca (Marengo *et al.*, 2015; Ambrizzi; Coelho, 2018), enquanto alertas climáticos foram ignorados (Côrtes *et al.*, 2015). Questões como perdas na distribuição, degradação de mananciais e conflitos pelo uso da água foram negligenciadas (Burckeridge; Ribeiro, 2018). A governança revelou fragilidades já apontadas nos Comitês de Bacia, como baixa transparência e pouca participação social (Artigo 19, 2014; Fracalanza; Freire, 2015; Ribeiro, 2009; Jacobi, 2009).

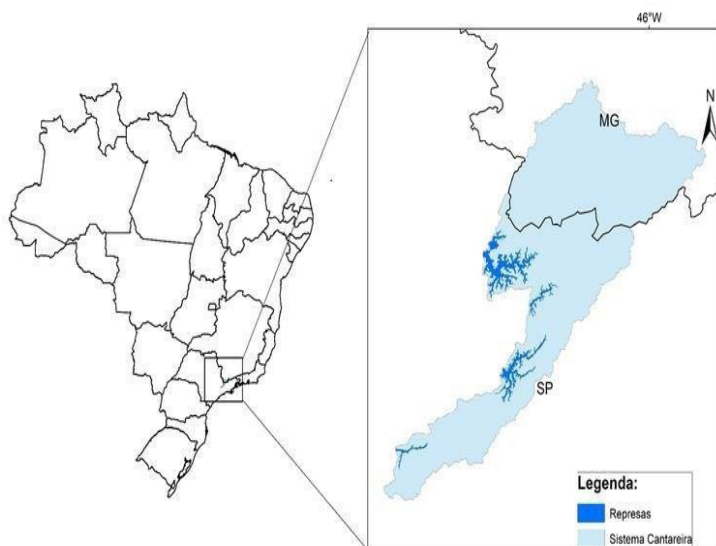
Este artigo analisa a crise de abastecimento no Sistema Cantareira nesse período, abordando as condições climáticas, os fatores que contribuíram para a escassez e a eficácia das medidas adotadas pelo governo paulista, com o objetivo de compreender as limitações da gestão diante de cenários críticos. A metodologia para este estudo de caso foi baseada em análise documental e revisão bibliográfica. Foram examinados documentos técnicos e acadêmicos para contextualizar a crise de abastecimento entre 2013 e 2016 e analisar as respostas institucionais diante da seca e seus efeitos na capacidade de abastecimento do Sistema Cantareira.

## 2. SISTEMA CANTAREIRA: CARACTERÍSTICAS

Na década de 1960, o Governo de São Paulo iniciou estudos para implantar o Sistema Cantareira (SC) visando suprir a demanda hídrica da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) devido ao crescimento urbano. Desenvolvido em parceria com o então Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE)<sup>2</sup> e o Consórcio Hibrace, o sistema incluiu inicialmente quatro reservatórios (Paiva Castro, Cachoeira, Atibainha e Águas Claras), operando desde os anos 1970 com capacidade de 11 m<sup>3</sup>/s. Na década de 1980, os reservatórios Jaguari e Jacareí foram incorporados, elevando a produção para 33 m<sup>3</sup>/s e integrando-os como um único sistema. O Sistema, hoje com seis reservatórios, distribui-se entre as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (BHPCJ) e do Alto Tietê (BHAT).

As interligações entre reservatórios se dão por canais e túneis, permitindo a transposição entre bacias. A estação elevatória Santa Inês bombeia 33 m<sup>3</sup>/s por 120 metros até a ETA Guaraú. Atualmente, o sistema fornece 58% da água utilizada na RMSP. A Figura 2 apresenta sua representação gráfica (Porto; Porto; Palermo, 2014; Consórcio PCJ, 2013; Fracalanza; Eça; Raimundo, 2013; Ribeiro, 2018; Sabesp, 2021).

A interligação hidráulica caracteriza uma transposição entre as bacias do Piracicaba e do Alto Tietê. A Figura 1 mostra a representação cartográfica do SC; a Figura 2, sua representação gráfica (ANA, 2022; Sabesp, 2022; Cemaden, 2022).



**Figura 1** – Representação cartográfica da Bacia Hidrográfica do Sistema Cantareira.

Fonte: Cemaden (2022).

2 No ano de 2025, o DAEE passou a ser a SP Águas: agência de Águas do Estado de São Paulo, vinculada à Secretaria Estadual de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística, do Governo do Estado de São Paulo.



Figura 2 – Representação gráfica do Sistema Cantareira.

Fonte: ANA (2022).

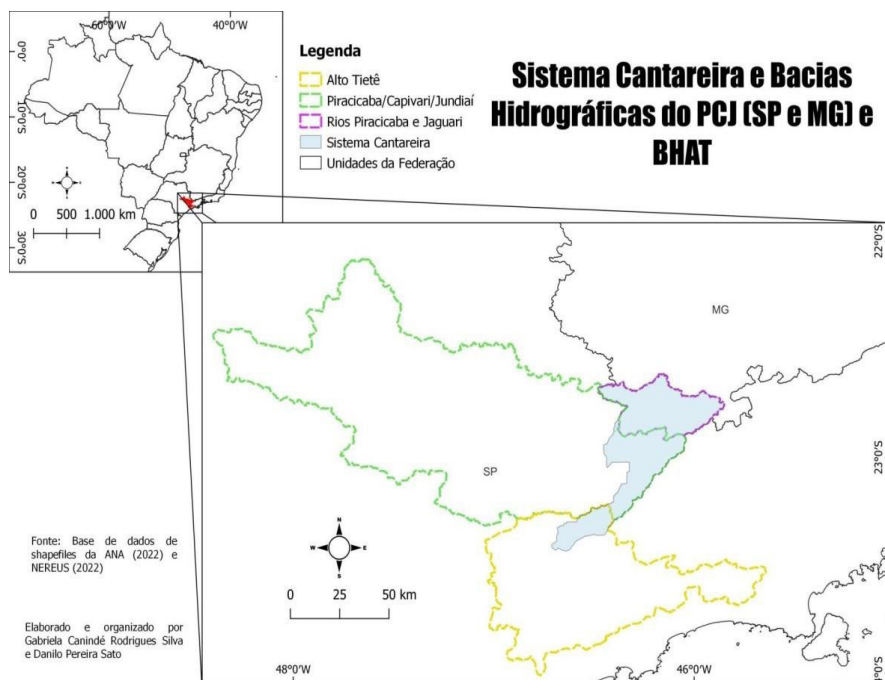
O Sistema abastece as cidades de Caieiras, Franco da Rocha, Francisco Morato, Osasco, Carapicuíba, São Caetano do Sul e parte de Guarulhos, Barueri, Taboão da Serra e Santo André. Em São Paulo, atende as zonas Norte, Centro e parte das zonas Oeste e Leste.

### 3. UM SISTEMA ENTRE BACIAS HIDROGRÁFICAS DIFERENTES

O Sistema Cantareira foi construído para suprir a demanda hídrica da RMSP, transferindo água das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (BHPCJ) para a bacia do Alto Tietê (BHAT) por meio de interligações (Fracalanza *et al.*, 2013; Barbi, 2007). Embora 70% da RMSP esteja na BHAT, sua dependência de bacias vizinhas gera conflitos, especialmente com a Região Metropolitana de Campinas, devido à redução da disponibilidade hídrica (Custódio, 2015; Fracalanza; Freire, 2015).

Antes da crise hídrica, até 31 m<sup>3</sup>/s eram retirados da BHPCJ para abastecer 8 milhões de pessoas, pressionando os usos múltiplos da água (Artigo 19, 2014). A operação do sistema é gerida pela Sabesp, monitorada pela ANA e DAEE, com participação de comitês de bacia federais e estaduais (Fracalanza *et al.*, 2013; ANA, 2022).

As BHPCJ, essenciais economicamente, enfrentam estresse hídrico agravado pela degradação ambiental e pela gestão compartilhada entre SP e MG (Barbi, 2007). A Figura 3 ilustram a localização e abrangência do sistema.



**Figura 3** – Bacias Hidrográficas do PCJ (SP e MG) e BHAT.

Fonte: Silva (2023).

#### 4. SISTEMA CANTAREIRA E A CRISE HÍDRICA: OU SERIA UMA CRISE DE ABASTECIMENTO?

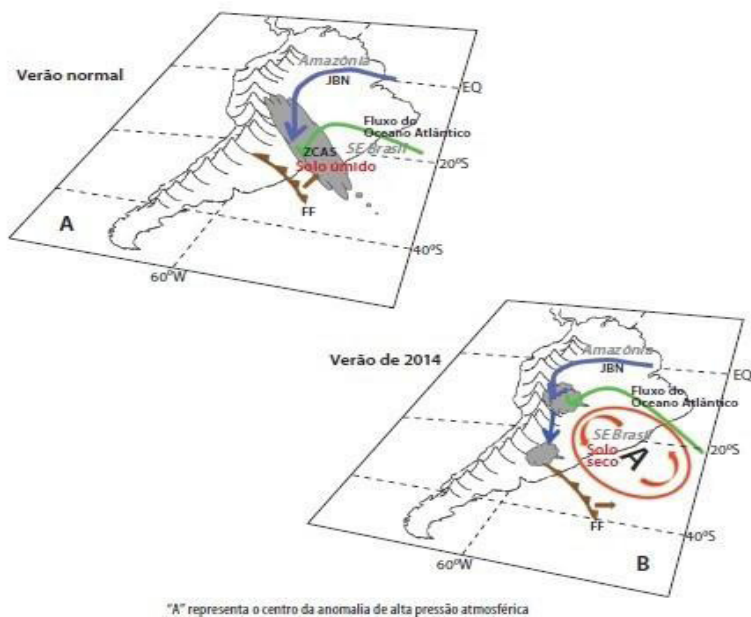
A seca que atingiu o Sudeste brasileiro entre 2013 e 2014 foi amplamente documentada como “crise hídrica”. No entanto, há quem defenda o termo “crise de abastecimento”, por envolver não apenas a irregularidade de chuvas, mas também falhas estruturais e de gestão (Neto, 2015; Rodrigues; Villela, 2015; Custódio, 2015; Jacobi; Cibim; Souza, 2015). Entre os fatores que agravaram a crise estão a prolongada estiagem, falta de investimento em infraestrutura, degradação de mananciais e tratamento sanitário deficiente.

A transparência e a participação social foram negligenciadas, comprometendo ainda mais a já frágil governança hídrica da região (Artigo 19, 2014; Fracalanza; Freire, 2015). No campo climático, anomalias como o Anticiclone de Bloqueio dificultaram o transporte de umidade da Amazônia e desviaram frentes frias, reduzindo drasticamente as chuvas (Marengo; Alves, 2015). Esse bloqueio também afetou a atuação de sistemas como a ZCAS e o Jato de Baixos Níveis, aprofundando a escassez (Marengo *et al.*, 2015; Ambrizzi; Coelho, 2018).

O bloqueio atmosférico comprometeu a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul e o Jato de Baixos Níveis, sistemas que favorecem a formação de chuvas no verão.

Sua interrupção agravou a crise e evidenciou a complexidade dos fatores envolvidos (Marengo *et al.*, 2015; Ambrizzi; Coelho, 2018). A Figura 4 ilustra esse bloqueio.

**Elementos relevantes ao transporte de umidade na América do Sul a leste dos Andes pelos Jato de Baixos Níveis (JBN), frentes várias (FF) e transporte de umidade do Atlântico Sul, assim como a presença da ZCAS, para um verão normal ou climatológico (A) e para o verão seco de 2014 (B)**



**Figura 4** – Representação do fenômeno anticiclone de bloqueio.

Fonte: Marengo *et al.* (2015).

Embora o El Niño, em anos típicos, favoreça a reservação de água na região do SC, os volumes já apresentavam queda acentuada entre 2012 e 2013, período de neutralidade climática e anterior à expectativa de ocorrência do fenômeno. Apesar dos alertas, o governo estadual não adotou estratégias preventivas, o que agravou os efeitos da seca de 2014 (Côrtes *et al.*, 2015; Marengo; Alves, 2015). Além disso, o El Niño previsto para 2014 não se manifestou com a intensidade esperada, contribuindo para o esvaziamento do SC. A falta de planejamento e a negligência às projeções climáticas evidenciam falhas graves na gestão da crise.

Além dos aspectos climáticos, é necessário considerar a poluição dos corpos hídricos, perdas na distribuição, desperdício e a má conservação de tubulações e vegetação nativa (Burckeridge; Ribeiro, 2018; Sinisgalli *et al.*, 2018). A gestão da água está diretamente ligada a desafios urbanos, como a impermeabilização do solo, canalização de rios e especulação imobiliária, que afetam o acesso à água e à cidade (Rodrigues; Villela, 2015; Anelli, 2015).

Cohen (2016) destaca a moradia digna como eixo central da gestão hídrica, principalmente para populações vulneráveis. Uso e ocupação da terra, saneamento básico e abastecimento precisam ser tratados de forma integrada, com foco em Justiça Ambiental (Anelli, 2015; Cohen, 2016; Ribeiro, 2017). A crise também gerou impactos significativos na biodiversidade e aumentou os riscos ecológicos, ressaltando a urgência de um planejamento estratégico que considere clima, ecossistemas e usos múltiplos da água (Develey, 2018; Nobre *et al.*, 2011; Côrtes *et al.*, 2015).

## 5. RESPOSTAS GOVERNAMENTAIS AO ESTADO DE ESCASSEZ E CRISE DE ABASTECIMENTO

A crise de abastecimento na RMSP foi intensificada por mudanças climáticas e deficiências na gestão política, evidenciando a necessidade de responsabilização das instituições envolvidas. Não se pode atribuir a crise exclusivamente a eventos climáticos (Jacobi; Cibim; Leão, 2015), sendo crucial e essencial considerar também falhas de gestão hídrica. Fracalanza e Freire (2015) e Côrtes *et al.* (2015) apontam a ausência de planejamento e medidas preventivas diante da dependência da RMSP do SC e da vulnerabilidade da população a crises graves de abastecimento de água.

O Plano de Bacia do Alto Tietê (2009) e estudos como o de Côrtes *et al.* (2015) já alertavam para estiagens e anomalias pluviométricas na região. Ainda assim, o governo postergou ações estruturais, adotando medidas emergenciais como redução de pressão, incentivos à economia de água, diversificação de sistemas e bombeamento do “volume morto”<sup>3</sup> (Cohen, 2016; Momm *et al.*, 2020). Também foram iniciadas obras como o reservatório São Lourenço e interligações com outras bacias, incluindo a do Paraíba do Sul com o SC. A estratégia governamental seguiu focada em mananciais distantes, negligenciando corpos hídricos locais e a conservação (Cohen, 2016). Diante desse cenário, estudos ainda indicam a priorização de interesses políticos em detrimento de soluções técnicas (Batista, 2019).

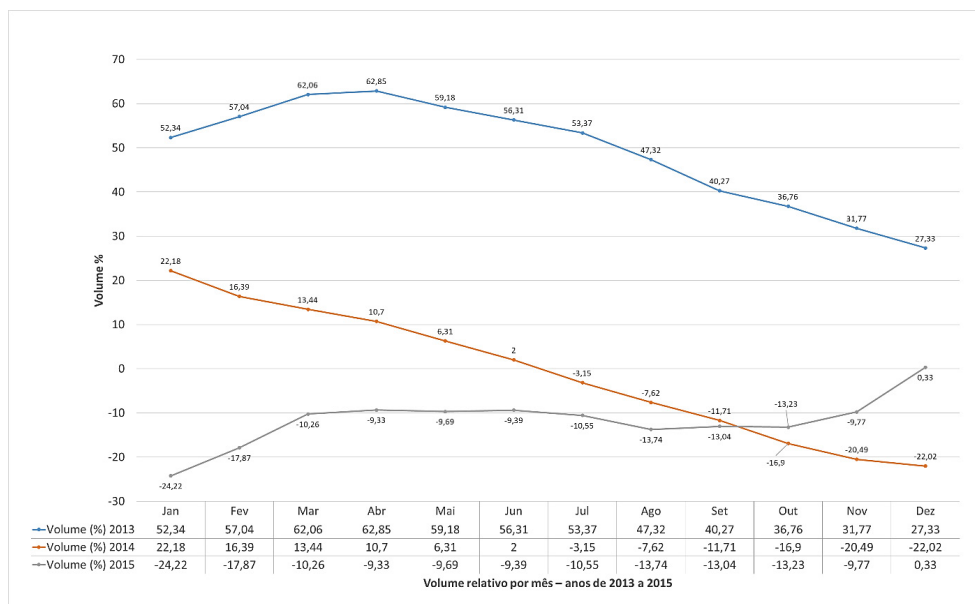
O Gráfico 1 mostra a queda progressiva do volume do SC entre 2013 e 2015<sup>4</sup>, com a adoção do volume morto em maio de 2014, conforme dados da Sabesp (Silva, 2023). Vale ressaltar que em dezembro de 2015 é quando se inicia a retomada do volume “positivo” do SC.

Em 2014, ao invés de propor racionamento, optou-se por bônus para economia, medida de menor custo político (Vargas, 2019). A gestão da crise revelou falta de

3 Também chamado de reserva técnica pela SABESP, refere-se a um nível de água abaixo do ponto de captação normal, que requer bombeamento para ser acessado, conferindo um volume negativado ao reservatório (Artigo 19, 2014).

4 Para os anos de 2013, 2014 e 2015, foram considerados os meses de janeiro a dezembro e os volumes (%) dos últimos dias desses meses.

transparência por parte da Sabesp e do governo estadual (Artigo 19, 2016), comprometendo a participação pública na gestão (Cruz *et al.*, 2012). A estratégia da “Demanda Firme”<sup>5</sup>, com tarifas mais baixas para grandes consumidores, contrariava a lógica de tarifação progressiva, incentivando o consumo elevado. Em 2014, investigação das organizações Artigo 19 e Agência Pública identificaram que 537 empresas foram beneficiadas por essa estratégia, gerando críticas quanto à equidade e transparência.



**Gráfico 1** – Volume (%) do Sistema Cantareira nos anos de 2013 a 2015.

Fonte: Adaptado de Silva (2023).

O Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê de 2009 já alertava para a dependência da RMSP do SC. O relatório de 2011 indicava conflitos entre usuários da BHPCJ e BHAT, que precisariam ser gerenciados. A SABESP, responsável pela redução dessa dependência, corria o risco de não ter renovada sua outorga em 2014. O Plano também recomendava o controle de perdas, frente ao descompasso entre oferta e demanda (Fundação de Apoio à USP, 2009).

A Portaria DAEE 1213/2004 já apontava essa dependência desde a concessão anterior. Ela estabelecia condicionantes operacionais e a necessidade de articulação entre a SABESP e os municípios das bacias envolvidas (ANA, 2013). Côrtes *et al.* (2015) destacam a deficiência crônica do SC, com perda de progressiva da capacidade de atendimento e suscetibilidade a eventos climáticos extremos.

5 Segundo investigações da organização “Agência Pública” e pela Artigo 19, esses contratos proporcionavam descontos à medida que o consumo aumentava, indo de encontro ao princípio de tarifação progressiva.

A renovação da outorga do SC, prevista para 2014, foi adiada para outubro de 2015 e, depois, para maio de 2017, segundo resoluções conjuntas ANA/DAEE (nº 910/2014 e nº 100/2015), sob a justificativa de necessidade de ajustes nas propostas. A situação ainda foi definida como uma “situação de excepcionalidade hídrica” (Porto; Porto; Palermo, 2014; Novais, 2018). Para tal, foram reavaliados os níveis do SC para determinar o volume permitido para captação. A Resolução ANA/DAEE nº 925/2017 passou a estruturar o SC em faixas de operação, com base no volume útil disponível (Quadro 1).

Quadro 1 – Definição de Faixas de Operação do Sistema Cantareira

Faixa	Status	Porcentagem de Volume permitido para captação	m <sup>3</sup> /s permitido para captação
1	Normal	Igual ou maior que 60%	33,0 m <sup>3</sup> /s
2	Atenção	Entre 40% e 60%	31,0 m <sup>3</sup> /s
3	Alerta	Entre 30% e 40%	27,0 m <sup>3</sup> /s
4	Restrição	Entre 20% e 30%	23,0 m <sup>3</sup> /s
5	Especial	Até 20%	15,5 m <sup>3</sup> /s

Fonte: Adaptado pelos autores a partir da Resolução ANA/DAEE 925/2017.

Estudo de Coutinho, Kraenkel e Prado (2015) sugere que o SC sofreu uma transição catastrófica de regime, impulsionada pela perda de resiliência hídrica. As chuvas abaixo da média e a redução da vazão contribuíram para a mudança de regime. O lado crítico, segundo os autores, é que o regime de baixo nível também é resiliente, exigindo aumento expressivo da precipitação ou corte drástico da vazão para se reverter (Coutinho; Kraenkel; Prado, 2015).

Em 2013, iniciou-se a queda do nível do SC; em janeiro de 2014, bombeou-se o volume morto. A estação chuvosa de 2014/2015 foi mais intensa, mas apenas 15% dos reservatórios foram recuperados. Em março de 2016, com o aumento dos volumes, o governador declarou o “fim da crise”. Entretanto, moradores da zona norte de São Paulo relataram racionamentos mesmo após a declaração. O SC continuava esgotado operacionalmente, operando em regime de baixo volume — característica típica de mudanças catastróficas (Coutinho; Kraenkel; Prado, 2015).

Os autores ainda reforçam que a gestão deve funcionar como mecanismo de *feedback* positivo no sistema socioambiental. Ao não agir assim, os gestores do SC atuaram como mais uma força de pressão rumo ao colapso (Coutinho; Kraenkel; Prado, 2015, p. 13). A crise de abastecimento, portanto, também deve ser entendida como crise de governabilidade (Barbi, 2007).

Segundo Barbi (2007), a verdadeira crise decorre da má gestão, ausência de planejamento, corrupção, inércia burocrática e carência de investimentos em capacidades humanas e infraestrutura. A governança é responsável por definir como, quando e a quem a água é distribuída. A autora enfatiza o papel da gestão em garantir o abastecimento e preservar os demais usos da água. As medidas adotadas em 2014 poderiam ter sido implementadas anos antes, evitando o agravamento da crise.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, buscamos discutir e analisar a atuação do governo do estado de São Paulo na situação de crise de abastecimento de água na Região Metropolitana de São Paulo entre 2014 e 2016. Foram apresentados aspectos climatológicos que poderiam contribuir para uma melhor abordagem e tomadas de decisões frente à situação que já era observada desde 2013. Esses aspectos alertavam sobre anomalias nos volumes pluviométricos que poderiam afetar negativamente os níveis do Sistema Cantareira e, evidenciando assim, riscos para abastecimento da população da Região Metropolitana de São Paulo.

Como discorrem Cortês *et al.* (2015) e Marengo e Alves (2015), aparente falta de planejamento do poder público reflete em crise de abastecimento de milhões de habitantes. Bem como enfatiza Barbi (2007), ao dizer a respeito de influência de um sistema de governança sobre qual, quando e como a água pode ser distribuída (além de decidir quem tem direito à água e outros serviços correlacionados). Em resposta ao que ocorria no início da crise de abastecimento de água em 2014, a atuação governamental foi de caráter emergencial. A transparência tampouco foi adequada: ignorou a participação pública.

Portanto, a crise não esteve relacionada apenas à falta de quantidade de água. Tratou-se de uma crise de abastecimento de água. Neste caso, a crise evidenciou problemas de gestão, de governança e de governabilidade, intensificados e publicizados a partir de 2014 frente aos índices anômalos de pluviometria vivenciados na Região Metropolitana de São Paulo. Cabe considerar qual papel o planejamento e os dados técnicos e científicos sobre riscos socioambientais passarão a ter nos processos observados para que novas crises de abastecimento de água sejam minimizadas ou mesmo evitadas.

## REFERÊNCIAS

- ANELLI, R. L. S. Uma nova cidade para as águas urbanas. *Estudos Avançados*, v. 29, n. 84, p. 69–84, ago. 2015.
- AMBRIZZI, T.; COELHO, C. A. S. A crise hídrica e a seca de 2014 e 2015 em São Paulo: Contribuições do clima e das atividades humanas. In: BUCKERIDGE, M.; RIBEIRO, W. C. *Livro branco da água. A crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo em 2013-2015: origens, impactos e soluções*. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, 2018. p. 22-35.
- ANA. Sistema Cantareira. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/sala-de-situacao/sistema-cantareira/sistema-cantareira-saiba-mais>. Acesso em: 25 jul. 2022.

- ARTIGO 19. Sistema Cantareira e a crise da água em São Paulo: a falta de transparência no acesso à informação, 2014.
- ARTIGO 19. Sistema Cantareira e a crise da água em São Paulo: a falta de transparência, um problema que persiste - segunda avaliação, 2016.
- BARBI, F. *Capital social e ação coletiva na gestão das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá: Os desafios da gestão compartilhada do Sistema Cantareira - SP*. 2007. 158 f. (Dissertação de Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- BUCKERIDGE, M.; RIBEIRO, W. C. Uma visão sistêmica das origens, consequências e perspectivas das crises hídricas na Região Metropolitana de São Paulo. In: BUCKERIDGE, M.; RIBEIRO, W. C. *Livro branco da água. A crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo em 2013-2015: origens, impactos e soluções*. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, 2018. p.22-35.
- CAMPOS, V. N. DE O.; FRACALANZA, A. P. Governança das águas no Brasil: conflitos pela apropriação da água e a busca da integração como consenso. *Ambiente & Sociedade*, v. 13, n. 2, p. 365-382, dez. 2010.
- CONSORCIO PCJ. Sistema Cantareira: um mar de desafios. 2013.
- COHEN, D. A. The rationed city: the politics of water, housing, and land use in drought- parched São Paulo. *Public Culture*, v. 28, n. 2 79, p. 261–289, maio 2016.
- CÔRTEZ, P. L. *et al.* Crise de abastecimento de água em São Paulo e falta de planejamento estratégico. *Estudos Avançados*, v. 29, n. 84, p. 7–26, ago. 2015.
- COUTINHO, R. M.; KRAENKEL, R. A.; PRADO, P. I. Catastrophic regime shift in water reservoirs and São Paulo water supply crisis. *Plos One*, v. 10, n. 9, e0138278, 2015.
- CRUZ, C. F.; FERREIRA, A. C. de S.; SILVA, L. M. da; MACEDO, M. Álvaro da S. Transparência da gestão pública municipal: um estudo a partir dos portais eletrônicos dos maiores municípios brasileiros. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 46, n. 1, p. 153-176, 2012.
- CUSTÓDIO, V. A crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo (2014-2015). *Geosp: Espaço e Tempo (Online)*, v. 19, n. 3, p. 445-463, 2016. ISSN 2179-0892.
- DEVELEY, P. F. A crise hídrica no município de São Paulo e as consequências para a biodiversidade. In: BUCKERIDGE, M.; RIBEIRO, W. C. *Livro branco da água. A crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo em 2013-2015: Origens, impactos e soluções*. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, 2018. p.22-35.
- FRACALANZA, A. P.; EÇA, R. F.; RAIMUNDO, S. Renovação da outorga do Sistema Cantareira (São Paulo, Brasil): gestão compartilhada e perspectivas para 2014. In: RIBEIRO, W. C. (org.). *Conflitos e cooperação pela água na América Latina*. São Paulo: Annablume, 2013. v. 1. pp. 141-168.
- FRACALANZA, A. P.; FREIRE, T. M. Crise da água na Região Metropolitana de São Paulo: injustiça ambiental, privatização e mercantilização de um bem comum. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, v. 19, n. 3, p. 464-478, 2016. ISSN 2179-0892.

- GEOPROCESSAMENTO, M. A. de S. Estudos de mapeamento geotécnico da região metropolitana de São Paulo e da região de abrangência do Cantareira. *Geoprocessamento*, v. 14, n. 1, p. 141-164, 2013.
- JACOBI, P. R.; CIBIM, J.; LEÃO, R. de S. Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil. *Estudos Avançados*, v. 29, n. 84, p. 27-42, ago. 2015.
- JACOBI, Pedro Roberto. Governança da Água no Brasil. In: RIBEIRO, Wagner Costa (org.). *Governança da água no Brasil: uma visão interdisciplinar*. São Paulo: Annablume, 2009. p. 35- 60.
- MARENCO, J. A.; ALVES, L. M. Crise hídrica em São Paulo em 2014: seca e desmatamento. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, v. 19, n. 3, p. 485-494, 2016. ISSN 2179-0892.
- MARENCO, J. A.; NOBRE, C. A.; SELUCHI, M. E.; CUARTAS, A.; ALVES, L. M.; MOMM, S. *et al.* Permanencia y transiciones en la planificación y la crisis hídrica en la Región Metropolitana de São Paulo. *EURE*, v. 47, n. 140, dez. 2020.
- NETO, J. C. C. A crise hídrica no estado de São Paulo. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, v. 19, n. 3, p. 479-484, 2016. ISSN 2179-0892.
- NOBRE, C. A. *et al.* Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. p. 28, [s.d.].
- PORTO, R. L.; PORTO, M. F. A.; PALERMO, M. Ponto de vista: a ressurreição do volume morto do sistema Cantareira na Quaresma. *Revista DAE*, v. 62, n. 197, p. 18- 25, 2014.
- RIBEIRO, C. R. *Das metrópoles sedentas à hidromegarregião Rio de Janeiro–São Paulo: a construção de uma escala regional de gestão das águas?* 2018. Tese (Doutorado) – Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.
- RODRIGUES, C.; VILLELA, F. N. J. Disponibilidade e escassez de água na Grande São Paulo: elementos-chave para compreender a origem da atual crise de abastecimento. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, v. 19, n. 3, p. 399-421, 2016. ISSN 2179-0892.
- ROGERS, P.; HALL, A. W. *Effective water governance*. Stockholm: Global Water Partnership, 2003.
- SABESP. De onde vem? Disponível em: <https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?-secaoId=31>. Acesso em: 25 jul. 2022.
- SILVA, Gabriela Canindé Rodrigues. *Governança multinível na gestão da água: o caso da transposição do reservatório Jaguari ao Sistema Cantareira (MG-RJ-SP)*. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Instituto de Energia e Ambiente, University of São Paulo, São Paulo, 2023. doi:10.11606/D.106.2023.tde-18072023-164311. Acesso em: 24 abr. 2024.
- SINISGALLI, P. A. de A; FRACALANZA, A. P.; GIATTI, L. L.; TADEU, N. T. Consequências socioeconômicas da crise da água em São Paulo. In: BUCKERIDGE, M.; RIBEIRO, W. C. *Livro branco da água. A crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo em 2013-2015: origens, impactos e soluções*. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, 2018. p.22-35.
- WOLKMER, M. D. F.; PIMMEL, N. F. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. *Sequência: Estudos Jurídicos e Políticos*, v. 34, n. 67, p. 165-198, 9 dez. 2013.

### III – MUDANÇAS CLIMÁTICAS, RISCOS E SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS



# Mudanças climáticas, sistemas socioecológicos e cidades amazônicas: eventos hidroclimáticos extremos em Novo Airão/AM<sup>1</sup>

*Lyvia Amado de Oliveira  
Neli Aparecida de Mello-Théry  
Evandro Mateus Moretto*

## **Resumo**

Uma das principais consequências das mudanças do clima é o aumento na intensidade e frequência de eventos extremos nas escalas locais e regionais. Na Amazônia, tem ocorrido eventos hidroclimáticos extremos em intervalos mais curtos de tempo, que se referem aos casos de extrema cheia e seca dos rios e que têm implicado em efeitos adversos à dinâmica socioecológica do sistema urbano e urbano-ribeirinho. Compreender os efeitos adversos e iluminar as vulnerabilidades do sistema frente aos eventos extremos torna-se oportuno para a construção de respostas adaptativas a eventos futuros. Dessa forma, este capítulo apresenta parte da pesquisa de dissertação de Oliveira (2023) realizada no Procam, em que estuda os efeitos adversos

---

1 Este trabalho apresenta uma síntese parcial de dados e discussões da dissertação de mestrado defendida no Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental - Procam da Universidade de São Paulo.

de eventos hidroclimáticos extremos na cidade de Novo Airão/AM, com entrevistas a atores-chave. Os resultados mostram que em momentos de extremas cheias há impactos na moradia, aumento de enfermidades por veiculação hídrica, desaparecimento de pontos turísticos, dificuldades na pesca e dos acessos a porções da cidade. Nos eventos de extrema seca há a dificuldade de acesso à cidade pelas comunidades e de outros municípios, assim como a incidência de mortandade de peixes e o potencial de escassez hídrica.

**Palavras-chave:** Mudanças Climáticas; Amazônia; Sistemas Socioecológicos; Eventos Hidroclimáticos Extremos; Cidades Amazônicas.

## 1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas globais são umas das mais graves crises deste século, podendo gerar efeitos irreversíveis nos ecossistemas e afetar diferentes segmentos da sociedade, sobretudo as populações mais vulnerabilizadas (Marengo; Souza Jr., 2018; IPCC, 2019). Uma das consequências resultantes das mudanças climáticas é o aumento na frequência e na intensidade de eventos extremos (IPCC, 2019), como secas, enchentes, alagamentos e propensão a incêndios florestais (IPCC, 2021).

Na Amazônia, tem ocorrido esses eventos em um intervalo de tempo mais curto (Nascimento *et al.*, 2020), sendo a maioria deles classificada como extremos, baseados em estatísticas de dados hidrológicos (Marengo *et al.*, 2013a). Nesse sentido, a região tem sido marcada, sobretudo, por eventos extremos relacionados com a subida e a descida acentuada dos níveis de rios e igarapés, que geram extremas cheias e secas respectivamente – considerados eventos extremos de caráter hidroclimático (Brasil, 2016).

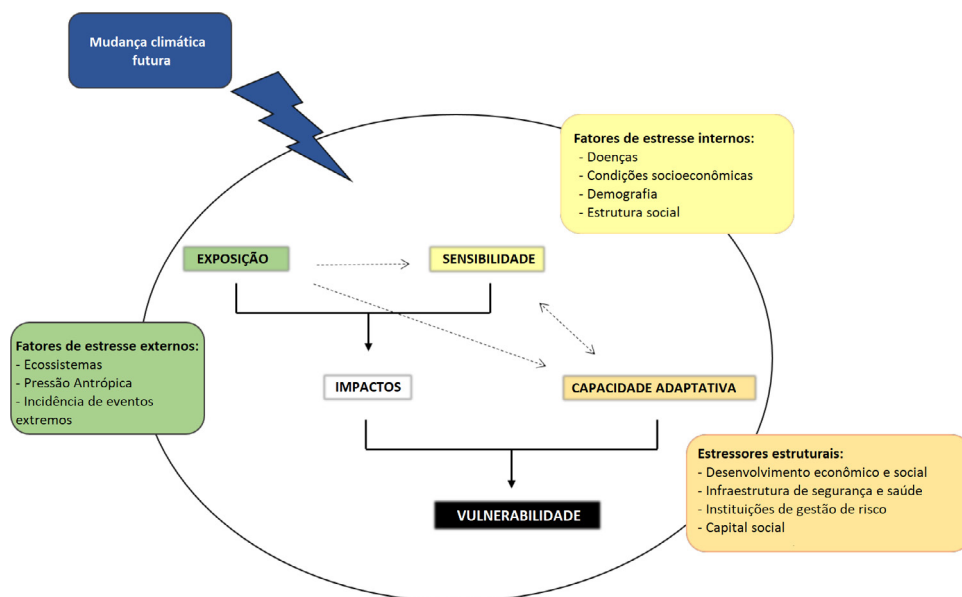
Somente no estado do Amazonas, entre os anos de 1982 e 2017, foram registrados 518 eventos hidroclimáticos extremos em diferentes municípios (S2iD, 2019). Na entrada deste século, alguns desses eventos tiveram bastante expressão na Amazônia, como as secas de 2005, 2010, 2016 e 2023 e as cheias de 2009, 2012 e 2021. Esses eventos têm gerado efeitos socioecológicos adversos na região, com impactos na saúde, educação, economia, pesca e transporte fluvial (Souza; Almeida, 2010; Sena *et al.*, 2012; Marengo; Espinoza, 2015; Pinho; Marengo; Stafford-Smith, 2015; Brondízio *et al.*, 2016). Com a necessidade de estudos que compreendam esses efeitos de eventos passados como direcionadores de respostas para contextos futuros.

Sistemas socioecológicos são considerados abertos, sujeitos ao seu ambiente mais amplo e dotados de incerteza (Preiser *et al.*, 2018). As interfaces social e ecológica são integradas com fortes *feedbacks* que geram causalidades complexas e determinam a sua dinâmica geral (Biggs; Schlüter; Schoon, 2015; Preiser *et al.*, 2018). Por isso, o foco das análises está nas relações interdependentes entre as interfaces do sistema e como elas influenciam sua estabilidade (Partelow, 2018).

Nesse contexto, a forma como eventos extremos repercutem localmente depende das condições em que os sistemas se encontram e a dinâmica estabelecida neles. Na Amazônia, a dinâmica fluvial que tece o sistema territorial urbano-ribeirinho, assim como a infraestrutura de cidades, as condições sociais e o arranjo sociopolítico têm sido aspectos aparentes na discussão sobre mudanças climáticas e os efeitos de eventos extremos na região (Pinho; Marengo; Stafford-Smith, 2015; Brondízio *et al.*, 2016; Mansur *et al.*, 2016; Bartoli, 2017; Menezes *et al.*, 2018). Com a necessidade de detalhar o que os eventos climáticos extremos têm gerado para dar subsídios a estratégias de adaptação climática como prevenção e enfrentamento dos eventos, sobretudo iluminar os aspectos de vulnerabilização do sistema a esses eventos.

Compreender fatores que vulnerabilizam os sistemas aos eventos extremos pode ser um caminho para entender os efeitos socioecológicos adversos decorrentes. A vulnerabilidade às mudanças climáticas pode ser compreendida a partir de três componentes: exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa (IPCC, 2007). Os fatores que incorporam esses componentes podem ser vistos no modelo conceitual apresentado na Figura 1.

Dessa forma, este capítulo apresenta parte do estudo da dissertação de Oliveira (2023), que pesquisou os efeitos socioecológicos adversos da cidade de Novo Airão no estado do Amazonas, iluminando os aspectos de vulnerabilidade do sistema frente aos eventos hidroclimáticos extremos. Considerando a importância desse foco para orientar estratégias adaptativas.



**Figura 1** – Modelo conceitual de vulnerabilidade e seus componentes.

Fonte: Adaptada e traduzida de Menezes *et al.* (2018).

## 2. METODOLOGIA

A área de estudo foi a cidade de Novo Airão localizada em meio ao Mosaico de áreas protegidas do Baixo Rio Negro. É uma cidade de urbanização recente, com data de ocupação em sua sede urbana a partir de 1964 (Moura, 2009). Atualmente, apresenta uma população de quase 15 mil habitantes, sendo a maior parte localizados na área urbana (IBGE, 2021). A urbanização recente tem repercutido num processo de ocupação territorial não planejada em partes da cidade mais distantes do centro, sobretudo nas margens de Igarapés.

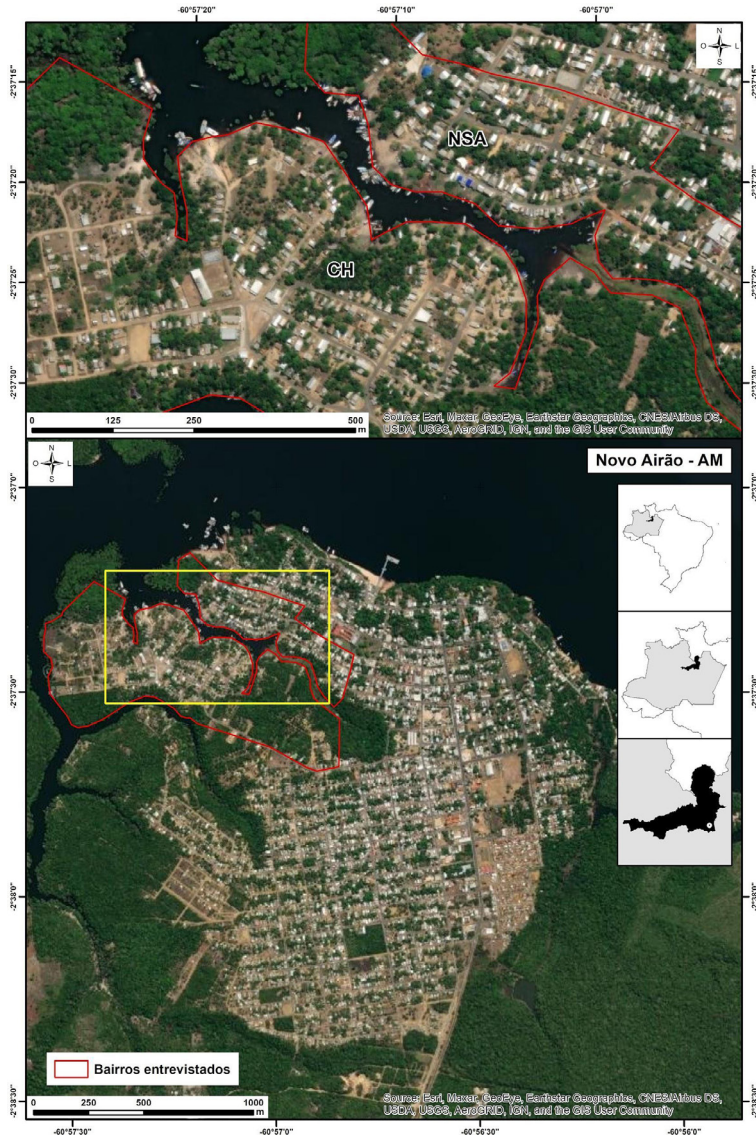
A pesquisa foi desenvolvida entre 2020 e 2023 com a realização de dois campos na cidade de Novo Airão: o primeiro no ano de 2021 e o segundo no ano de 2023. Durante os campos, realizou-se entrevistas semiestruturadas com grupos de atores-chave. As entrevistas permitem alcançar diagnósticos e orientações (Gil, 2008), sendo as entrevistas semiestruturadas uma combinação de perguntas abertas e fechadas, flexibilidade na duração e controle no volume de informações (Boni; Quaresma, 2005).

No primeiro campo, entrevistou-se atores que representassem as dimensões políticas e sociais da cidade, que foram denominados de atores institucionais como secretarias municipais, agências públicas estaduais, agentes privados e a sociedade civil como sindicato, cooperativa, organização não governamental (ONG) local. A partir de outros métodos que podem ser vistos em Oliveira (2023), o primeiro campo revelou determinados bairros como áreas de risco e dessa forma, viu-se como oportuno para o segundo campo entrevistar também moradores dessas áreas para a complementação dos dados coletados.

Dessa forma, os atores institucionais entrevistados representaram a seguinte pluralidade de setores: 1. Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos (SEMIF); 2. Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA); 3. Secretaria Municipal de Indústria, Comércio e Turismo (SEMITUR); 4. Secretaria Municipal de Assistência Social e Cidadania (SEMASC); 5. Coordenadoria da Defesa Civil municipal; 6. Unidade hospitalar de Novo Airão, representando o setor da saúde; 7. um vereador, representando a Câmara Municipal de Novo Airão; 8. Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio); 9. Polícia Civil local; 10. Agência Reco Turismo; 10. Comércio de varejo local; 11. Flutuante dos Botos (turismo); 12. Sindicato dos trabalhadores e trabalhadoras rurais, agricultoras e agricultores familiares de Novo Airão; 13. Associação de artesanato Maku Itá; 14. Cooperativa dos Catadores e Catadoras de Material Reciclável de Novo Airão (Coopmare); 15. Fundação Almerinda Malaquias.

Os moradores entrevistados são de duas áreas de risco, que se referem aos bairros de Nossa Senhora Auxiliadora (NSA) e do Chicó (CH), apresentados na Figura 2. Para a seleção de quem seria entrevistado utilizou-se o recurso da Bola de Neve, que é uma técnica de amostra não probabilística em que informantes-chaves iniciam indicando

uma pessoa e a próxima pessoa indica a seguinte e assim sucessivamente (Vituto, 2014). Iniciou com indicação por parte da Coordenadoria de Defesa Civil municipal e em sequência foi de morador para morador, sendo entrevistados 10 moradores.



**Figura 2** – Bairros dos moradores entrevistados situados em áreas de risco.

Elaborada por Marcelo Augusto dos Santos Junior (2023).

Fonte: Oliveira (2023).

Para a análise dos dados, todas as entrevistas foram gravadas em áudio e posteriormente transcritas. As transcrições foram analisadas a partir da técnica Análise de Conteúdo, que utiliza meios sistemáticos para inferir sobre os dados coletados, aplicando

categorias analíticas que permitem agrupar um conjunto de elementos (Bardin, 2011). Desse modo, para a análise das entrevistas foram utilizadas categorias temáticas – estas categorias podem ser consultadas em Oliveira (2023).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os eventos extremos de cheia e seca desencadeiam diferentes efeitos socioecológicos adversos, impactando a dinâmica da cidade e de suas áreas de influência. Esses efeitos são gerados por um conjunto de elementos que se inter-relacionam. Nesse sentido, nota-se que as áreas de risco aos eventos hidroclimáticos extremos em Novo Airão, como os bairros de Nossa Senhora Auxiliadora e Chicó, não apenas apresentam um aspecto da geografia física que contribui para a incidência desses eventos, como também se caracterizam de outros elementos que vulnerabilizam os moradores potencializando os riscos. Os resultados das entrevistas mostram que os moradores desses bairros carecem de garantias básicas para o desenvolvimento social, econômico e do bem-estar socioecológico, aspectos que têm sido vistos em outros trabalhos em cidades amazônicas (Mansur *et al.*, 2016; Brondízio *et al.*, 2016).

Entre os bairros Nossa Senhora Auxiliadora e Chicó está o igarapé Santo Antônio, que assim como os diversos igarapés e rios da região, sofre os impactos dos eventos hidroclimáticos extremos. A maioria das casas nestes bairros são de palafitas e com moradias nas margens do igarapé. Os moradores começaram a se estabelecer nesses bairros a partir do ano 2000, mas há moradores mais recentes. Vivem pessoas, sobretudo, com baixa escolaridade e que têm como fontes principais de renda programas de transferência de renda, aposentadoria, trabalho ligado aos serviços públicos municipais, obras civis, comércio local, assim como pessoas que têm seu próprio negócio como a venda de pescado ou carpintaria. A estrutura fundiária nessas áreas não é regularizada, considerando que o entorno dos igarapés são Áreas de Preservação Permanente, onde legalmente não pode haver construções.

O sistema de fornecimento de água é provido de poços artesianos e distribuído por mangueiras de borracha ligadas às casas, onde algumas das quais dispõem de caixa d'água. Os poços artesianos foram implementados pela prefeitura e a água fornecida não passa por tratamento. O sistema de esgotamento sanitário das casas é inexistente. Algumas casas têm fossas, que consistem em apenas um buraco no solo, outras despejam seus dejetos diretamente no igarapé, sendo que algumas casas não possuem banheiro e utilizam de parentes que estão na vizinhança. Os resíduos sólidos são coletados pela prefeitura por meio da coleta porta a porta e, para isso, parte dos moradores deixam os sacos de lixo em suas lixeiras, a outra parte deixa os resíduos num canto da rua junto com o de outras casas. Porções dos bairros contam com asfaltamento nas ruas e outras não possuem.

Os resultados das entrevistas mostram que, durante a ocorrência de eventos extremos de cheia, a cidade enfrenta problemas como inundações de casas, fossas e vias urbanas, além de gerar implicações para o turismo e a pesca. No Quadro 1 pode ser observado os efeitos socioecológicos, as consequências e as vulnerabilidades associados aos eventos de extrema cheia. As vulnerabilidades apresentadas na tabela consideram os aspectos de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa.

**Quadro 1** – Relação entre eventos extremos de cheia, efeitos e vulnerabilidades

Evento extremo de cheia		
Efeitos Socioecológicos	Consequências	Vulnerabilidade em questão
Inundação de casas	Deslocamento/ desalojamento de moradores	<p>Maior exposição: casas em áreas inundáveis, como em igarapés e na proximidade do rio Negro.</p> <p>Menor capacidade adaptativa: infraestrutura não adequada das casas para o enfrentamento de inundações.</p>
	Aumento de acidentes por animais peçonhentos; maior aparecimento de ratos e baratas; aumento da incidência de doenças	Maior sensibilidade: aumento do contato com animais peçonhentos e com doenças de veiculação hídrica.
Inundação das fossas	Poluição da água	Menor capacidade adaptativa: ausência de saneamento e tratamento de água (infraestrutura).
	Aumento de casos de enfermidades por veiculação hídrica, como exemplo diarreia e dengue.	Maior sensibilidade: maior contato com as doenças de veiculação hídrica e sensíveis ao clima.
Desaparecimento de pontos turísticos	Enfraquecimento do turismo, logo, da fonte de geração de renda de algumas famílias.	Menor capacidade adaptativa: dependência do equilíbrio ecossistêmico para a geração de renda.
Dificuldades na pesca	Escassez de peixe; aumento dos preços; os peixes entram nos igapós, onde há difícil acesso em extremas cheias; menor renda aos pescadores.	Menor capacidade adaptativa: dependência do equilíbrio ecossistêmico para a geração de renda; dependência de produtos externos no mercado.

Evento extremo de cheia		
Efeitos Socioecológicos	Consequências	Vulnerabilidade em questão
Inundação de vias urbanas	Lixos e rejeitos espalhados pela cidade.	Maior sensibilidade: maior contato com doenças.
	Impacto no turismo.	Menor capacidade adaptativa: turismo é afetado pela (não) organização da cidade e limpeza urbana.
	Interdição de vias urbanas e impossibilidade de passagem de pessoas e veículos.	Menor capacidade adaptativa: ausência de meios ao acesso às moradias e localidades na cidade.
	Pessoas caminhando pela água para acessar casas.	Maior sensibilidade: poluentes e animais peçonhentos.

Fonte: Adaptado da dissertação de Oliveira (2023).

Nos bairros do Chicó e de Nossa Senhora Auxiliadora, as habitações, por mais que sejam de palafitas, não têm infraestrutura adequada para enfrentar os momentos de cheias severas, ocorrendo a inundação na casa dos moradores. Nesses casos, ao inundar as casas, alguns moradores elevam o piso de suas habitações, conhecido como marombas. Este recurso depende da disponibilidade financeira da família considerando que há um custo para colocação dos tabladros de madeira (Mansur *et al.*, 2018). Porém, há momentos em que nem mesmo essa elevação do assoalho serve como resposta ao problema e os moradores têm que deixar suas casas em busca de moradia temporária. Nesse cenário, à medida que os eventos hidroclimáticos extremos se tornam mais frequentes e intensos, as comunidades na Amazônia estão perdendo gradualmente a sua capacidade de adaptação (Pinho; Marengo; Stafford-Smith, 2015).

A inundação das casas acaba por aumentar a incidência de doenças e de acidentes com animais peçonhentos. Souza e Nascimento (2017), ao pesquisarem os efeitos na saúde das grandes cheias no estado do Amazonas, observaram o aumento de notificações de acidentes com animais peçonhentos que se deve à alteração de *habitat* nesses contextos. Dessa forma, nota-se que o avanço da água dentro das casas leva a uma maior exposição dos moradores ao contato com animais peçonhentos.

Outros fatores de saúde são as consequências geradas pela inundação das fossas das casas, o que repercute na poluição das águas e o potencial aumento de casos de

enfermidade por veiculação hídrica, como, por exemplo, diarreia e dengue. Souza e Nascimento (2017) observam que em grandes cheias no estado aumenta-se os casos de doenças de veiculação hídrica. Outras doenças que as inundações podem gerar são leptospirose, cólera, hepatite, febre amarela, malária e dengue (Mansur *et al.*, 2016). Nesse sentido, eventos extremos de cheias aumentam a possibilidade de doenças sensíveis ao clima, ampliando a sensibilidade da população e aumentando a vulnerabilidade às mudanças climáticas (Menezes *et al.*, 2018).

O problema do contato com a água poluída não se refere somente a uma realidade em momentos de extrema cheias, pois algumas casas despejam seu esgoto diretamente nos igarapés. Análises em cursos d'água em Novo Airão constataram concentrações elevadas de sólidos suspensos, com turbidez d'água acima dos valores máximos permitidos, o que considera ser fruto de erosão do ambiente e de dejetos domésticos (Sousa, 2021). Nesse sentido, a elevação extrema do curso d'água, ao inundar casas e vias urbanas, aumenta a exposição ao contato com a água poluída gerando sensibilidade às doenças. A ausência de saneamento básico, no que se refere ao tratamento de esgoto e água, se desdobra num contexto de pobreza e vulnerabiliza a população aos efeitos adversos das mudanças climáticas e sua capacidade de enfrentamento (Menezes *et al.*, 2018). Observa-se que riscos potenciais em centros urbanos na Amazônia são uma combinação entre risco de inundação, condições de pobreza e deficiência no fornecimento de serviços básicos como água potável e tratamento de esgoto (Mansur *et al.*, 2016).

Além dos problemas, em específico, nos bairros do Chicó e de Nossa Senhora Auxiliadora, as entrevistas mostram que os eventos extremos de cheia geram impacto na pesca e no turismo da cidade, sendo ambos meios de geração de renda para algumas famílias. A pesca é dificultada com a elevação da água. Os peixes se dispersam em condições de inundação, que é algo natural da sazonalidade hidrológica da Amazônia (Pinho; Marengo; Stafford-Smith, 2015). No entanto, nota-se pelas falas dos entrevistados que, quanto mais as águas se elevam, maior é a dificuldade da pesca, o que leva à diminuição da venda do peixe por parte de pescadores e o aumento no preço do pescado no comércio local. Assim como, as entrevistas mostram que os impedimentos com a pesca levam as pessoas da cidade a consumirem mais outras fontes de alimento adquiridas em mercados locais.

No turismo, os efeitos adversos das extremas cheias vão desde o desaparecimento de pontos turísticos até mesmo as consequências que as inundações de vias urbanas repercutem na cidade. Em 2021, quando houve a maior cheia histórica já registrada, a chamada “Praia do Meio” (um ponto turístico ecológico de Novo Airão), não apareceu na estação da seca - momento que era para aparecer pela descida das águas. Afinal, além de um marco histórico de cheia extrema desse ano, a duração do evento foi maior devido à ocorrência de uma *La Niña* tripla, sendo esse ano de 2021, o segundo ano desse quadro.

Esse evento de *La Niña* tripla se iniciou em 2020 e ocorreu consecutivamente até 2022, sucedendo um raro evento denominado de *triple-dip*<sup>2</sup> (NASA, 2022).

As inundações de vias urbanas durante esses eventos, além de impedir a circulação de veículos e pessoas, também causam acúmulo de lixo e rejeitos espalhados pelas áreas atingidas. Nesse sentido, as entrevistas com os atores institucionais revelaram que a organização e a limpeza da cidade é algo importante para a recepção de turistas, que é impactada com as extremas cheias. Além de um impacto na organização da paisagem da cidade, os lixos espalhados expõem à proliferação de doenças, insetos e roedores (Mansur *et al.*, 2016). Por exemplo, nos bairros de Nossa Senhora Auxiliadora e do Chicó, há relatos de moradores andarem pelas águas para acessarem suas casas, o que também os sensibiliza aos poluentes e a acidentes com animais peçonhentos.

Os eventos extremos de seca, por sua vez, geram efeitos adversos relacionados a dificuldades no transporte fluvial, aumento de nuvens de poeira, ocorrência de mortalidade de peixes e diminuição no volume de água nos poços artesianos. No Quadro 2 pode ser observado os efeitos socioecológicos que foram identificados como decorrentes dos eventos de extrema seca, assim como as consequências desses efeitos e as vulnerabilidades implicadas nos efeitos, considerando os aspectos de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa.

Os resultados das entrevistas evidenciam que uma das principais consequências dos eventos extremos de seca está relacionada com as dificuldades no transporte fluvial. Os bairros do Chicó e de Nossa Senhora Auxiliadora são locais onde a maioria dos moradores utiliza o meio fluvial como locomoção para suas atividades, como pesca e visitas a familiares nos interiores.

Para os moradores que vivem nessas áreas, as consequências são a dificuldade ou ainda, o impedimento da circulação de fluvial e o aumento das distâncias de onde estacionam os barcos até suas casas. Para os moradores, essa última condição implica em insegurança pública, devido a furtos de pertences. Do mesmo modo, ao pararem as embarcações longe de suas casas, os moradores têm que carregar a pé, por distância maiores, equipamentos pesados, como motor do barco e malhadeira de pesca. Alguns moradores são idosos, o que torna uma dificuldade o carregamento de pesos por longas distâncias.

Ao refletir sobre o transporte fluvial de Novo Airão como um todo, que é uma cidade com acesso por vias terrestres desde Manaus e de outros municípios próximos, os eventos extremos de seca não impedem totalmente a mobilidade dos moradores ou da dinâmica da cidade. No entanto, ainda assim, impactam a pesca e a chegada de

---

2 Triple-dip La Niña é considerado um evento raro e se refere ao resfriamento do Oceano Pacífico por três anos consecutivos.

**Quadro 2 –** Relação entre eventos extremos de seca, efeitos e vulnerabilidades

Evento extremo de seca		
Efeitos socioecológicos	Consequências	Vulnerabilidade em questão
Dificuldades no transporte fluvial	Aumento das distâncias de onde estaciona-se o barco até a casa de moradores.	Maior sensibilidade: moradores idosos Menor capacidade adaptativa: insegurança pública ao parar o barco longe de casa.
	Dificuldades de acesso aos portos da cidade.	Menor capacidade adaptativa: infraestrutura que não permite receber grande e numerosas embarcações.
	Implicações no acesso à cidade por comunidades dos interiores e dificuldades das pessoas da cidade acessarem essas comunidades.	Menor capacidade adaptativa: dependência deste modal para locomoção; comunidades dos interiores dependentes de serviços urbanos (banco, escola, hospital, mercado etc.); instabilidade dos preços nos mercados na cidade.
	Impacto no turismo por dificultar o acesso a pontos turísticos, por muita pedra nos rios, comprometendo a navegação.	Menor capacidade adaptativa: dependência do equilíbrio ecossistêmico para a geração de renda.
Mortandade de peixes	Perda de peixes; dificuldade de pesca e acesso ao alimento; perda de renda de pescadores.	Menor capacidade adaptativa: fonte de renda; dependência do mercado/ comércio da cidade; Maior sensibilidade: dependência de outras fontes de alimento.
Diminuição do volume de água nos poços artesianos	Potencialidade de escassez d'água.	Menor capacidade adaptativa: abastecimento de água por poços artesanais; aumento do consumo de água de igarapés e rio, que podem ser distantes a depender do bairro, além de não potáveis.

Fonte: Oliveira (2023).

embarcações de outras localidades no porto da cidade, responsáveis pelo transporte de mercadorias e de pessoas dos interiores e de outros municípios.

Nesse sentido, uma questão que extrapola a cidade e que foi levantada nas entrevistas é sobre o isolamento de comunidades dos interiores, que ficam com dificuldade de acesso à cidade, assim como o acesso de pessoas do meio urbano para as comunidades. A Amazônia ocidental, onde localiza-se Novo Airão, é marcada por ligações fluviais (Bartoli, 2020). Nas entrevistas, nota-se que muitos moradores da cidade têm casas ou famílias que moram nos interiores, o que torna constante a circulação entre a cidade e os interiores. Além disso, as pessoas que vivem nas comunidades dos interiores acessam a cidade para venda de produtos, como a farinha de mandioca, bem como para acessar serviços públicos como educação, saúde, programas de transferência de renda, oportunidades de emprego e mercado (Schor; Azenha; Bartoli, 2018). Nesse sentido, eventos extremos de seca afetam o sistema territorial urbano-ribeirinho (Bartoli, 2017).

O turismo local é também um setor afetado pelas dificuldades no transporte fluvial durante os eventos extremos de seca. Segundo os atores institucionais entrevistados, os períodos sazonais normais de seca são bons para o turismo por causa do aparecimento de praias. No entanto, quando ocorrem os eventos extremos de seca, há o aparecimento de muita pedra no rio e fica difícil a navegação acarretando na diminuição de passeios turísticos. Isto ressalta o fato da dependência do equilíbrio ecossistêmico para a geração de renda de algumas famílias na cidade, que têm o turismo como atividade econômica principal.

Além das dificuldades ao transporte fluvial, os eventos extremos de seca geram aumento de nuvens de poeira nas áreas não asfaltadas na cidade, o que tem gerado implicações respiratórias, segundo os entrevistados. Isto ocorre nas áreas não asfaltadas na cidade, que são os bairros mais distantes do centro, onde estão situados os bairros do Chicó e o de Nossa Senhora Auxiliadora.

Ademais, a mortandade de peixes é um outro efeito que tem sido notado pelos entrevistados durante eventos extremos de seca, o que gera tanto impacto negativo na biodiversidade quanto na alimentação da população local. Este assunto na Amazônia tem sido discutido na literatura científica, sobretudo, referente aos eventos dos anos de 2005 e 2009 (Souza; Almeida, 2010; Sena *et al.*, 2012; Bartoli, 2017). A mortandade de peixes em extremos de seca ocorre em função da do aumento da matéria orgânica e consequente diminuição de oxigênio dissolvido na água, acarretando qualidade da água inadequada para as espécies de peixes de grande porte (Pinho; Marengo; Stafford-Smith, 2015). Esse contexto implica nas atividades de pescadores e faz com que as pessoas fiquem dependentes de outras fontes de alimento, em sua maioria comercializadas nos mercados da cidade como nos eventos de extrema cheia, além de um impacto na teia alimentar do ambiente aquático.

A diminuição do volume de água nos poços artesianos foi outro efeito identificado nas entrevistas frente às secas extremas. Os moradores da cidade dependem do abastecimento de água provindo de poços artesianos. Quando não, buscam água no rio Negro que, dependendo da localização, como é o caso dos bairros Chicó e de Nossa Senhora Auxiliadora, a distância é longa e a água não é tratada. Nota-se que aspectos como baixa infraestrutura e precariedade no fornecimento de serviços públicos como água potável, saneamento, drenagem, assim como baixa renda dos moradores, crescimento urbano para áreas de risco, além da má governança, são elementos de destaque nas vulnerabilidades de cidades amazônicas (Mansur *et al.*, 2016).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou os efeitos socioecológicos adversos gerados pelos eventos hidroclimáticos extremos, referente às extremas cheias e secas na cidade de Novo Airão/AM. Em meio ao cenário de mudanças climáticas, as cidades estão em contínua expansão e na região Amazônica não é diferente. Nesse sentido, o planejamento urbano deve considerar os aspectos culturais, a intrínseca relação com o rio e os fatores sociais da região para que não haja aumento da exposição a eventos, sensibilidade à saúde e maior fragilização da capacidade adaptativa do sistema socioecológico urbano e urbano-ribeirinho. Nesse sentido, entende-se que vulnerabilidades podem ser consideradas como elementos estruturantes no planejamento e gestão territorial frente à mudança do clima, o que pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias adaptativas mais assertivas às necessidades urgentes e redução das incertezas para processos de tomada de decisão.

Observou-se que os efeitos nas extremas cheias estão relacionados à moradia, saúde, mobilidade urbana, bem como às atividades de pesca e do turismo local. Nos eventos de extrema seca, os efeitos identificados foram na segurança pública, incidência de mortalidade de peixes, o potencial de escassez hídrica e, sobretudo, dificuldades na logística fluvial impactando diferentes setores tanto o sistema urbano quanto o urbano-ribeirinho.

As vulnerabilidades a esses efeitos, citadas ao decorrer do texto, apresentam como elementos centrais que dosam a magnitudes desses efeitos. No contexto de Novo Airão, nota-se que as ações de adaptação devem focar em moradias adequadas, tratamento de água e esgoto, reservatórios de água, meios para contornar o impacto do transporte fluvial. Trabalhos futuros podem construir instrumentos que permitam analisar mais profundamente as vulnerabilidades e conectá-las às estratégias adaptativas.

#### 5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de Financiamento 001 e do

Programa de Ciência Ambiental (Procam) do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE-USP). Assim como, teve apoio da Fundação Vitória Amazônica (FVA) para o desenvolvimento das atividades de pesquisa. Agradecimentos à professora Dra. Neli Aparecida de Mello-Théry, que teve papel fundamental na construção do projeto de pesquisa do mestrado.

## REFERÊNCIAS

- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Tradução de Luís Antero Reto, Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011, 281 p.
- BARTOLI, E. Cidades pequenas na Amazônia e ordenamento territorial: redes de sujeitos locais e as redes urbanas de Urucará (AM) e São Sebastião do Uatumã (AM). *Geoingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em geografia*. v. 12, n.1, p. 80-105, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4025/geoinga.v12i1.50956>
- BARTOLI, E. *O retorno ao território a partir da cidade: sistemas territoriais urbano-ribeirinhos em Parintins (AM)*. 2017. 297 f. Tese de Doutorado (Pós-graduação em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2017.
- BIGGS, R.; SCHLÜTER, M.; SCHOON, M. An introduction to the resilience approach and principles to sustain ecosystem services in social-ecological systems. In: BIGGS, R.; SCHLÜTER, M.; SCHOON, M. (Orgs.). *Principles for building resilience: sustaining ecosystem services in social-ecological systems*. Cambridge: Cambridge University Press, 2015, 1–31 p.
- BONI, V.; QUARESMA, J. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. *Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC*, v.2, n. 1(3), p. 68-80, 2005.
- BRASIL. *Decreto nº 5.376 de 17 de fevereiro de 2005*. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC e o Conselho Nacional de Defesa Civil, e dá outras providências. Diário Oficial da União, seção 1, p.6, Brasília. 18 fev. 2005.
- BRONDÍZIO, E. S. *et al.* Social and health dimensions of climate change in the Amazon. *Annals of Human Biology*, v. 43, n. 4, p. 405-414, 2016. DOI: 10.1080/03014460.2016.1193222.
- GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 200 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). SIDRA – Acervo: Tabela 200 – População residente, por sexo, situação e grupos de idade – Amostra – Características Gerais da População. Brasília, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/Q>. Acesso em: out. 2021.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate change and land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems - Summary for Policymakers*. [SHUKLA, P. R. *et al.* (eds.)]. In press, 2019.

- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Full Report. In: *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007 [PACHAURI, R. K.; REISINGER, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2007.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Summary for Policymakers, 2021. In: *Climate Change 2021: the physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [MASSON-DELMOTTE, V. et al. (eds.)]. Cambridge University Press. In Press, 2021.
- MANSUR, A. V. et al. An assessment of urban vulnerability in the Amazon Delta and Estuary: a multi-criterion index of flood exposure, socio-economic conditions and infrastructure. *Sustain Sci*, v. 11, p. 625-643, 2016.
- MANSUR, A. V. et al. Adapting to urban challenges in the Amazon: flood risk and infrastructure deficiencies in Belém, Brazil. *Regional Environmental Change*, n. 18, p. 1411-1426, 2018.
- MARENCO, J. A. et al. Recent Extremes of Drought and Flooding in Amazonia: Vulnerabilities and Human Adaptation. *American Journal of Climate Change*, v. 2, n. 2, 87-96p., 2013a. DOI: 10.4236/ajcc.2013.22009.
- MARENCO, J. A. et al. Two contrasting severe seasonal extremes in tropical South America in 2012: Flood in Amazonia and Drought in Northeast Brazil. *American Journal of Climate*, v. 26, n. 22, 9137-9154, 2013b. DOI: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00642.1>.
- MARENCO, J. A.; ESPINOZA, J. C. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. *International Journal of Climatology*, n. 36, p. 1033-1050, 2016. DOI: 10.1002/joc.4420.
- MARENCO, J. A.; SOUZA JR., C. *Mudança Climáticas: impactos e cenários para Amazônia*, 2018. Relatório. Disponível em: [https://www.oamanhae hoje.com.br/assets/pdf/Relatorio\\_Mudancas\\_Climaticas-Amazonia.pdf](https://www.oamanhae hoje.com.br/assets/pdf/Relatorio_Mudancas_Climaticas-Amazonia.pdf). Acesso em: 25 maio 2020.
- MENEZES, J. A. et al. Mapping human vulnerability to climate change in the Brazilian Amazon: The construction of a municipal vulnerability index. *PLoS One*, v. 13, n. 2, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190808>.
- MOURA, S. *Diagnóstico ambiental da cidade de Novo Airão* (Dissertação de mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.
- NASCIMENTO, J. S. M. do et al. Mudanças no uso da terra na Amazônia ocidental e a resposta do microclima à ocorrência de eventos extremos. *Rev. Brasileira de Meteorologia*, v. 35, n. 1, p. 135-145, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786351009>.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). La Niña Times Three. NASA, 29 nov. 2022. Disponível em: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/150691/la-nina-times-three>. Acesso em: 21 mar. 2024.

- OLIVEIRA, L. A. Mudanças climáticas globais, eventos hidroclimáticos extremos e gestão adaptativa local: pesquisa-ação na cidade de Novo Airão/AM. 2023. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.
- PARTELOW, S. A review of the social-ecological systems framework: applications, methods, modifications, and challenges. *Ecology and Society*, v. 23, n. 4, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-10594-230436>.
- PINHO, P. F.; MARENGO J. A.; STAFFORD-SMITH M. Complex Socio-economical dynamics driven by extreme events in the Amazon. *Reg. Environ. Change*, v. 15, n. 4, p. 643–655, 2015. DOI: 10.1007/s10113-014-0659-z
- PREISER, R. *et al.* Social-ecological systems as complex adaptive systems: organizing principles for advancing research methods and approaches. *Ecology and Society*, v. 23, n. 4, 46 p., 2018. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-10558-230446>.
- SCHOR, T.; AZENHA, G.; BARTOLI, E. Contemporary urbanization in the Brazilian Amazon: food markets, multisited households and ribeirinho livelihoods. *Confins*, nº 37, 2018.
- SENA, J. A., *et al.* Extreme events of droughts and floods in Amazonia: 2005 and 2009. *Water Resour. Manage*, v. 26, n. 6, p. 1665-1676, 2012. DOI: 10.1007/s11269-012-9978-3.
- SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES (S2iD). Relatórios. Brasília, 2019. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios/>. Acesso em: jul. 2019.
- SOUSA, P. K. N. *Avaliação de indicadores de qualidade da água em diferentes níveis de influência antrópica entre as cidades de Novo Airão e Manaus - AM.* 2021. 134f. Dissertação (Mestrado em Química – Analítica) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- SOUZA, J. C. R.; ALMEIDA, R. A. Vazante e enchente na Amazônia Brasileira: impactos ambientais, sociais e econômicos. *In: VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física.* 2010. Universidade de Coimbra.
- SOUZA, R. F. de; NASCIMENTO, S. L. do. Doenças e agravos no contexto das grandes inundações graduais no Estado do Amazonas - Brasil. *Hygeia - Rev. Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, v. 13, n. 26, p. 139–147, 2017. DOI: <https://doi.org/10.14393/Hygeia132611>.
- STEFFEN, W. *et al.* Planetary Boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*, v. 347, n. 6223, 2015. DOI: 10.1126/science.1259855
- STEFFEN, W. *et al.* Trajectories of the earth System in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, v. 115, n. 33, p. 8252-8259, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>.
- VINUTO, J. A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto. *Temáticas*, Campinas, v.22, n.44, p. 203-220, 2014. DOI: 10.20396/tematicas.v22i44.1097

# Indicadores tradicionais utilizados pelo povo indígena Khĩsêtjê para prever a época de seca e chuva e planejar a agricultura

*Lia Taruiap Troncarelli  
Carla Morsello*

## **Resumo**

As mudanças climáticas (MC) já afetam populações de pequena escala (ppe) em todo o mundo. Embora o cenário seja preocupante, os povos indígenas têm o potencial de agir como protagonistas nesse cenário, contribuindo mitigação das MC com a observa o direta no local onde vivem e com seus conhecimentos tradicionais. Essa percep o sobre o clima e as variabilidades climáticas   importante aos povos indígenas e ao conhecimento científico por contribuir na interpreta o das MC em curso, auxiliar na tomada de decisões e fornecer informa es para locais cujos dados são inexistentes ou incompletos. Este capítulo tem como objetivo entender a percep o de indivíduos do povo indígena Khĩs tj , da Amazônia brasileira, sobre os indicadores físico-biológicos conhecidos para prever a época de seca e chuva. O delineamento empregado foi observacional do tipo transversal, por meio de *survey* por entrevistas estruturadas presenciais. As entrevistas foram realizadas em agosto de 2019 com indivíduos da comunidade Khĩkatxi (n=109), seguindo uma amostragem não probabilística. Conclui-se que os Khĩs tj  utilizam o conhecimento tradicional para fazer previsões de curto prazo (dias/semanas) para antever: (i)

o período do ano como as épocas da seca e de chuva e (ii) especificamente o início das chuvas e do plantio de mandioca no roçado.

**Palavras-chave:** Conhecimento tradicional; Indicador tradicional; Atividades de subsistência; Percepção.

## 1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas (MC) já estão ocorrendo e impactando os sistemas natural e humano ao redor do mundo (IPCC, 2018), afetando a vida de milhões de pessoas. Porém, sobretudo as populações de pequena escala indígenas e tradicionais (ou locais) devem ser mais impactadas negativamente (Cohn *et al.*, 2017; IPCC, 2018; Savo *et al.*, 2016). Inclusive, este é o caso das populações de pequena escala na Amazônia, como muitos dos povos indígenas que habitam 424 terras indígenas na Amazônia Legal, equivalentes a 23% deste território (ISA, 2021).

Condizente com o grau de ameaça que sofrem, as populações de pequena escala, em diversos locais do mundo, já estão percebendo as MC. Essa percepção sobre o clima e as variabilidades climáticas é de extrema importância aos povos indígenas e outras partes interessadas. Nos povos indígenas, tal percepção é mediada pelo conhecimento tradicional local, o qual é gerado em um processo dinâmico de observação, por vezes repetidas, de algum fenômeno. Com isso, o conhecimento pode permitir a certos indivíduos o reconhecimento de indicadores físicos (*e.g.*, constelações, formato das nuvens, ciclo lunar, aumento da seca, diminuição da precipitação) e/ou biológicos associados às mudanças (*e.g.*, comportamento dos animais, florescimento de plantas) (Inman; Hobbs; Tsvuura, 2020). Por exemplo, para o povo indígena Himba habitante da Namíbia, indicadores biológicos como o movimento de aves e a presença de determinados insetos indicam quando haverá seca (Inman; Hobbs; Tsvuura, 2020). A partir daí, o conhecimento é transmitido entre indivíduos de uma mesma ou através de diferentes gerações, sendo que a sua aquisição é influenciada por experiências prévias, crenças, hábitos, visões de mundo e normas sociais (Berkes; Berkes, 2009). Este conhecimento é também a base para a tomada de decisões quanto ao uso e à gestão dos recursos naturais (Bauer; De Jong; Ingram, 2022; Pyhälä *et al.*, 2016). Por exemplo, os povos indígenas no Peru e na Bolívia utilizam um indicador físico a constelação das Plêiades, para preverem a quantidade de precipitação esperada na estação chuvosa e, quando devem plantar (Orlove; Chiang; Cane, 2002). Portanto, a percepção sobre as variabilidades climáticas e seus efeitos sobre as atividades locais pode existir ou não devido ao conhecimento tradicional transmitido entre indivíduos. Com isso, o conhecimento pode auxiliar as pessoas a interpretarem o que ocorrerá no futuro próximo de poucas horas, ou em períodos mais longos, como meses.

Por conta dessa visão, a literatura científica afirma reiteradamente que a percepção sobre as MC é vital para a sobrevivência das populações de pequena escala, dado que estas dependem diretamente das condições climáticas para realização de suas atividades de subsistência (Balehegn *et al.*, 2019) e uso dos recursos naturais. Especialmente para a agricultura, a capacidade de perceber as condições climáticas, e até mesmo prever o clima, é importante, pois a atividade exige planejamento do local (*e.g.*, próximo/distante do rio e da casa) e de quando cada fase será executada (*e.g.*, preparação do terreno, queima, plantio, colheita de produtos) (Mugi-Ngenga *et al.*, 2021), como estudos com povos indígenas da Amazônia peruana mostram (Lastra Landa; Grados Bueno, 2022). Portanto, para que os povos indígenas tenham condições e capacidade de lidar com as MC e suas consequências, é vital que eles percebam as mudanças esperadas e em curso as suas terras e os seus recursos, assim como consigam prever o que poderá ocorrer em um futuro próximo ou mais distante. Ou seja, a percepção é o primeiro passo para que estas populações possam delinear e implementar estratégias de adaptação, quando necessário (Deressa; Hassan; Ringler, 2011).

Ao perceberem as MC, as populações podem potencialmente agir como protagonistas desse cenário de ao menos três maneiras. Primeiro, podem continuar contribuindo à mitigação das mudanças, com a conservação de seus territórios, uma vez que aproximadamente 36% das áreas de floresta bem conservadas do mundo estão dentro de Terras Indígenas (Fa *et al.*, 2020). Segundo, podem auxiliar seus próprios povos com a observação direta no local onde vivem e com os seus conhecimentos tradicionais acumulados ao longo de gerações sobre as MC e seus indicadores físicos e biológicos (Kom *et al.*, 2022; SBPC, 2021). Por fim, a percepção das comunidades locais pode auxiliar na complementação de dados científicos em regiões onde estes são escassos pela: (i) inexistência de equipamentos necessários para medição das variáveis climáticas no local ou (ii) sua insuficiência para coletar continuamente as informações por motivos técnicos ou operacionais (Reyes-García *et al.*, 2016; Savo *et al.*, 2016).

Apesar de reiteradas manifestações a respeito da importância da percepção das MC, o debate científico sobre o tema é pouco qualificado por ao menos duas razões distintas.

Primeiro, porque o conceito de percepção na literatura é utilizado adotando diferentes constructos e com diferentes significados, o que impede entender quais aspectos são efetivamente importantes. Isso ocorre devido à falta de padronização no uso e no significado dos termos, que torna a comparação entre resultados de investigações inviável (Troncarelli; Morsello, 2022). Por exemplo, o conceito de percepção pode ser definido explicitamente como a experiência prévia com as MC (Bauer; De Jong; Ingram, 2022; Sreenonchai; Arunrat, 2019), mas também como percepção de risco (Almudi; Sinclair, 2022; Tiet; To-The; Nguyen-Anh, 2022) ou percepção no sentido de estímulo-

los do ambiente e/ou sensoriais (Belay *et al.*, 2022; Mairura *et al.*, 2021; Torres *et al.*, 2022). Além disso, muitas vezes o sentido não é explicitado nos estudos, mas implicitamente se refere a constructos diversos como, por exemplo, crença (Sraku-Lartey *et al.*, 2020), consciência (Akano *et al.*, 2022), exposição indireta às informações sobre as MC via mídia ou outras pessoas (Shukla *et al.*, 2019), conhecimento tradicional (Kom *et al.*, 2022) ou preocupação com as MC (Lone *et al.*, 2022).

Segundo, embora o que as populações de pequena escala percebem sobre as MC as auxiliem a tomar decisões necessárias, tanto no planejamento das atividades de subsistência (Alemayehu; Hizkeal, 2022; Kom *et al.*, 2022; Mugi-Ngenga *et al.*, 2021), quanto no desenvolvimento de estratégias de adaptação às MC (Ankrah; Kwapong; Boateng, 2022), pode haver discordâncias ou vieses entre o que é percebido pelas pessoas e o que está de fato ocorrendo. Esta diferença entre as condições reais e a percepção das pessoas dessa realidade reduz a habilidade das populações tradicionais de lidarem com os efeitos adversos das MC, ou de orientarem suas decisões de forma adequada para se adaptarem aos seus efeitos negativos (Son; Chi; Kingsbury, 2019). Além disso, mesmo que em alguns locais a percepção das populações concorde com a realidade (Ankrah; Kwapong; Boateng, 2022), há incertezas inerentes às MC devido à imprevisibilidade natural dos fenômenos climáticos, inclusive dos eventos extremos que são deletérios (Kagunyu; Wandibba; Wanjohi, 2016; Son; Chi; Kingsbury, 2019). Por conta disso, as MC têm provocado redução na confiança de populações de pequena escala em interpretar e utilizarem preditores climáticos tradicionais na tomada de decisão, sejam estes físicos (*e.g.*, condições de umidade) ou biológicos (*e.g.*, florescimento de plantas) (Alemayehu; Hizkeal, 2022; Hosen; Nakamura; Hamzah, 2020).

Sendo assim, este capítulo tem como objetivo descrever quais indicadores físicos e biológicos são utilizados em uma sociedade de pequena escala indígena da Amazônia para prever o período do ano (início das épocas de seca e de chuva) e planejar a agricultura, e se existe conhecimento comum a esse respeito. Para isso, o estudo focará na análise do povo indígena Khîsêtjê, procurando entender quais desses aspectos são equivalentes em outras sociedades do mesmo tipo na Amazônia e, quando pertinente, em outras populações de pequena escala de outras regiões do mundo.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Área de estudo

O povo indígena Khîsêtjê habita a Terra Indígena (T.I.) Wawi, com 150 mil hectares, homologada em 1998 e localizada no sudoeste da Amazônia Legal, Estado de Mato Grosso, Brasil (ISA, 2022).

Os Khîsêtjê fazem parte do tronco linguístico Jê, da família linguística Macro-Jê (ISA, 2019). Em 2020, a população era de 589<sup>1</sup> pessoas (Mendonça, 2021) e, até 2019, ano da coleta de dados, havia cinco aldeias dentro da T.I.: Khîkatxi, Jarumã, Horehusîkrô, Ngôsôkô, Ngôjhwêrê. Entre 2019-2021, outras aldeias foram criadas, totalizando nove aldeias: Khîkatxi, Jarumã, Horehusîkrô, Ngôsôkô, Ngôjhwêrê, Riktxikhô, Ngôtxire, Wakatxi e Thyrykhô (Mendonça, 2021).

As atividades de subsistência que os Khîsêtjê dependem são divididas por gênero e consistem na pesca, caça, coleta de produtos da floresta e agricultura para subsistência. Dois rios principais atravessam a T.I.: os rios Suiá Miçú e Pacas. Na fronteira a oeste e ao sul da T.I., encontra-se a Terra Indígena Parque do Xingu (T.I.X.), criada em 1961<sup>2</sup>, assim como as T.I.s Batovi e Pequizal do Narovutu, habitadas por 16 povos indígenas. Já na fronteira leste, há grandes empresas rurais de plantações de soja e milho, que acentuam a pressão e o desmatamento sobre as T.Is da região, além de assentamentos de reforma agrária.

## 2.2. Delineamento e métodos de coleta de dados

Este capítulo empregou um delineamento observacional do tipo transversal (*cross-sectional*), portanto não houve intervenção do pesquisador e os dados foram coletados em um único momento no tempo (Newing *et al.*, 2011). Na coleta de dados adotou-se uma abordagem quantitativa por meio de *survey* por entrevistas estruturadas presenciais realizadas no período diurno. O *survey* seguiu um protocolo estruturado, coletando informações das mesmas variáveis em uma mesma unidade amostral (De Vaus, 2002). As entrevistas estruturadas consistiram em um conjunto idêntico pré-definido de perguntas apresentadas de forma igual a todos os entrevistados (Newing *et al.*, 2011).

As entrevistas estruturadas foram realizadas em agosto de 2019 com indivíduos da comunidade Khîkatxi (n=109, i.e. 47% dos habitantes da comunidade Khîkatxi com idade  $\geq$  18 anos). A amostragem foi não probabilística por conveniência (Newing *et al.*, 2011), ou seja, todos os indivíduos da comunidade Khîkatxi (n=231) foram convidados a participar das entrevistas, desde que tivessem mais de 18 anos de idade<sup>3</sup>,

1 O número equivale a população total, considerando outros povos que moram junto aos Khîsêtjê.

2 O Território Indígena do Xingu contempla quatro terras indígenas contíguas: T.I. Wawi e T.I. Batovi homologadas em 1998; T.I. Parque Indígena do Xingu homologada em 1961 e T.I. Pequizal do Narovutu homologada em 2016.

3 Em 2019 na comunidade Khîkatxi havia 388 indivíduos, dentre os quais, 157 tinham idade inferior a 18 anos. A idade de corte de 18 anos foi escolhida, pois é a idade de referência brasileira para a maioria civil. Portanto, as informações vieram de todos os indivíduos adultos disponíveis que quiseram participar da entrevista, com idade de corte de 18 anos.

mas apenas uma parte foi efetivamente entrevistada. A unidade amostral para coleta de dados foi o indivíduo.

As entrevistas foram aplicadas de forma presencial e igualmente com todos os entrevistados, durando aproximadamente 60 minutos. Um intérprete Khîsêtjê, previamente treinado e escolhido pela própria comunidade, esteve presente em todas as entrevistas para auxiliar com a tradução do idioma Khîsêtjê para o português. A plataforma *Open Data Kit (ODK) Briefcase* (<https://docs.getodk.org/>) foi utilizada como *software* para a coleta e o armazenamento de informações das entrevistas, que foram realizadas presencialmente no formato digital utilizando um tablet. O protocolo das entrevistas pode ser acessado na tese de doutorado de Lia Taruiap Troncarelli (Troncarelli, 2023).

### 2.3. Considerações éticas

O estudo foi autorizado, primeiro, pela Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI) (Autorização nº 94/AAEP/PRES/2018, processo nº 08620.013206/2018-41). Segundo, pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) através da submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (CAAE nº 97750818.9.0000.5390). A participação nas entrevistas foi voluntária e consentida previamente pela comunidade. A comunidade foi visitada antes do início da coleta de dados para avaliar sua aceitação e explicar os objetivos da pesquisa, métodos e esclarecer qualquer dúvida. Durante todo o trabalho de campo, os Khîsêtjê foram lembrados que a participação era voluntária e que a identidade dos participantes não seria divulgada.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Khîsêtjê utilizam o conhecimento tradicional sobre vários sinais da natureza para prever em qual período do ano iniciarão as épocas de seca e chuva, estimativas que equivalem a previsões de curto prazo como dias/semanas (Tabela 1). Os indicadores físicos incluem observações sobre (1) constelações<sup>4</sup> e seu posicionamento no céu; (2) o início da queda no nível do rio, que indicaria o início da seca e (3) o início do sopro de ventos, delimitando o início da seca. Já aqueles biológicos são mais variados, como: (1) a queda de flores e o florescimento de certas árvores que indicariam o início das chuvas, como o murici-do-mato (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich) e pequi (*Caryocar*

---

4 Segundo os Khîsêtjê, há uma constelação conhecida como Mbôtxihra, onde é retratada uma onça atacando um veado. Também mostra a anta, a sucuri, os gêmeos e o ser de duas cabeças Khukhrâtxi. Quando o Mbôtxihra está mais ao lado norte e a onça aparece mais ao lado sul, ao amanhecer, significa o início das chuvas (época da chuva) (Suyá *Et Al.*, 1999). Já Quando As Chuvas Cessam (Época Da Seca), A Constelação Fica No Meio Do Céu, Bem Centralizada.

*brasiliense Camb*), ou o início da seca, como a cabaça (*Lagenaria siceraria*), urucum (*Bixa orellana*) e o murici-do-mato (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich); os sons produzidos por animais, como (2) o canto das cigarras, que emitem sons diferentes a depender do período do ano; (3) o coaxar de sapos, e.g., sapo-cururu (*Rhinella marina*); (4) o canto de aves, como o socozinho (*Butorides striata*; tôtô na língua) e jaó (*Crypturellus undulatus*), que indicariam o início das chuvas, enquanto que o canto da alma-de-gato (*Piaya cayana*; wekã na língua) e do bacurau (*Hydropsalis albicollis*) indicariam o início da época de seca, e (5) a presença de insetos como borboletas na beira dos rios, indicando o início da seca.

Não apenas os Khîsêtjê, mas populações de pequena escala ao redor do mundo também utilizam indicadores tradicionais semelhantes para previsões climáticas e a tomada de decisão sobre atividades de subsistência (Iticha; Husen, 2019; Mushimbei; Libanda, 2022; Nkuba *et al.*, 2020), variando conforme a região em que se encontram e a disponibilidade de recursos (ver Tabela 1). Por vezes, tais indicadores são, inclusive, empregados em conjunto com métodos de previsão científicos (Ankrah; Kwapong; Boateng, 2022; Streefkerk *et al.*, 2022).

Porém, para algumas populações de pequena escala, existe atualmente certa desconfiança no uso desses indicadores, devido à baixa consistência entre o que é previsto e o que de fato ocorre, como é o caso de comunidades em Gana (Adanu; Abole; Gbedemah, 2022), Bolívia (Bauer; De Jong; Ingram, 2022) e na África do Sul (Jiri *et al.*, 2016). Problema equivalente parece estar ocorrendo com os Khîsêtjê. Segundo eles, os indicadores para o início da época de chuva continuam os advertindo de forma adequada e, sendo assim, são utilizados por 70% dos entrevistados. Já aqueles indicadores para o início da época de seca são utilizados por porcentagem substancialmente menor (54% dos entrevistados ainda o utilizam), o que condiz com as alterações na duração dessa estação previstas pelo portal *The Climate Source* (The Climate Source, 2022).

Mesmo que as MC afetem todas as atividades de subsistência, os indicadores tradicionais relatados parecem ser importantes principalmente para a atividade agrícola, pois esta exige planejamento prévio. Outras atividades, como caça, pesca e coleta de produtos da floresta, são menos relatadas, talvez por serem atividades muitas vezes oportunistas e que não necessitam de planejamento de longo prazo, além da inviabilidade de se controlar o processo.

O uso de indicadores tradicionais para tomada de decisão em populações de pequena escala é importante (Balehegn *et al.*, 2019; Kom *et al.*, 2022; Radeny *et al.*, 2019), embora aponte que alguns deles poderão se tornar problemáticos com a ocorrência das MC devido a duas razões principais.

Primeiro, devido aos efeitos das MC serem imprevisíveis e estarem associados a eventos climáticos extremos, a aplicabilidade de alguns dos indicadores climáticos

tradicionais, mas não todos, possivelmente deixará de ser confiável para previsões (Guido *et al.*, 2021; Gwenzi *et al.*, 2016). Por exemplo, enquanto o posicionamento das constelações continuará a indicar o mesmo momento do ano, independente da ocorrência das MC e de seus eventos climáticos extremos, o florescimento de algumas espécies arbóreas pode ser alterado, afetando a sua serventia como indicador tradicional. Portanto, haveria uma mudança no período de floração, podendo afetar sua duração e o período de ocorrência. Dado o comportamento possivelmente errático das MC, as épocas de chuva e de seca devem se tornar de fato menos previsíveis, independentemente do método utilizado. Logo, indicadores tradicionais como contar o número de dias de chuva, ou adiar o mês de plantio, podem deixar de ser métodos adequados para uma boa previsão (Hosen; Nakamura; Hamzah, 2020). Isso significa que a utilização desses indicadores poderá levar a estratégias mal adaptadas às MC (Basdew; Jiri; Mafongoya, 2017).

A segunda razão está relacionada ao fato de o conhecimento tradicional poder estar adaptado a uma condição que não é aquela atual (Son; Chi; Kingsbury, 2019). Ou seja, o conhecimento acumulado e transmitido entre gerações refere-se a uma certa condição passada que deve diferir da nova condição, uma vez que o conhecimento transmitido provém do acúmulo de muitos anos de observações (Berkes; Berkes, 2009).

Além do uso dos indicadores tradicionais detalhados na sequência, os Khīsêtjê observam o comportamento das primeiras chuvas para decidir quando a época úmida começou (Tabela 2) e, sendo assim, que é o período ideal para iniciar o calendário agrícola com o plantio da mandioca no roçado (Tabela 3). Porém, os indicadores variaram a depender do entrevistado. Para o início da época de chuva, o indicador mais saliente foi considerado quando “chove todos os dias durante uma semana” (31%). Já para indicar o momento ideal de iniciar o plantio de mandioca no roçado, o momento mais citado foi o “primeiro dia de chuva forte” (43%).

Resultado equivalente foi encontrado apenas entre agricultores de pequena escala na Zâmbia (Waldman *et al.*, 2019). Nesse estudo, maior porcentagem da população considerou os primeiros dias de chuva forte como de início da época da chuva. Quanto ao plantio, as pessoas variaram entre esperar alguns dias de chuva consecutiva para plantar no roçado, ou plantar após o primeiro dia de chuva forte (Waldman *et al.*, 2019).

Apesar de certas divergências (ver Tabela 3), observa-se que, em mais da metade das respostas, o início do plantio no roçado teve relação com as chuvas para os Khīsêtjê. Para pequenos agricultores na Zâmbia foi observado algo similar. O conhecimento de quando plantar dependia de observações transmitidas entre gerações sobre a relação entre as chuvas e o plantio. Por exemplo, qual produto ou quando brotariam os produtos agrícolas e a quantidade do que seria produzido (Mushimbei; Libanda, 2022).

Tabela 1 – Indicadores físicos e biológicos utilizados para prever o período do ano (início das épocas de seca e de chuva)

Sinal da natureza	Tipo de indicador	O que indica?	Exemplos de citações dos entrevistados	Exemplos de referências semelhantes na literatura
Constelação	Físico	Início da época de seca	<p>“Tem uma estrela que se chama 3 marias, e outra que são 7 estrelas juntas; elas são irmãs, indicam sinal de chuva. Quando as 7 estrelas estão quase no horizonte, quase desaparecendo é que acabou a época da chuva” (entrevistado 326).</p> <p>“Tem uma estrela bem grande que sobe no sentido do rio para a aldeia, chamada de <i>Kumarinhōrtaxi</i>, que mostra que a chuva está chegando” (entrevistado 242).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Observação das Plíades predictor de seca (GAVIÃO <i>et al.</i>, 2019).</li> <li>– Observação do céu (e.g., arco-íris); predictor de tempestade (KIEU <i>et al.</i>, 2020).</li> <li>– Observação de estrelas; predictor de chuva e de dias ensolarados (VAN HUYNH <i>et al.</i>, 2020).</li> <li>– Movimento de estrelas: predictor de chuva (escassez) (KANWAL; SIROHI; CHAND, 2021).</li> </ul>
		Início da época de chuva	<p>“A via láctea vira de sentido quando está chegando a época da seca” (entrevistado 26)</p> <p>“Quando a constelação que estava no meio do céu chega no horizonte, em direção ao rio, indica que vai começar o tempo da seca” (entrevistado 69).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Observação do céu (e.g., arco-íris, presença de estrelas); predictor de calor e seca (KIEU <i>et al.</i>, 2020).</li> <li>– Movimento de estrelas: predictor de chuva (abundância) (KANWAL; SIROHI; CHAND, 2021).</li> <li>– Observação das Plíades predictor de quando e quanto choverá na época da chuva (AIKANÁ <i>et al.</i>, 2019; ORLOVE; CHIANG; CANE, 2002; ZORÓ <i>et al.</i>, 2019).</li> </ul>
Canto da cigarra	Biológico	Início da época de seca	<p>“No início da seca tem outra cigarra com outro canto, diferente, assobiando bem forte, cigarra bem pequena, meio cinza” (entrevistado 320).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cigarras na floresta: predictor de sol (BAUER; DE JONG; INGRAM, 2022).</li> <li>– Som de insetos à noite (como grilos): predictor de que não haverá chuva (TUME; KIMENGLI; FOGWE, 2019).</li> <li>– Gafanhotos: predictor de diminuição das chuvas (NKUBA <i>et al.</i>, 2020).</li> </ul>
		Início da época de chuva	<p>“A cigarra canta quando chega perto da chuva. Ela fica 15 dias ou duas semanas cantando com diferentes vozes. Tem a voz mais fina e a voz mais grossa. Quando ela começa a cantar forte e grosso, a chuva está se aproximando” (entrevistado 327).</p> <p>“Cigarra também é sinal que vai chover, tem canto fino, agudo, está chamando a chuva, indica que amanhã ou depois vai chover” (entrevistado 326).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Canto da cigarra: predictor do verão e de chuva (AIKANÁ <i>et al.</i>, 2019; ARARA <i>et al.</i>, 2019; GAVIÃO <i>et al.</i>, 2019).</li> </ul>

Sinal da natureza	Tipo de indicador	O que indica?	Exemplos de citações dos entrevistados	Exemplos de referências semelhantes na literatura
Florescimento de certas árvores:	Biológico	Início da época de seca	<p>"A flor da árvore <i>turêtxi</i> e uma flor amarela que dá no cipó chamada de <i>ankrokhojnggran</i> indicam a chegada da época da seca. Tem também a árvore <i>pejakhôtxi</i>, que dá uma flor bem amarela do tamanho de dois palmos da mão e a árvore <i>roptúá</i>, que dá uma flor branca pequena no mato, do tamanho da palma da mão. <i>Hw'isambakrety</i> também indica, dá uma flor roxa e suas folhas são usadas para lixar painéis de cerâmica, colares e anéis de tucum" (entrevistado 212).</p> <p>"Na época da seca dá a flor amarela chamada de <i>taranatyty</i>" (entrevistado 204).</p> <p>"Quando a árvore chamada de catarro de tracajá "<i>khahrã-nhõkrejrá</i>", que fica na beira do rio e no campo, começa a dar flor amarela é que está na época da seca" (entrevistado 326).</p> <p>"Quando a árvore <i>hw'ikajngó</i> dá flor amarela e ela cai, indica que vai começar a época da seca" (entrevistado 303).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Florescimento de algumas espécies arbóreas: previsor de verão (MANH; AHMAD, 2021a, 2021b), de seca (VAN HUYNH <i>et al.</i>, 2020) e estiagem (MUSHIMBEI; LIBANDA, 2022).</li> </ul>
		Início da época de chuva	<p>"Quando caem as flores nas cores rosa e roxo da árvore que tem folha lixa, chamada <i>hw'isambakhrê</i> indica a chegada das chuvas" (entrevistado 204).</p> <p>"Quando termina de cair as flores da árvore <i>ndakratxi</i> indica que vem chuva" (entrevistado 49).</p> <p>"Quando caem as flores da árvore <i>turêtxi</i>, chamada de ipê indica que vai chover" (entrevistado 308).</p> <p>"Quando o ipê começa a florescer indica a chegada das chuvas" (entrevistado 260).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Florescimento de algumas espécies arbóreas: previsor de chuva (ADAAWEN, 2021; KANWAL; SIROHI; CHAND, 2021; MALIKI; PAULINE, 2022; MUSHIMBEI; LIBANDA, 2022; SORNGHO <i>et al.</i>, 2020).</li> <li>- Frutificação de algumas espécies arbóreas: previsor de chuva (INMAN; HOBBS; TSVUURA, 2020; MUGAMBIWA; RUKEMA, 2020; SORNGHO <i>et al.</i>, 2020).</li> </ul>

Sinal da natureza	Tipo de indicador	O que indica?	Exemplos de citações dos entrevistados	Exemplos de referências semelhantes na literatura
Teia de aranha	Biológico	Início da época de seca	<p>"A aranha quando passa sua teia em todos os lugares no mato está indicando que vai chegar a época da seca". (entrevistado 212).</p> <p>"O sapo que chamamos de <i>ngramy</i> quando começa a cantar está indicando o início da seca" (entrevistado 316).</p> <p>"O sapo cururu começa a cantar quando inicia a época da seca" (entrevistado 29).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aranha quando cobre ou não o seu buraco: previsor de chuva ou de seca (METCALFE <i>et al.</i>, 2020).</li> </ul>
Coaxar de sapos	Biológico	Início da época de chuva	<p>"Quando o sapo-cururu canta está próximo de chover, pois está chorando" (entrevistado 34).</p> <p>"Um sinal do início da época da seca é o som do pássaro chamado socozinho, chamado de <i>tô-tô</i>. Ele faz um som como se estivesse vomitando" (entrevistado 253).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coaxar de rã/sapo: previsor de chuva (AIKANÁ <i>et al.</i>, 2019; BAUER; DE JONG; INGRAM, 2022; DUARTE <i>et al.</i>, 2019; MANH; AHMAD, 2021a, 2021b; VAN HUYNH <i>et al.</i>, 2020; ZORÓ <i>et al.</i>, 2019).</li> </ul>
Canto de aves	Biológico	Início da época de chuva	<p>"Os pássaros que indicam o início das chuvas se chamam na língua <i>wekã</i> e <i>wakrã</i>. Eles cantam uma vez para indicar que vai acontecer alguma coisa e chover" (entrevistado 191).</p> <p>"O pássaro sabiá canta vários dias seguidos e avisa que vai chover" (entrevistado 268).</p> <p>"Tem um pássaro que canta antes de chover, marrom, chamado <i>hwykra</i>. Ele canta e à tarde a chuva vem. O sabiá canta quando vai começar o início da época da chuva" (entrevistado 284).</p> <p>"Tem uma ave que começa a cantar quando vai iniciar as chuvas chamada de <i>sipere</i>" (entrevistado 316).</p> <p>"Pássaro chamado de <i>ngôjrio</i> canta de dia e à noite chove" (entrevistado 383).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Canto de aves: previsor de chuva e tempestades (ARARA <i>et al.</i>, 2019; BAUER; DE JONG; INGRAM, 2022; DUARTE <i>et al.</i>, 2019; METCALFE <i>et al.</i>, 2020; TUME; KIMENGS; FOGWE, 2019).</li> <li>Aparecimento de algumas espécies de aves: previsor de chuva (ADAAWEN, 2021; MALIK; PAULINE, 2022).</li> </ul>

Sinal da natureza	Tipo de indicador	O que indica?	Exemplos de citações dos entrevistados	Exemplos de referências semelhantes na literatura
Borboletas na beira do rio	Biológico	Início da época de seca	<p>"As borboletas na beira do rio é um sinal do início da época da seca" (entrevistado 101).</p> <p>"Quando o rio começa a baixar e as folhas secas caem na água parada é sinal do início da época da seca" (entrevistado 217).</p> <p>"Quando acaba a chuva forte vem a chuva de passagem, bem fina, nós já sabemos que está começando a secar. O rio no mato começa a parar, juntar folhas, a água fica parada, vai chegando o tempo da seca, mesmo com chuva de passagem. Hoje não funciona mais, mudou, as coisas que conheci pelo meu pai mudaram. Os sinais do tempo e das estrelas mudaram" (entrevistado 326).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aparição de borboletas coloridas: previsor de chuva (KANWAL; SIROHI; CHAND, 2021).</li> <li>- Borboletas voando de leste para oeste: previsor de desastres climáticos (MUGAMBIWA; RUKEMA, 2020).</li> <li>- Aparição de mariposas à noite: previsor de chuva (ARARA <i>et al.</i>, 2019).</li> <li>- Borboletas brancas voando de norte a sul: previsor de chuva (ADANU; ABOLE; GBEDEMAH, 2022).</li> </ul>
Nível do rio	Físico	Início da época de seca		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vazão do rio: previsor de chuva (NKUBA <i>et al.</i>, 2020).</li> </ul>
Vento	Físico	Início da época de seca	<p>"O vento sempre chega na época da seca, chega bem leve, dá para sentir o frio e é um sinal de que não vai chover mais. Funciona, mas atrasa" (entrevistado 20).</p> <p>"Começa a ventar no início da época da seca" (entrevistado 21).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vento vindo do Norte: previsor de chuva (BAUIER; DE JONG; INGRAM, 2022).</li> <li>- Vento vindo do leste e oeste: previsor de chuva (abundância ou escassez) (INMAN; HOBBS; TSVUURA, 2020).</li> <li>- Vento forte: previsor de chuva (MALIKI; PAULINE, 2022).</li> <li>- Mudança na direção do vento: previsor de chuva (abundância ou escassez) (TITICHA; HUSEN, 2019; KANWAL; SIROHI; CHAND, 2021; MUSHIMBEI; LIBANDA, 2022).</li> </ul>

Tabela 2 – Descrição do que é considerado o início da época da chuva para os Khîsêtjê

Descrição do que é considerado o início da época da chuva	Frequência (%)
Uma semana chovendo todos os dias	31%
No primeiro dia que começa a chover forte	15%
Segunda chuva após terem passado um ou mais dias sem chover. A primeira chuva seria fraca e passageira, ideal para queimar o roçado. Após um ou mais dias sem chover, choveria novamente pela segunda vez de maneira mais forte, apagando o fogo colocado no roçado	13%
Segunda chuva após terem passado de uma a quatro semanas desde a primeira chuva. Após essa segunda chuva, choveria vários dias seguidos.	7%
Observação do movimento e tamanho das nuvens, que indicariam que choverá forte	6%
Após alguns dias seguidos de chuva, por exemplo, dois a quatro dias seguidos chovendo	4%
No mês de setembro é o início da época da chuva	4%
Terceira chuva, i.e. quando chove pela terceira vez	4%
Observação da posição das estrelas indica quando será o início da época da chuva	3%
Um mês chovendo todos os dias	3%
Não sabe, por conta disso, espera que outra pessoa avise quando é o início da época da chuva	3%
Primeira chuva, mesmo que seja fraca	2%
Barulho de trovão, mesmo que o céu esteja sem sinal de chuva	2%
Fumaça das queimadas no roçado faz chover	1%
Quando começa a cair o pequi - <i>Caryocar brasiliense Camb</i>	1%
Quando o dia está muito quente	1%

**Tabela 3** - Descrição do que é considerado o início do plantio de mandioca no roçado para os Khîsêtjê

Descrição de quando é o momento de iniciar o plantio de mandioca na roça	Frequência (%)
Primeiro dia que começa a chover forte	43%
Após alguns dias consecutivos de chuva, e.g., dois a quatro dias seguidos chovendo	13%
Na segunda chuva	9%
Espera quando as chuvas não param de cair, i.e. chove todos os dias há mais de uma semana	8%
Depois da primeira chuva	5%
Depois de queimar a roça	4%
Planta antes de chover	4%
Mês de setembro	3%
Pais e família que decidem quando plantar	3%
Mês de novembro	2%
Segue sinais da natureza, e.g., observação das árvores brotando, canto das cigarras, intensidade dos ventos	2%
Terceira chuva	1%
Quinta chuva	1%
Mês de outubro	1%
Segue uma data considerada especial pela família, cujos parentes plantavam nos anos anteriores	1%

Os resultados também indicam que vêm ocorrendo mudanças na forma de tomada de decisão quanto ao calendário agrícola de preparação e plantio dos roçados. Anteriormente, os Khîsêtjê faziam a roçada e derrubada de árvores para preparação das roças entre abril e maio, mas, atualmente, postergaram para junho. Já as queimadas eram realizadas no início de setembro, enquanto atualmente passaram para o final do mesmo mês. A época de plantio também foi alterada. Segundo alguns entrevistados, antigamente, parte dos Khîsêtjê plantava antes de as chuvas iniciarem, outra parte esperava a primeira chuva, mesmo que de intensidade fraca, e outros esperavam o mês de setembro. Atualmente, contudo, é mais comum esperar chover vários dias seguidos para plantar (variando entre o número de dias) ou até mesmo adiar o plantio para o

mês seguinte (para além de setembro), como garantia de que choverá e que as plantas nascerão. Essa mudança condiz com os resultados que indicaram que 67% dos entrevistados tiveram experiências prévias negativas, pois plantaram os roçados e não choveu o bastante para que as plantas crescessem.

O resultado também reflete ocorrências com outros povos indígenas na Amazônia e outras partes do mundo. Também residentes do leste amazônico, os Ikpeng da região do Xingu, em Mato Grosso, têm igualmente percebido que não tem chovido no período do ano esperado. Com isso, as ramas de mandioca plantadas não nascem, pois são queimadas pelo sol, o que tem levado à maior dependência por alimentos comprados nas cidades (Urzedo *et al.*, 2017). Eventos similares foram observados também na África, ao menos em população de pequena escala em Gana, onde a previsão de chuva através dos indicadores tradicionais tornou-se ineficaz. Nesse estudo, a ausência de chuvas após o plantio também levou ao não brotamento das sementes plantadas (Adanu; Abole; Gbedemah, 2022).

A imprevisibilidade e as mudanças no calendário da atividade agrícola têm sido relatadas em outros povos indígenas da Amazônia e em outros locais do mundo. Todavia, no oeste da Amazônia, ao invés da seca, povos indígenas como os Baniwa enfrentaram, em 2022, cheia acima do normal que provocou alagamento das roças e a perda da produção agrícola (Cardoso, 2022). Cheia extrema afetou também outros povos indígenas do oeste amazônico, como os Yaminawá, Huni Kuin e Yawanawá, no Acre (Pontes, 2022).

Em outras regiões do mundo, mudanças nas estações de frio e calor têm também impactado a atividade agrícola, como nos Tuareg do continente africano, onde a estação de cultivo de trigo tornou-se mais curta (Miara *et al.*, 2022). No Nepal, o povo indígena Thami tem enfrentado problemas na colheita agrícola pelo aumento de pragas e devido à seca. Tais mudanças fizeram com que nada crescesse na roça, levando ao baixo sustento de alimentos para a população local (Thapa, 2019). Entre o povo Hmong, no Vietnã (KIEU *et al.*, 2020) e entre os Guarani, na Bolívia (Dávalos, 2017), o aumento do período da seca e a imprevisibilidade das chuvas têm afetado a produtividade e o momento ideal para a colheita agrícola.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo fez um recorte da tese de doutorado defendida em maio de 2023 por Lia Taruiap Troncarelli, na qual buscou-se entender quais indicadores tradicionais seriam utilizados para prever a época da chuva e da seca pelo povo indígena Khîsêtjê, habitante da Amazônia brasileira.

Conclui-se que os Khîsêtjê utilizam o conhecimento tradicional, representado por indicadores físicos e biológicos para fazerem previsões de curto prazo (dias/semanas)

e, com isso, antever: (i) mudanças nas estações do ano, ou seja, o início e final das épocas de seca e chuva e (ii) o momento em que se iniciarão as chuvas e, portanto, adequado para o plantio de mandioca no roçado.

É provável que muitos dos indicadores tradicionais biológicos e físicos se tornarão pouco eficazes frente às MC, deixando de antecipar o que antes conseguiam prever. Com isso, podem se tornar ferramentas mal adaptadas à tomada de decisão em atividades de subsistência, por exemplo, para fazerem previsões sobre o início das chuvas e o melhor período de começar o plantio da mandioca ou outros alimentos no roçado. Portanto, um possível caminho seja conciliar métodos de previsão científicos com aqueles tradicionais.

Ressalta-se que, como limitação dos resultados deste capítulo, houve durante a pesquisa a pandemia Covid-19 que impossibilitou o retorno para a comunidade visando complementar a coleta de dados. Portanto, as entrevistas ocorreram em um único momento no tempo antes da pandemia Covid-19. Reconhece-se que outras informações e observações poderiam ter surgido de novas coletas de dados na comunidade, possivelmente alterando ou complementando os resultados já obtidos.

## REFERÊNCIAS

- ADAAWEN, S. Understanding climate change and drought perceptions, impact and responses in the rural savannah, West Africa. *Atmosphere*, v. 12, n. 5, p. 594, 2021.
- ADANU, S. K.; ABOLE, T.; GBEDEMAH, S. F. Use of indigenous knowledge to predict rainfall in the Yendi Municipality, Ghana. *GeoJournal*, v. 87, n. 4, p. 2805–2816, 2022.
- AIKANĀ, E. I. U. *et al.* *Nós, Kwazá Aikanā: nossa terra e as mudanças climáticas*. BARCELLOS, M. (Org.). Forest Trends, 2019. 42 p.
- AKANO, O.; MODIRWA, S.; OLUWASEMIRE, K.; OLADELE, O. Awareness and perception of climate change by smallholder farmers in two agroecological zones of Oyo state South-west Nigeria. *GeoJournal*, p.1-30, 2022.
- ALEMAYEHU, D.; HIZKEAL, Y. The Relevance and Practices of Indigenous Weather Forecasting Knowledge among the Gabra Pastoralists of Southern Ethiopia. *Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID)*, v. 116, n. 1, p. 59–76, 2022.
- ALMUDI, T.; SINCLAIR, A. J. Extreme hydroclimatic events in rural communities of the Brazilian Amazon: local perceptions of change, impacts, and adaptation. *Regional Environmental Change*, v. 22, n. 1, p. 27, 2022.
- ANKRAH, D. A.; KWAPONG, N. A.; BOATENG, S. D. Indigenous knowledge and science-based predictors reliability and its implication for climate adaptation in Ghana. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, v. 14, n. 4, p. 1007–1019, 2022.
- ARARA, C. N. *et al.* *Nós, Arara Karo Rap: nossa terra e as mudanças climáticas*. BARCELLOS, M. (Org.). Forest Trends, 2019. 44 p.

- BALEHEGN, M.; BALEHEY, S.; FU, C.; LIANG, W. Indigenous weather and climate forecasting knowledge among Afar pastoralists of north eastern Ethiopia: Role in adaptation to weather and climate variability. *Pastoralism*, v. 9, n. 1, p. 8, 2019.
- BASDEW, M.; JIRI, O.; MAFONGOYA, P. L. Integration of indigenous and scientific knowledge in climate adaptation in KwaZulu- Natal, South Africa. *Change and Adaptation in Socio-Ecological Systems*, v. 3, n. 1, 2017.
- BAUER, T. N.; DE JONG, W.; INGRAM, V. Perception matters: an Indigenous perspective on climate change and its effects on forest-based livelihoods in the Amazon. *Ecology and Society*, v. 27, n. 1, p. art. 17, 2022.
- BELAY, A. *et al.* Knowledge of climate change and adaptation by smallholder farmers: evidence from southern Ethiopia. *Heliyon*, v. 8, n. 12, p. e12089, 2022.
- BERKES, F.; BERKES, M. K. Ecological complexity, fuzzy logic, and holism in indigenous knowledge. *Futures*, v. 41, n. 1, p. 6–12, 2009.
- CARDOSO, J. *Roças inundadas: liderança Baniwa registra evento climático extremo no meio da Amazônia Brasil*. Instituto Socioambiental (ISA), 2022. Disponível em: <https://youtu.be/fz2c07RHwn4>. Acesso em: 24 nov. 2022.
- COHN, A. S.; NEWTON, P.; GIL, J. D. B.; KUHLE, L.; SAMBERG, L.; RICCIARDI, V.; MANLY, J. R.; NORTHROP, S. Smallholder Agriculture and Climate Change. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 42, n. 1, p. 347–375, 2017.
- DÁVALOS, N. E. B. *Vulnerabilidade do Povo Indígena Guarani de Tentami – Bolívia às Mudanças Climáticas*. 2017. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável). Universidade de Brasília, Brasília, 2017. 178 p.
- DERESSA, T. T.; HASSAN, R. M.; RINGLER, C. Perception of and adaptation to climate change by farmers in the Nile basin of Ethiopia. *Journal of Agricultural Science*, v. 149, n. 1, p. 23–31, 2011.
- DUARTE, F. M.; TUPARI, J.; TUPARI, R.; TUPARI, C.; BARCELLOS, M. *Nós, povos da T. I. Rio Branco: nossa terra e as mudanças climáticas*. BARCELLOS, M.; DUARTE, F. M. (Org.). Forest Trends, 2019. 42 p.
- FA, J. E. *et al.* Importance of Indigenous Peoples' lands for the conservation of Intact Forest Landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 18, n. 3, p. 135–140, 2020.
- GAVIÃO, E. K. *et al.* *Nós, Ikólóéhj Gavião nossa terra e as mudanças climáticas*. BARCELLOS, M.; GAVIÃO, I. K. S. (Org.). Forest Trends, 2019. 42 p.
- GUIDO, Z. *et al.* Perceived links between climate change and weather forecast accuracy: new barriers to tools for agricultural decision-making. *Climatic Change*, v. 168, n. 1–2, p. 9, 24, 2021.
- GWENZLI, J.; MASHONJOWA, E.; MAFONGOYA, P. L.; RWASOKA, D. T.; STIGTER, K. The use of indigenous knowledge systems for short and long range rainfall prediction and farmers' perceptions of science-based seasonal forecasts in Zimbabwe. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, v. 8, n. 3, p. 440–462, 2016.

- HOSEN, N.; NAKAMURA, H.; HAMZAH, A. Adaptation to climate change: does traditional ecological knowledge hold the key? *Sustainability*, v. 12, n. 2, p. 676, 2020.
- INMAN, E. N.; HOBBS, R. J.; TSVUURA, Z. No safety net in the face of climate change: The case of pastoralists in Kunene Region, Namibia. *PLOS ONE*, v. 15, n. 9, p. e0238982, 2020.
- ISA. *Localização e extensão das TIs*. Disponível em: [https://pib.socioambiental.org/pt/Localizacao\\_e\\_extensao\\_das\\_TIs](https://pib.socioambiental.org/pt/Localizacao_e_extensao_das_TIs). Acesso em: 11 mar. 2022.
- ISA. *Terra Indígena Wawi*. Disponível em: <https://terrasindigenas.org.br/pt-br/terras-indigenas/4103>. Acesso em: 19 out. 2021.
- ISA, I. S. *Línguas*. Disponível em: <https://pib.socioambiental.org/pt/L%C3%ADnguas>. Acesso em: 20 nov. 2022.
- IPCC. Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change. *Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2018. 616 p.
- ITICHA, B.; HUSEN, A. Adaptation to climate change using indigenous weather forecasting systems in Borana pastoralists of southern Ethiopia. *Climate and Development*, v. 11, n. 7, p. 564–573, 2019.
- JIRI, O.; MAFONGOYA, P. L.; MUBAYA, C.; MAFONGOYA, O. Seasonal climate prediction and adaptation using indigenous knowledge systems in agriculture systems in Southern Africa: A Review. *Journal of Agricultural Science*, v. 8, n. 5, p. 156, 13 abr. 2016.
- KAGUNYU, A.; WANDIBBA, S.; WANJOHI, J. G. The use of indigenous climate forecasting methods by the pastoralists of Northern Kenya. *Pastoralism*, v. 6, n. 1, p. 7, 2016.
- KANWAL, V.; SIROHI, S.; CHAND, P. Farmers' perception on climate extremes and their coping mechanism: evidences from disaster prone regions of India. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, v. 20, n. 2, 2021.
- KIEU, T. T. H.; NGUYEN, T. N.; NGUYEN, T. H. T.; VU, T. H. A.; NGUYEN, D. H. G.; NGUYEN, Q. T. Indigenous knowledge in climate change adaptation: Case studies of ethnic minorities in the Northern Mountain Region of Vietnam. *Journal of Vietnamese Environment*, v. 12, n. 2, p. 155–161, 2020.
- KOM, Z.; NETHENGWE, N. S.; MPANDELI, S.; CHIKOORE, H. Indigenous knowledge indicators employed by farmers for adaptation to climate change in rural South Africa. *Journal of Environmental Planning and Management*, p. 1–16, 2022.
- LASTRA LANDA, D. E.; GRADOS BUENO, C. v. “Climate change might have caused our small harvest”: indigenous vulnerability, livelihoods, and environmental changes in lowland and high jungle indigenous communities in Peru. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, v. 12, n. 2, p. 216–231, 2022.

- LONE, F. A.; MAHEEN, M.; UL SHAFIQ, M.; BHAT, M. S.; RATHER, J. A. Farmer's perception and adaptation strategies to changing climate in Kashmir Himalayas, India. *GeoJournal*, v. 87, n. 3, p. 1743–1757, 2022.
- MAIRURA, F. S. *et al.* Determinants of farmers' perceptions of climate variability, mitigation, and adaptation strategies in the central highlands of Kenya. *Weather and Climate Extremes*, v. 34, p. 1–14, 2021.
- MANH, N. T.; AHMAD, M. M. Retracted: Ethnic minority farmers' perceptions and use of local knowledge to adapt to climate change: Some insights from Vietnam. *Singapore Journal of Tropical Geography*, v. 42, n. 3, p. 397–414, 2021a.
- MANH, N. T.; AHMAD, M. M. Indigenous farmers' perception of climate change and the use of local knowledge to adapt to climate variability: A case study of Vietnam. *Journal of International Development*, v. 33, n. 7, p. 1189–1212, 2021b.
- MALIKI, M. A.; PAULINE, N. M. Living and responding to climatic stresses: perspectives from smallholder farmers in Hanang' District, Tanzania. *Environmental Management*, p.1-14, 2022.
- MENDONÇA, S. B. M. de. *Mudança e permanência no modo de viver, comer e adoecer entre os Khisêjtjê: tecendo novas práticas, saberes e significados*. 2021. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva). Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina, 2021. 265 p.
- METCALFE, S. E. *et al.* Community perception, adaptation and resilience to extreme weather in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Regional Environmental Change*, v. 20, n. 1, p. 25, 2020.
- MIARA, M. D. *et al.* Climate change impacts can be differentially perceived across time scales: a study among the tuareg of the algerian Sahara. *GeoHealth*, v. 6, n. 11, 2022.
- MUGAMBIWA, S. S.; RUKEMA, J. R. Climate Change and variability discourse among community members and smallholder farmers in Mutoko District, Zimbabwe. *Mankind Quarterly*, v. 61, p. 225–250, 2020.
- MUGI-NGENGA, E. W. *et al.* Indigenous and conventional climate-knowledge for enhanced farmers' adaptation to climate variability in the semi-arid agro-ecologies of Kenya. *Environmental Challenges*, v. 5, p. 100355, 2021.
- MUSHIMBEI, M.; LIBANDA, B. Adapting to a changing climate: indigenous biotic rainfall forecasting in Western Zambia. *International Journal of Biometeorology*, p.1-11, 2022.
- NEWING, H. *et al.* *Conducting research in conservation: social science methods and practice*. London and New York: Routledge, 2011. 376 p.
- NKUBA, M. R. *et al.* Indigenous Knowledge Systems and Indicators of Rain: Evidence from Rwenzori Region, Western Uganda. *Weather, Climate, and Society*, v. 12, n. 2, p. 213–234, 2020.
- ORLOVE, B. S.; CHIANG, J. C. H.; CANE, M. A. Ethnoclimatology in the Andes. *American Scientist*, v. 90, n. 5, p. 428–435, 2002.

- PYHÄLÄ, A. *et al.* Global environmental change: Local perceptions, understandings, and explanations. *Ecology and Society*, v. 21, n. 3, p. 1–27, 2016.
- PONTES, F. *Povos indígenas são os mais impactados pelas cheias extremas e mudanças climáticas no Acre*. Disponível em: <https://amazoniareal.com.br/povos-indigenas-sao-os-mais-impactados-pelas-cheias-extremas-e-mudancas-climaticas-no-acre/>. Acesso em: 24 nov. 2022.
- RADENY, M. *et al.* Indigenous knowledge for seasonal weather and climate forecasting across East Africa. *Climatic Change*, v. 156, n. 4, p. 509–526, 2019.
- REYES-GARCÍA, V. *et al.* Local indicators of climate change: The potential contribution of local knowledge to climate research. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, v. 7, n. 1, p. 109–124, 2016.
- SAVO, V.; LEPOFSKY, D.; BENNER, J. P.; KOHFELD, K. E.; BAILEY, J.; LERTZMAN, K. Observations of climate change among subsistence-oriented communities around the world. *Nature Climate Change*, v. 6, n. 5, p. 462–473, 2016.
- SEREENONCHAI, S.; ARUNRAT, N. Fishers' Decisions to adopt adaptation strategies and expectations for their children to pursue the same profession in Chumphon Province, Thailand. *Climate*, v. 7, n. 2, p. 34, 2019.
- SBPC. *Povos Tradicionais e Biodiversidade no Brasil - Contribuições dos povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais para a biodiversidade, políticas e ameaças*. CUNHA, M. C.; MAGALHÃES, S. B.; ADAMS, C. SBPC, 2021. 278 p.
- SHUKLA, R. *et al.* Climate change perception: an analysis of climate change and risk perceptions among farmer types of Indian Western Himalayas. *Climatic Change*, v. 152, n. 1, p. 103–119, 2019.
- SON, H. N.; CHI, D. T. L.; KINGSBURY, A. Indigenous knowledge and climate change adaptation of ethnic minorities in the mountainous regions of Vietnam: A case study of the Yao people in Bac Kan Province. *Agricultural Systems*, v. 176, p. 102683, 2019.
- SORGHO, R. *et al.* “We will always ask ourselves the question of how to feed the family”: Subsistence Farmers' perceptions on adaptation to climate change in Burkina Faso. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 19, p. 7200, 2020.
- SRAKU-LARTEY, M.; BUOR, D.; ADJEI, P. O. W.; FOLI, E. G. Perceptions and knowledge on climate change in local communities in the Offinso Municipality, Ghana. *Information Development*, v. 36, n. 1, p. 16–35, 2020.
- STREEFKERK, I. N. *et al.* Contextualising seasonal climate forecasts by integrating local knowledge on drought in Malawi. *Climate Services*, v. 25, p. 100268, 2022.
- SURUÍ, L. W.; SURUÍ, M.; SURUÍ, B.; SURUÍ, D.; BARCELLOS, M. *Nós, Paiter Suruí: nossa terra e as mudanças climáticas*. BARCELLOS, M. (Org.). *Forest Trends*. 2019. 50 p.
- SUYÁ, T.; SUYÁ, K. K.; SUYÁ, G.; SUYÁ, P.; SUYÁ, H. *Khísètjê Kapere - livro para alfabetização na língua Suyá*. São Paulo: Instituto Socioambiental, 1999.

- THAPA, B. J. Climate change perception and adaptation among indigenous farmers: A study on Thamis of Dolkha. *Banko Janakari*, v. 29, n. 2, p. 42–48, 2019.
- THE CLIMATE SOURCE. Wawi (Território Indígena), 1961-1990. Disponível em: [www.thecarbonsource.org/climate\\_explorer/](http://www.thecarbonsource.org/climate_explorer/). Acesso em: 31 out. 2022.
- TIET, T.; TO-THE, N.; NGUYEN-ANH, T. Farmers' behaviors and attitudes toward climate change adaptation: evidence from Vietnamese smallholder farmers. *Environment, Development and Sustainability*, p.1-26, 2022.
- TORRES, B. *et al.* A. Livelihood capitals, income inequality, and the perception of climate change: a case study of small-scale cattle farmers in the ecuadorian andes. *Sustainability*, v. 14, n. 9, p. 5028, 2022.
- TRONCARELLI, Lia Taruiap. *Percepção das mudanças climáticas em populações de pequena escala: mapeamento sistemático da literatura e a perspectiva do povo indígena Khsêtjê*. 2023. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) - Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023. doi:10.11606/T.106.2023.tde-19072023-160330.
- TRONCARELLI, L. T.; MORSELLO, C. What evidence exists on conceptual differences in climate change perceptions of smallholders? A systematic map protocol. *Environmental Evidence*, v. 11, n. 1, 2022.
- TUME, S. J. P.; KIMENGSI, J. N.; FOGWE, Z. N. Indigenous Knowledge and Farmer Perceptions of Climate and Ecological Changes in the Bamenda Highlands of Cameroon: Insights from the Bui Plateau. *Climate*, v. 7, n. 12, p. 138, 2019.
- URZEDO, D. I. de; SILVA, R. R. P.; SÁ, D.; HARARI, I. *O que será de nossas sementes?: pesquisa intercultural sobre as mudanças climáticas no Xingu-Araguaia*. São Paulo, Canarana: Instituto Socioambiental; Associação Rede de Sementes do Xingu, 2017. 67 p.
- VAN HUYNH, C. *et al.* Indigenous knowledge in relation to climate change: adaptation practices used by the Xo Dang people of central Vietnam. *Heliyon*, v. 6, n. 12, p. e05656, 2020.
- WALDMAN, K. B. *et al.* Cognitive biases about climate variability in smallholder farming systems in Zambia. *Weather, Climate, and Society*, v. 11, n. 2, p. 369–383, 2019.
- ZORÓ, E. W. *et al.* Nós, Pangyjêj Zoró: nossa terra e as mudanças climáticas. BARCELLOS, M.; ZORÓ, E.W. (Org.). *Forest Trends*, 2019. 45 p.



# Mudanças no garimpo e seus efeitos sobre o sistema socioecológico e os modos de vida do Alto Tapajós<sup>1</sup>

*Laize Sampaio Chagas e Silva  
Evandro Mateus Moretto*

## **Resumo**

O garimpo de ouro na região do Tapajós tem passado por diferentes modos de produção e transformação tecnológica, o que tem contribuído para aumentar a extração aurífera e gerar impactos socioecológicos em uma escala sem precedentes na história da garimpagem. Diante deste contexto, este estudo objetivou relacionar as mudanças no garimpo com as alterações dos sistemas socioecológicos e modos de vida de populações tradicionais do alto rio Tapajós (Sudoeste do Pará). Para o levantamento das informações, realizou-se uma revisão da literatura sobre sistemas socioecológicos, abordagem de modos de vida e garimpo na região do Tapajós. Como resultado, foi possível compreender que ao considerar um sistema em contexto de garimpo, as mudanças provenientes das interações socioecológicas podem levar ao acúmulo de vulnerabilidades e redução da capacidade sistêmica em lidar com tendência e choques externos e

---

1 Este trabalho sintetiza parte das principais ideias da tese de doutorado defendida no Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo (Procam/USP).

internos. A intensificação de tais mudanças pode enfraquecer a resiliência e a capacidade adaptativa, o que pode levar o sistema a uma transição nos modos de vidas e a necessidade de desenvolver novas estratégias de adaptação ao contexto vigente.

**Palavras-chave:** Relações Socioecológicas; Atividade Garimpeira; Modos de Vida.

## 1. INTRODUÇÃO

As últimas décadas têm vivenciado um expressivo aumento da apropriação dos recursos naturais para atender à demanda econômica global (Chapin *et al.*, 2009). A exploração do ecossistema tem contribuído de maneira significativa para alterá-lo de modo mais rápido e intenso do que em qualquer outro período comparável da história.

Dentre as atividades econômicas baseadas na extração de recursos, destaca-se a atividade de mineração, na qual a matéria-prima extraída tem papel fundamental para o desenvolvimento de diversos setores da economia mundial. Além de que milhares de pessoas dependem desta atividade para exercer seus modos de vida. Contudo, a mineração é uma atividade que também se relaciona a efeitos negativos na estabilidade econômica de longo prazo, no bem-estar social, na saúde e no meio ambiente (Horsley *et al.*, 2015; Hilson, 2016; Instituto Escolhas, 2023).

Em termos de tipologia, pode-se considerar a existência de duas categorias de mineração: (i) uma com perfil industrial e operação em larga escala, que envolve mão de obra complexa e hierarquizada. E (ii) outra desenvolvida de forma artesanal ou semimecanizada, em pequena e/ou média escala, por pequenos grupos de trabalhadores ou cooperativas (Cahéter, 1995; Dorner *et al.*, 2012; Schuber, 2013; Verbrugge, 2014).

A segunda categoria de mineração é o “*driver*” de estudo deste trabalho, com recorte para a atividade garimpeira de ouro (ou garimpagem) desenvolvida secularmente na Amazônia brasileira, em que as primeiras explorações auríferas datam do período colonial (Veiga *et al.*, 2002).

Embora seja uma atividade secularmente desenvolvida, a expansão de pontos de garimpo – local onde a extração mineral ocorre – tem crescido de modo exponencial na última década do século XXI (Mapbiomas, 2021). Segundo informações geoespaciais sobre a Amazônia brasileira, há neste bioma cerca de 51.890 zonas de mineração, deste total, 453 pontos de garimpos ilegais afetam terras indígenas e unidades de conservação (Raisg, 2018).

De acordo com a legislação brasileira, considera-se garimpagem a atividade de extração de substância minerais garimpáveis, executadas em áreas estabelecidas para este fim e que pode ser exercida por pessoa garimpeira e/ou cooperativa de garimpeiros, que funcione com autorização de empresa de mineração, sob o regime de permissão de lavra garimpeira (Brasil, 1989).

A garimpagem é caracterizada – segundo o código de Minas de 1940 e seu Decreto-Lei nº 1.985/1940 – pela “forma de lavra rudimentar e maquinário simples”; “natureza dos depósitos” de aluvião, “pelo sistema social e econômico de produção” e pelo tipo de maquinário (MPF, 2020; Molina; Wanderley, 2021).

Entretanto, diferente do que caracteriza a legislação brasileira, o garimpo de ouro desenvolvido na Amazônia é composto por uma complexidade de características em termos de tecnologias e modos de produção, que impactam de diferentes formas o sistema socioecológico em que atua (Silva, 2023).

A operação dos garimpos por maquinários industrializados e em uma escala que se aproxima da mineração industrial vem crescendo nas últimas décadas (Instituto Escolhas, 2023). Além disso, o novo modo de “garimpar” difere daquele retrato em estudos realizados nas décadas de 1980 e 1990 (Gaspar, 1990; Cleary, 1992). Atualmente, no ambiente de garimpo tem predominado o perfil empresarial, com grande detenção de capital financeiro; de equipamentos caros e diversificação de rede logística e articulação política (Molina; Wanderley, 2021; Instituto Escolhas, 2023; Silva, 2023).

Além das características de produção, a atividade garimpeira é relacionada a diversos impactos socioambientais como a intensificação de conflitos sociais e disputa por territórios tradicionais para o desenvolvimento desta atividade (Theije; Salman, 2018; Fábio, 2022; Molina; Wanderley, 2021). Somado a isto, o uso do mercúrio para separar as impurezas do ouro tem sido associado à maior exposição de níveis de mercúrio no organismo de povos indígenas, provocando efeitos deletérios na saúde desta população (Basta; Hacon, 2020).

Contudo, há uma lacuna em compreender como os diferentes tipos de garimpo que operam na Amazônia transformam os sistemas socioecológicos e os modos de vida de povos da floresta, que habitam e manejam regiões com grande biodiversidade, mas que sofrem ameaças e degradação do seu ambiente devido à presença da atividade garimpeira (Vega *et al.*, 2022).

Sabe-se que a maior mecanização desta atividade tem sido relacionada às mudanças de uso de terras rurais e à redução da prática de atividades tradicionais para subsistência (Theije; Salman, 2018). Porém, faz necessário investigar como as mudanças ocorridas no garimpo estão relacionadas às mudanças nos sistemas socioecológicos e nos modos de vida de povos da floresta que compõe esses sistemas. O objetivo deste estudo é relacionar tais mudanças com as alterações dos sistemas socioecológicos e modos de vida de populações tradicionais do alto rio Tapajós (Sudoeste do Pará).

O recorte nesta região se dá pelo seu próprio processo histórico relacionado ao garimpo e às modificações que esta atividade vem gerando neste ambiente, em decorrência da sua expansão nas últimas décadas (Molina; Wanderley, 2021; Silva; Utsunomiya; Moretto, 2021).

Para a realização deste estudo, foi realizada uma abordagem metodológica baseada na revisão de literatura sobre os temas de sistemas socioecológicos, modos de vida; e sobre a história e transformação do garimpo de ouro na bacia do rio Tapajós. A relação entre as abordagens e o problema de pesquisa lançam luz sobre a investigação dos efeitos das atividades extrativas desenvolvidas na Amazônia nos modos de vida de povos indígenas e comunidades tradicionais da Amazônia.

## 2. A ATIVIDADE GARIMPEIRA NA REGIÃO DO TAPAJÓS

A bacia do Tapajós, formada por rios pedregulhosos, de águas claras e florestas densas, nasce no bioma cerrado e deságua no rio Amazonas, o seu principal rio, Tapajós, possui uma extensão cerca de 800 km. Esta região, caracterizada por sua rica biodiversidade, está entre as oito áreas de endemismo da Amazônia (Blaser; Scoles, 2022).

Devido à sua localização geográfica privilegiada e por ser detentora de valiosos recursos minerais e florestais, a região do Tapajós é alvo de intensa disputa do poder público e de setores privados, que buscam transformar a região em um corredor de escoamento de commodities, além da implantação de projetos hidrelétricos, de portos e ferrovia para escoamento de grãos de soja (Puga, 2022; Millikan et al., 2025).

Além da pressão e conflitos ocasionados por atividades de uso da terra, a região do Tapajós possui um histórico de exploração aurífera desde o período colonial. A busca por ouro motivou a primeira navegação não-indígena completa pelo rio Tapajós (Rocha; Torres; Moreira, 2021). Contudo, a exploração aurífera em sua forma mais expressiva no vale do Tapajós só ocorreu no final da década de 1950.

Nos anos 50 e 60, a atividade garimpeira no Tapajós tinha um caráter complementar a outras atividades de subsistência, a exemplo da agricultura, da pesca e da extração de látex. A atividade aurífera era exercida por seringueiros, indígenas, trabalhadores urbanos e, em menor quantidade, por pessoas de outras regiões do Brasil (Gaspar, 1990; Rodrigues, 2017). Os equipamentos utilizados na atividade garimpeira das décadas de 1950 e 1960, caracterizavam a atividade como essencialmente artesanal.

Nas décadas de 1970 e 1980, o processo de mecanização do garimpo começa a ganhar força, mudando a organização social e o seu modo de produção (Molina; Wanderley, 2021). Mesmo com a presença de garimpo manual, este é um período marcado pela mecanização da produção aurífera (Wanderley, 2015).

A partir dessas décadas, as três principais formas de extração de ouro se davam por meio de balsa, moinho e desmonte hidráulico. Vale destacar que a balsa (ou balsinha como é conhecida localmente), maquinaria montada em um flutuador (Cleary, 1992), foi pioneira no rio Tapajós e permitiu a extração de ouro no leito de rios e não apenas em córregos (Mathis, 1995). Até os dias atuais é possível encontrar inúmeras balsinhas operando no leito do rio Tapajós (Silva, 2023).

As décadas de 1970 e 1980 foram marcadas pela corrida do ouro e pelo início da mecanização de sua exploração (Wanderley, 2015). Neste período, o vale do Tapajós recebeu grande fluxo migratório em decorrência da atividade garimpeira. E no início dos anos 80, as zonas garimpeiras dessa região, juntamente com as do Sudeste do estado do Pará, representavam mais de 70% da extração aurífera dos garimpos da Amazônia (Wanderley, 2015, p. 93).

Na década de 1990, três elementos principais moldaram a trajetória da exploração aurífera nesse período: retração econômica, redução do preço internacional do ouro e a baixa produtividade das jazidas de ouro em solo aluvionar. Neste contexto, donos de garimpo se viram na necessidade de introduzir maquinários mais industrializados para aumentar a produção aurífera e para compensar as perdas financeiras (Rettberg; Ortiz-Riomalo, 2016).

Já nos anos 2000, sobretudo a partir de 2008, a atividade garimpeira passa a ser novamente estimulada, entre outros fatores, pelo abrupto aumento do preço do ouro e pela transição tecnológica com uso de maquinários mais industrializados, que contribuiu para aumentar a escala de produção.

Para extrair ouro de ambientes de terra firme, intensificou-se o uso de escavadeiras hidráulicas (conhecidas na região como PCs) (Torres, 2016; Wanderley, 2015). Enquanto nos ambientes aquáticos, o uso de dragas escariantes, embarcações que possuem maior elevação da potência dos motores de sucção e tubulações com diâmetro de maior polegada; ganharam destaque na perfuração do leito do rio para extração de ouro em profundidade inalcançável pelas balsinhas (Lima, 2005; Wanderley, 2015).

Para além da intensificação de maquinários mais industrializados e, portanto, aumento da mecanização, a expansão do garimpo na Amazônia, e em especial na região do Tapajós, é caracterizada por mudanças nas relações de trabalho, predominando uma relação patronal e divisão da produção mais hierarquizada (Silva, 2023).

Em termos socioecológicos, essas mudanças estão relacionadas ao aumento do desmatamento em áreas protegidas, à intensificação de conflitos por território tradicional, contaminação por mercúrio; comprometimento das atividades tradicionais de subsistência; escassez de pescado, insegurança alimentar e outras alterações de modos de vida (Basta; Hacon, 2020; Molina; Wanderley, 2021; Mapbiomas, 2022; Vasconcelos *et al.*, 2022; Cedla, 2023; Silva, 2023).

Diante do problema de pesquisa apresentado, este trabalho discute, a seguir, a abordagem teórica de sistemas socioecológicos e sua aplicabilidade para compreender as mudanças no sistema estudado.

### 3. CONCEITO E DINÂMICA DOS SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS

Entende-se por sistemas socioecológicos (SSEs) sistemas adaptativos complexos formados por componentes sociais e ecológicos, que estão constantemente interagindo

e se reorganizando em diferentes escalas de espaço e tempo, causando mudanças que resultam da interação homem-natureza (Berkes *et al.*, 2003; Martín-López, González, Vilardy, 2012; Biggs *et al.*, 2021).

A abordagem de SSEs foi desenvolvida na década de 1990 e surge da necessidade de estudar a gestão dos bens comuns dentro dos limites do planeta Terra (Costanza, 1991; Ostrom *et al.*, 1999; Berkes; Folke, 1998; Biggs *et al.*, 2021). Esta abordagem parte do entendimento de que os recursos naturais são bens finitos e de que as atividades antrópicas devem ocorrer respeitando os limites biofísicos e buscando futuros mais justos e sustentáveis para a humanidade e o planeta (Folke *et al.*, 2011; Biggs *et al.*, 2012; Preiser *et al.*, 2018).

A partir dos anos 90, houve um grande reconhecimento na ciência interdisciplinar de que o ambiente deve ser estudado como SSEs, por conta da natureza interligada e interdependente que existe entre os sistemas sociais e ecológicos (Collins *et al.*, 2010). Isto leva a entender que SSEs não são a soma de dois sistemas (biofísico e social), mas que a sua unidade de análise está nas relações entre os elementos desses sistemas que levam a comportamentos que não são predeterminados (Preiser *et al.*, 2018).

Um das características dos SSEs são as fortes conexões e *feedbacks* dentro e entre os sistemas sociais e ecológicos, os quais produzem comportamentos e características que determinam a dinâmica de funcionamento não linear dos sistemas complexos (Walker; Salt, 2006; Biggs; Schlüter; Schoon, 2015). A não linearidade dos SSEs está associada a graus de incerteza em relação à trajetória que os sistemas tomariam em função de suas dinâmicas internas e de fatores externos a eles (Berkes *et al.*, 2003; Folke, 2006). E é resultado de processos de *feedback* positivo que ocorre no sistema (Buschbacher, 2014).

De acordo com Preiser *et al.* (2018), seis princípios definem os SSEs como sistemas adaptativos complexos: (1) SSEs são construídos a partir de relações entre seus componentes; (2) SSEs possuem capacidade adaptativa, (3) as interações dentro de um SSE são dinâmicas e não lineares; (4) são sistemas abertos, permitindo troca de energia e matéria dentro e fora do sistema; (5) são dependentes do contexto em que se encontram. E (6) SSEs são caracterizados pela causalidade e efeito complexos, ou seja, causa e efeito em sistemas adaptativos complexos não são unidirecionais ou lineares.

Dentro deste contexto de SSEs, a resiliência é uma propriedade emergente do sistema que dá a este a capacidade de absorver distúrbios, se reorganizar enquanto está em mudança e de se adaptar, mas, ainda assim, manter sua identidade, estrutura e funções (Walker *et al.*, 2004; Folke *et al.*, 2010). A resiliência resulta dos *feedbacks* entre os componentes sociais e ecológicos.

Outra propriedade emergente da abordagem de SSEs é a capacidade adaptativa, que diz respeito à capacidade do componente social - por meio de suas ações - de aprender, combinando experiência e conhecimento para se ajustar as respostas a fa-

tores de mudanças internas e externas e, assim, gerir resiliência em um SSE (Walker *et al.*, 2004; Carpenter; Brock, 2008; Folke *et al.*, 2010).

O componente social do SSE tem a função de influenciar na trajetória do sistema, de forma intencional ou não. Com isso, determina-se a capacidade adaptativa dos modos de vida para se adaptar e evitar, com sucesso, um sistema socioecológico indesejável (Berkes *et al.*, 2003; Walker *et al.*, 2006; Carpenter; Brock, 2008).

#### 4. MODOS DE VIDA E MUDANÇAS NO GARIMPO DO TAPAJÓS

Compreende-se modos de vida como as capacidades, os ativos (reservas, recursos, demandas e acesso) e as atividades necessárias para um meio de vida lidar com tensões, crises e vulnerabilidades e a partir de então desenvolver estratégias para aumentar a sua resiliência diante de um contexto de adversidades (Chambers, 1995; DFID, 1999).

Modos de vida são formados por dimensões material e imaterial. A dimensão material pode corresponder às práticas de subsistência, ao patrimônio material e às forma de uso dos recursos, dentre outros. Enquanto dimensão imaterial está associada a cosmologias, saberes, valores, preferências e aspirações de um determinado grupo social (Roquetti; Moretto; Athayde, 2020).

A abordagem de modos de vida possibilita trabalhar com uma análise mais integrada dos estudos de casos, por meio da contribuição dos componentes sociais e ecológicos, além da inclusão de processos dinâmicos, complexos e adaptativos que mais se aproximam da realidade, em comparação com outras abordagens mais simplificadas (Dearden *et al.*, 2002; Kirzherr; Pohlner; Charles, 2016; Morse; Mcnamara; Acholo, 2009; Roquetti, 2018; Scoones, 2009).

Para analisar um problema de pesquisa sob a lente da abordagem de modos de vida faz-se necessário compreender os componentes que formam os modos de vida, o contexto em que eles se encontram, e as interações existentes entre os componentes, que influenciarão nas escolhas e estratégias para empreender modos de vida sustentáveis (Scoones, 1998).

Na literatura científica houve um crescente estudo sobre modos de vida em diversos temas, incluindo: agricultura (Carswell, 1997); gestão de recursos naturais (POUND *et al.* 2003); gestão de bacias hidrográficas (Clever; Franks, 2005), atividades de turismo e pesca comercial (Berkes; Seixas, 2005), operação de hidrelétricas (Roquetti, 2018) ou pela atividade de mineração (HORSLEY *et al.* 2015). Esses estudos buscavam analisar como esses “*drivers*” influenciavam mudanças nos modos de vida locais e no desenvolvimento de estratégias para alcançar seus objetivos.

No caso da atividade garimpeira, a influência nas mudanças de modos de vida pode ocorrer a partir do momento em que esta atividade interfere na realização das atividades tradicionais e de subsistência (Leonel, 2020). Ou quando a prática de ga-

rimpar é vista como alternativa econômica viável face ao esgotamento de outras atividades tradicionais que não podem mais ser exercidas na região (Cedla, 2023).

O garimpo tem afetado drasticamente os ativos de modos de vida de povos indígenas e comunidades tradicionais da Amazônia. A exemplo da Terra Indígena do povo Munduruku (alto Tapajós), onde a expansão da atividade foi responsável por mais de 50% do desmatamento dentro do território somente nos primeiros meses do ano de 2020 (Instituto Socioambiental, 2021). Além de contribuir para o desmatamento em terras indígenas, o garimpo também tem avançado em outras áreas protegidas como as unidades de conservação (MAPBIOMAS, 2022).

O estudo de Basta e Hacon (2020) demonstrou contaminação por altos níveis de mercúrio em peixes do rio Tapajós e no organismo dos indígenas Munduruku da TI Sayre Muybu (médio rio Tapajós). Os Munduruku e comunidades beiradeiras<sup>2</sup> desta região utilizam áreas comuns para as suas atividades de pesca e provisão de alimentos, que estão impactadas pelo garimpo.

As altas concentrações de mercúrio no rio Tapajós podem estar relacionadas à remoção dos solos, por meio do desmonte hidráulico e de maquinários pesados que liberam sedimentos com alta concentração deste elemento químico, durante a atividade garimpeira, carreando sedimentos para o Tapajós e seus afluentes (Geiser, 2018).

Comunidades beiradeiras do alto rio Tapajós relatam que a intensificação do garimpo, operado por maquinários industrializados em seu território, tem causado diversos impactos em seus modos de vida e no ecossistema ali presente (Silva; Utsunomiya; Moretto, 2021). Há evidências de que garimpo tem comprometido a navegação, os *habitats* de animais aquáticos, o uso de apetrechos de pesca e a própria reprodução cultural beiradeira no rio Tapajós (Silva, 2023).

## 5. MUDANÇAS NO GARIMPO E SUA RELAÇÃO COM ALTERAÇÕES NOS SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS E NOS MODOS DE VIDA

A região do alto Tapajós pode ser compreendida como um SSE formado por componentes social e ecológico, que estão em constante interação e se reorganizando em diferentes escalas de espaço e de tempo. Os modos de vida atuam como um conector importante entre esses componentes (BERKES; ROSS, 2016).

Peloquin e Berkers (2009) exemplificam como os modos de vida de uma população indígena do Canadá, que praticam caça de ganso, conectam-se com níveis regional e global, e como mudanças nesses níveis (e. g., mudança de *habitat* dessas aves migratórias e efeitos da mudança climática sobre a disponibilidade de alimento) afetam os

---

2 Beiradeiros são populações que descendem dos seringueiros e que hoje habitam, em sua grande maioria, a margem do rio (Villas-Bôas *et al.*, 2018).

hábitos alimentares desses povos caçadores, levando-os a desenvolver novas práticas mais adaptáveis ao contexto de mudança.

Em um SSE com presença de atividade garimpeira, fatores externos (e.g., crise econômica, aumento do preço do ouro no mercado internacional) e internos (e.g., flexibilização de normas para garimpagem a nível nacional, lobby pelo garimpo) são capazes de influenciar a dinâmica de mudança nesse sistema.

A mudança por qual vem passando o SSE do alto Tapajós pode ser relacionada à dinâmica de interação e comportamento que os componentes do sistema têm dentro da sua própria escala e das interações com sistemas de diferentes níveis de escalas. Este sistema veio ao longo do tempo se reorganizando e retendo “memórias” para preservar suas capacidades de modos de vida e, assim, desenvolver estratégias que permitam aumentar a sua resiliência e capacidade adaptativa diante das diferentes formas de pressões socioeconômica e política sentidas nesta região.

Contudo, a intensificação da atividade garimpeira tem contribuído para alterar significativamente os componentes social e ecológico dos SSEs, em uma velocidade sem precedente na história da garimpagem. Essas alterações podem enfraquecer *feedbacks* positivos entre os componentes do sistema e entre sistemas de diferentes escalas, bem como alterar relações de modos de vida.

A partir do momento em que esta nova forma de garimpar não se conecta com os modos de vida locais e tende a enfraquecer as relações socioecológicas existentes, torna-se imprevisível saber como o sistema socioecológico irá se reinventar e qual será a trajetória que ele seguirá para aumentar a sua resiliência e capacidade adaptativa. Torna-se também imprevisível saber como as alterações de modos de vida contribuirão para este processo.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O garimpo de ouro na região do Tapajós tem passado por diferentes modos de produção e transformação tecnológica. Essas mudanças em direção à maior industrialização e ao aumento da escala de extração aurífera, têm resultado em impactos socioecológicos sem precedentes na história da garimpagem.

Para compreender como esses impactos se relacionavam com alterações nos sistemas socioecológicos e nos modos de vida de populações tradicionais do alto rio Tapajós, este trabalho fez uso das abordagens de SSEs e modos de vida, que traz uma visão integradora e focada nas relações entre os componentes sociais e ecológico de um sistema.

Abordagens sistêmicas são importantes para compreender as relações socioecológicas, as interações e a interdependência em diferentes escalas de espaço e tempo.

Além de considerar como fatores internos e externos podem influenciar no comportamento e em uma possível mudança de estrutura do SSE.

Diante do exposto, pode-se considerar que os impactos da intensificação do garimpo de ouro na região do Tapajós precisam ser analisados a partir de uma perspectiva sistêmica que considere o contexto maior para aquele sistema, as relações complexas e a interdependência que existe entre os seus componentes sociais e ecológicos.

As transformações provocadas pela atividade garimpeira têm comprometido a resiliência e a capacidade adaptativa dos SSEs do Tapajós em uma escala sem precedente na história da garimpagem. Assim, é fundamental que políticas públicas sejam criadas, considerando as mudanças ocorridas e a complexidade das relações socioecológicas, para que deste modo se promovam alternativas econômicas sustentáveis em regiões da Amazônia impactadas pelo garimpo.

## REFERÊNCIAS

- BASTA, P. C.; HACON, S. DE S. *Impacto do mercúrio em áreas protegidas e povos da floresta na Amazônia Oriental: uma abordagem integrada saúde-ambiente aspectos metodológicos e resultados preliminares*. Rio de Janeiro: 2020. Disponível em: <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/532438>. Acesso em: 19 jun. 2023.
- BERKES, F.; FOLKE, C. *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge: Cambridge University Press. 1998.
- BERKES, F., COLDING, J., FOLKE, C. *Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change*. Cambridge University Press, 2003.
- BERKES, F.; SEIXAS, C. S. "Building resilience in lagoon socioecological system: a local-level perspective". *Ecosystems*, 8, 967-974, 2005.
- BIGGS, R. *et al.* What are social-ecological systems and social-ecological systems research? In: BIGGS, R. *et al.* *The routledge handbook of research methods for social-ecological systems*. Ed. Routledge, jul. 2021, 526 p.
- BIGGS, R.; SCHLÜTER, M.; SCHOON, M. An introduction to the resilience approach and principles to sustain ecosystem services in social-ecological systems. In: BIGGS, R.; SCHLÜTER, M.; SCHOON, M. (Orgs.). *Principles for building resilience: sustaining ecosystem services in social-ecological systems*. Cambridge: Cambridge University Press, 2015, 1–31 p.
- BLASER, A.; COLES, R. Um mergulho nos ecossistemas da bacia do Tapajós: conhecendo a sua biodiversidade. In: ROCHA, B.C. *et al.* Tapajós sob o sol: mergulho nas características ecológicas, socioculturais e econômicas da bacia hidrográfica. *International Rivers*, 17-33, 2022.
- BRASIL. 1989. *Lei nº 7.805, de 18 de julho de 1989*. Altera o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, cria o regime de permissão de lavra garimpeira, extingue o regime de

- matrícula, e dá outras providências. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l7805.htm#:~:text=Considera%2Dse%20garimpagem%20a%20atividade,-de%20permisso%C3%A3o%20de%20lavra%20garimpeira](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7805.htm#:~:text=Considera%2Dse%20garimpagem%20a%20atividade,-de%20permisso%C3%A3o%20de%20lavra%20garimpeira). Acesso em: 13 abr. 2023.
- BUSCHBACHER, R. *A teoria da resiliência e os sistemas socioecológicos: como se preparar para um futuro imprevisível?* IPEA: Boletim Regional, Urbano e Ambiental. 2014. Disponível em: <http://www.resilience2014.org/>. Acesso em: 05 jan. 2020.
- CAHETÉ, F. L. S. A extração de ouro na Amazônia e suas implicações para o meio ambiente. *Novos cadernos do NAEA*, v. 1, n. 2, 134-158, 1998.
- CARPENTER, S.R. BROCK, W. *Adaptive Capacity and Traps. Ecology and Society*, v. 13, n.2, 16p. 2008. Disponível em: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art40/>. Acesso em: 08 nov. 2022.
- CARSWELL, G. "Agricultural Intensification and Rural Sustainable Livelihoods". *IDS Working Paper*, 64, 1-30, 1997.
- CEDLA. *Expansión minera: sus transformaciones y desigualdades. Amazonia en la mira* (Centro de Estudios para el Desarrollo laboral y agrario), 1, 3, 4p. 2023.
- CHAPIN, S.F.; FOLKE, C.; KOFINAS, G. A framework for understanding change. In: CHAPIN, S.F. *et al. Principles of ecosystem stewardship. Resilience-based natural resource management in a changing world*. Springer, 2009.
- CHAMBERS, R. Poverty and livelihoods: whose reality counts? *Environment and Urbanization*, v. 7, n. 1, 1995.
- CLEAVER, F., FRANKS, T. Institutions Elude Design: River Basin Management and Sustainable Livelihoods. *Alternative Water Forum*, Bradford (UK), p. 1-21, 2005.
- CLEARY, D. *A garimpagem do ouro na Amazônia: uma abordagem antropológica*. 1 ed. Rio de Janeiro: Divisão gráfica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1992. p. 237
- COLLINS, S. L. *et al.* An integrated conceptual framework for long-term social-ecological research. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 9, n. 6, p. 351-357, 2011.
- COSTANZA, R. *Ecological economics: the science and management of sustainability*. New York: Columbia University Press, 1991.
- DEARDEN, P. *et al.* *Sustainable Livelihood Approaches – From the Framework to the Field. Supporting Livelihoods - Evolving Institutions*. [s.l.] University of Bradford, 2002.
- DORNER, U. *et al.* Artisanal and Small-Scale Mining (ASM). *Polinares*, 19, 8p., 2012.
- DFID, D. FOR I. D. *Sustainable livelihoods guidance sheets*. 1.ed. London: UK DFID Department for International Development, 1999.
- FÁBIO, A. C. *Reinvenção do garimpo no Brasil*. 1. ed. Rio de Janeiro: Mórula, 2022.
- FOLKE, C. "Resilience: the emergence of a perspective for social-ecological systems analyses". *Global Environmental Change*, 16, 253-267, 2006.
- FOLKE, C. *et al.* Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 30, p. 441-473, 2005.

- FOLKE, C. *et al.* Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society*, v. 15, n.4, 2010.
- FOLKE, C. *et al.* WESTLEY. 2011. Reconnecting to the biosphere. *Ambio*, 40, 7, 719-738, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s13280-011-0184-y>. Acesso em: jun. de 2018.
- GASPAR, E. S. Os “bamburrados” do Tapajós. Dissertação (mestrado em Economia). Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1990.
- GEISER, G. C. LAUDO Nº 091/2018 – UTEC/DPF/SNM/PA – Laudo de Perícia Criminal Federal (Meio Ambiente). Santarém: MPF, 2018.
- HORSLEY, J. *et al.* Sustainable livelihoods and indicators for regional development in mining economies. *The Extractive Industries and Society*, 2, 368-380, 2015.
- HILSON, G. Farming, small-scale mining and rural livelihoods in Sub-Saharan Africa: A critical overview. *The Extractive Industries and Society*, 3, 547–563, 2016.
- INSTITUTO ESCOLHAS. Caracterização da economia do garimpo na Amazônia. Relatório Técnico. São Paulo, 2023. 50p.
- INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. Garimpo ilegal avança sobre áreas protegidas, contamina ambiente e interrompe vidas na Amazônia. 2021. Disponível em: <https://www.socioambiental.org/pt-br/blog/blog-do-monitoramento/garimpoilegal-avanca-sobre-areas-protegidas-contamina-ambiente-e-interrompe-vidasna-amazonia>. Acesso em: 13 abr. 2024.
- KIRCHHERR, J.; POHLNER, H.; CHARLES, K. J. Cleaning up the big muddy: A meta-synthesis of the research on the social impact of dams. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 60, p. 115–125, 1 set. 2016.
- LEONEL, M. *A morte social dos rios: conflito, natureza e cultura na Amazônia*. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 2020.
- LIMA, A. P. DE S. *Avaliação do impacto de uma atividade garimpeira no município de Cachoeira do Piriá, estado do Pará*. Tese (Doutorado em Ciências - Tecnologia Nuclear). São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2005.
- MAPBIOMAS, P. *a expansão da mineração e do garimpo no Brasil nos últimos 36 anos*. 2021. Disponível em: [https://mapbiomas-brsite.s3.amazonaws.com/Fact\\_Sheet\\_1.pdf](https://mapbiomas-brsite.s3.amazonaws.com/Fact_Sheet_1.pdf). Acesso em: 31 ago. 2021.
- MAPBIOMAS, P. *Destaques do Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra entre 1985 a 2021*. 2022. Disponível em: [https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/MapBiomass\\_Cole%C3%A7%C3%A3o7\\_2022\\_10.10.pdf](https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/MapBiomass_Cole%C3%A7%C3%A3o7_2022_10.10.pdf). Acesso em: 28 fev. 2023.
- MARTÍN-LÓPEZ, B. *et al.* Ciencias de la Sostenibilidad Guía Docente. Bogotá: Universidad e Magdalena, Instituto Humbolt, Universidad Autónoma de Madrid, 2012.
- MATHIS, A. Garimpagem de ouro na Amazônia (Paper 036). *Papers do NAEA*, v. 1, n. 1, 3 fev. 1995.
- MILLIKAN, B. *et al.* *Parecer técnico: atualização do Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) da Ferrogrão (EF-170) sob a ótica da governança territorial*. 2025.

- Disponível em: <https://gt-infra.org.br/parecer-aponta-falhas-na-analise-de-viabilidade-tecnica-da-ferrograo-e-questiona-impactos-socioambientais/>. Acesso em: 30 mar. 2025
- MOLINA, L.; WANDERLEY, L. JARDIM. *O cerco do ouro: garimpo ilegal, destruição e luta em terras Munduruku*. Brasília: Comitê Nacional em Defesa dos Territórios Frente à Mineração, v. 1, 2021.
- MORSE, S.; MCNAMARA, N.; ACHOLO, M. Sustainable Livelihood Approach: A critical analysis of theory and practice. *Geographical Paper*, n. 189, p. 1–67, 2009.
- MPF. *Mineração ilegal de ouro na Amazonia: marcos jurídicos e questões controversas*. Brasília: MPF, 2020a. Disponível em: <http://bibliotecadigital.mpf.mp.br/bdmpf/handle/11549/204922>. Acesso em: 8 jan. 2021.
- OSTROM, E. *et al.* Revisiting the commons: Local Lessons, Global Challenges. *Science* 284, 278 (1999).
- PELOQUIN, C., BERKES, F. *Local knowledge, subsistence harvests, and social–ecological complexity in James Bay*. *Hum Ecol*, 37, 533–545, 2009. <https://doi.org/10.1007/s10745-009-9255-0>
- POUND, B. *et alii.* “Managing natural resources for sustainable livelihoods: uniting science and participation”. Earthscan, London, 2003.
- PUGA, B. P. Ameaças e conflitos na bacia do Tapajós. In: ROCHA, B.C. *et al.* Tapajós sob o sol: Mergulho nas características ecológicas, socioculturais e econômicas da bacia hidrográfica. *International Rivers*, 92- 101, 2022.
- PREISER, R. *et al.* Social-ecological systems as complex adaptive systems: Organizing principles for advancing research methods and approaches. *Ecology and Society*, v. 23, n. 4, 1 dez. 2018.
- RAISG. *Amazônia brasileira abriga 453 garimpos ilegais*. 2018. Disponível em: <https://www.raisg.org/pt-br/2018/12/10/>. Acesso em: 22 mai. 2020.
- RETTBERG, A.; ORTIZ-RIOMALO, J. F. Golden opportunity, or a new twist on the resource-conflict relationship: links between the drug trade and illegal gold mining in Colombia. *World Development*, 2016.
- ROCHA, B. C.; TORRES, M.; MOREIRA, F. Histórias entrelaçadas: indígenas, beiradeiros e colonos acima das cachoeiras do Tapajós. In: COLARES, P. M.; CARNEIRO, D. S.; CALIXTO, H. R. S. (Eds.). *Políticas, concepções e práticas de ação afirmativa: reflexões a partir de uma universidade Amazônica*. Brasília: Rosivan Diagramação & Artes Gráficas, 208p. 2021.
- RODRIGUES, F. S. *Garimpagem e mineração no norte do Brasil*. 1. ed. Manaus: EDUA, 2017.
- ROQUETTI, D. R. *Mudam as pessoas, mudam os lugares: transformações ambientais e nos modos de vida de populações deslocadas por barragens*. 2018. 282f. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

- ROQUETTI, D. R.; MORETTO, E. M.; ATHAYDE, S. F. Deslocamento populacional, deslocamento de modos de vida e impactos ambientais. Em: *A ciência e os temas emergentes em ambiente e sociedade*. São Paulo: IEE/Procam/USP, 2020.
- SCHUBER, E. S. M. *Influência da atividade garimpeira na dinâmica urbana das cidades amazônicas: o caso de Itaituba-PA*. Dissertação (Mestrado em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia). Belém: Universidade Federal do Pará - UFPA, 2013.
- SCOONES, I. Livelihoods perspectives and rural development. *Journal of Peasant Studies*, 2009.
- SILVA, L. S. C. E; UTSUNOMIYA, R.; MORETTO, E. M. *Percepções dos impactos do garimpo nos modos de vida dos povos beiradeiros do rio Tapajós*. X Encontro Nacional da ANPPAS. Anais...Campinas: ENANPPAS, 2021.
- SILVA, L. S. C. *Mudanças no garimpo e nos modos de vida dos beiradeiros do alto Tapajós*. Tese (Doutorado em Ciências) – São Paulo: Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.
- SPERANZA, C. I.; WIESMANN, U.; RIST, S. An indicator framework for assessing livelihood resilience in the context of social-ecological dynamics. *Global Environmental Change*, v. 28, n. 1, p. 109–119, 1 set. 2014.
- THEIJE, M.; SALMAN, T. “Conflicts in marginal locations: small-scale gold-mining”. In: LAHIRI-DUTT, K. *Between the plough and the pick: informal, artisanal and Small-scale mining in the contemporary world*. Austrália: Anu press, 2018, 261-274.
- TORRES, M. Um rio de muita gente: a luta comum de vidas plurais no vale do alto Tapajós. In: ALARCON, D. F.; MILLIKAN, B.; TORRES, M. (Eds.). *Ocekadi: hidrelétricas, conflitos socioambientais e resistência na Bacia do Tapajós*. 1. ed. Brasília: International Rivers Brasil, 2016. p. 1–576.
- VASCONCELLOS, A. C. S. et al. *Avaliação de risco à saúde atribuível ao consumo de pescado contaminado por metilmercúrio na bacia do Rio Branco, Roraima, Amazônia, Brasil*. 2022. Disponível em: <https://informe.ensp.fiocruz.br/assets/anexos/ff51a29762190d78a-7da62fa06d2751e.PDF>. Acesso em: 14 out. 2022.
- VEGA, A. et al. Those who live like us: Autodemarcations and the co-becoming of Indigenous and beiradeiros on the Upper Tapajós River, Brazilian Amazonia. *Geoforum*, v. 129, p. 39–48, 1 fev. 2022a.
- VEIGA, M. M. D. et al. O garimpo de ouro na Amazônia: aspectos tecnológicos, ambientais e sociais. In: *Extração de ouro: princípios, tecnologia e meio ambiente*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2002. p. 277-305.
- VERBRUGGE, B. Capital interests: a historical analysis of the transformation of small-scale gold mining in Compostela Valley province, Southern Philippines. *Extractive Industries and Society*. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2014.01.004>.
- VILLAS-BÔAS, A. et al. The extractive reserves of terra do meio: an experience of alternative development for the Amazon. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 48, p. 214–235, 1 nov. 2018.

- WALKER, B. *et al.* A handful of heuristics and some propositions for understanding resilience in social-ecological systems. *Ecology and Society*, v. 11, n. 1, p. 1–15, 2006.
- WALKER, B. *et al.* *Resilience, adaptability and transformability in social-ecological*, 2004.
- WALKER, B.; SALT, D. “*Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world*”. Washington: Island Press, 2006, 174 pp.
- WANDERLEY, L. J. DE M. *Geografia do ouro na Amazônia brasileira: uma análise a partir da porção meridional*. Tese (Doutorado em Ciências - Geografia) — Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.



IV – SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS,  
PLANEJAMENTO E SOLUÇÕES  
BASEADAS NA NATUREZA



# Serviços ecossistêmicos na Macrometrópole Paulista: tendências espaço-temporais e desafios para o planejamento territorial

*Priscila Ikematsu  
José Alberto Quintanilha*

## **Resumo**

O artigo analisa a oferta de serviços ecossistêmicos na Macrometrópole Paulista (MMP), região marcada por intenso crescimento urbano e desenvolvimento econômico. Nesse contexto, a urbanização é um dos principais vetores de mudança ambiental, afetando significativamente a qualidade e disponibilidade desses serviços. Para apoiar a formulação de políticas públicas, o estudo realizou uma avaliação espaço-temporal, individual e integrada, de quatro serviços ecossistêmicos em dois anos históricos (1985 e 2015) e dois cenários tendenciais (2030 e 2050). Utilizando modelagem, mapeamentos e análises espaciais, foram identificadas interações entre os serviços, com destaque para trade-offs, sinergias e áreas de alta (hotspots) e baixa (coldspots) oferta de serviços ecossistêmicos. Os resultados indicam tendência de declínio na capacidade de controle de erosão, armazenamento de carbono e regulação hídrica, além de baixos valores de provisão de habitat ao longo do período analisado. As Regiões Metropolitanas do Vale do Paraíba/Litoral Norte e da Baixada Santista destacam-se por apresentar elevados índices de serviços ecossistêmicos. Essas áreas de alta oferta coincidem, em grande parte, com Unidades de Conservação, reforçando sua importância e sinalizando regiões estratégicas para a criação

de novas áreas protegidas ou ações governamentais de conservação. O estudo também aponta desafios para a integração dos serviços ecossistêmicos no planejamento da MMP, como a heterogeneidade territorial, limitações na modelagem ambiental e complexidade na governança. Os achados são relevantes para orientar estratégias de conservação e recuperação ambiental, promovendo uma abordagem integrada para a gestão desses serviços em uma região estratégica do Brasil.

**Palavras-chave:** Mudança no Uso da Terra; Avaliação Regional; Oferta de Serviços Ecossistêmicos.

## 1. INTRODUÇÃO

Os serviços ecossistêmicos são os bens ou benefícios que os ecossistemas fornecem às pessoas, direta ou indiretamente (MEA, 2005). Contudo, pressões antrópicas como urbanização, crescimento populacional, industrialização e atividades agropecuárias vêm comprometendo esses serviços, com impactos negativos sobre a biodiversidade, o habitat natural, a água, o ar e a qualidade de vida (Carpenter et al., 2005; Grizzetti et al., 2016; Hernandez et al., 2010; MEA, 2005).

Desde a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA), um grande número de trabalhos foi publicado associando o uso e ocupação do solo e a potencial oferta de serviços ecossistêmicos. No entanto, ainda são escassos os estudos que realizam análises espaço-temporais integradas de múltiplos serviços ecossistêmicos (Aryal; Maraseni; Apan, 2022). A integração temporal e espacial dos serviços, especialmente frente às mudanças no uso do solo e a cenários futuros, permanece um desafio na pesquisa científica (Obiang Ndong; Therond; Cousin, 2020).

Além disso, apesar do reconhecimento da importância da conservação de áreas para a melhoria do fornecimento de serviços ecossistêmicos, ainda são insuficientes as pesquisas sobre a relação entre os diversos serviços ecossistêmicos no contexto de áreas intensamente urbanizadas e de grande extensão territorial (Elmqvist *et al.*, 2015; Gómez-Baggethun; Barton, 2013; Wang *et al.*, 2022), como é o caso da Macrometrópole Paulista (MMP).

A MMP é o maior aglomerado urbano do Brasil, com mais de 53 mil km<sup>2</sup>, possui elevada densidade demográfica, grande número de atividades econômicas e interesses diversos que influenciam sobremaneira no fornecimento dos serviços ecossistêmicos desse importante território brasileiro (Emplasa, 2013; Tavares, 2018).

A MMP (Figura 1) engloba os municípios pertencentes às Regiões Metropolitanas de São Paulo (RMSP), do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN), de Campinas (RMC), da Baixada Santista (RMBS), de Sorocaba (RMS), de Jundiaí (RMJ) e de Piracicaba (RMP); e à unidade regional de Bragantina (URB). Cada uma dessas unidades regionais tem potencialidades diferenciadas de desenvolvimento econômico, social e

urbano. Coexistem áreas de alto e baixo dinamismo, conectadas por elementos inerentes à realidade macrometropolitana, como: a conurbação das suas áreas urbanizadas; a infraestrutura ampliada de comunicações e transportes, energia e saneamento básico; bem como os eixos urbano-industriais e os centros de pesquisa, culturais e turísticos (Cunha *et al.*, 2013; Emplasa, 2014; Galvão, 2017; Negreiros; Santos; Miranda, 2015).

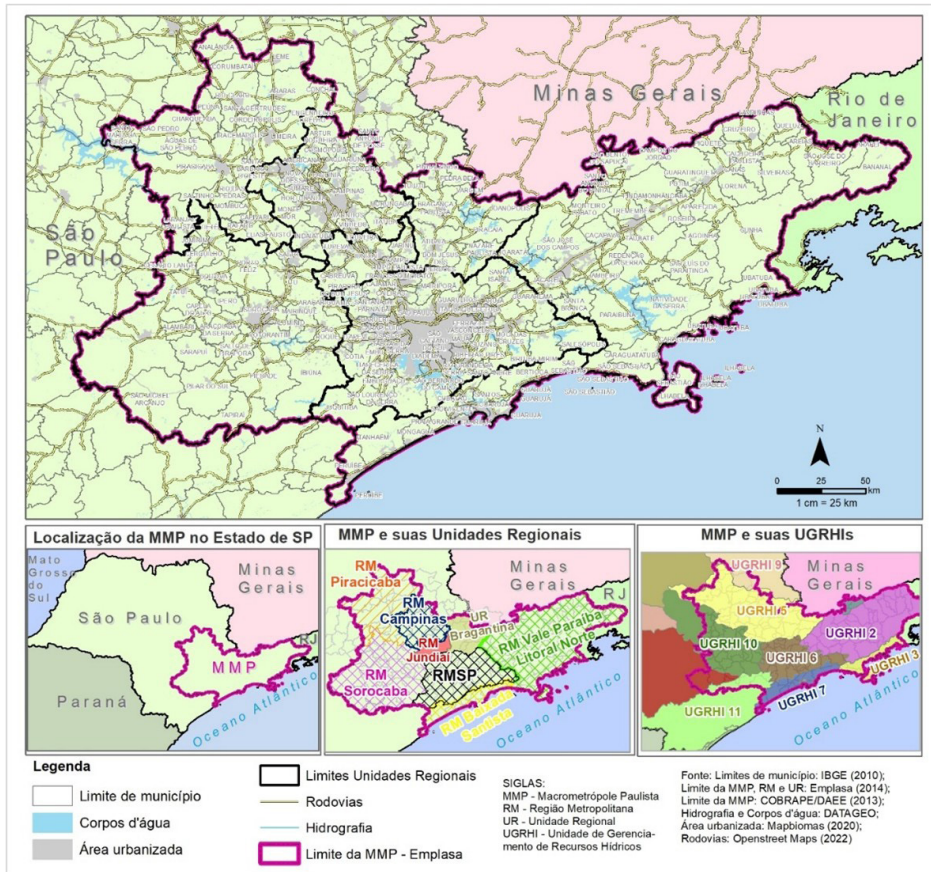


Figura 1 – Limite da MMP e de suas unidades regionais.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Nesse contexto, o presente trabalho objetivou realizar uma avaliação espaço-temporal, individual e integrada, da oferta de quatro serviços ecossistêmicos em configurações de uso e cobertura da terra histórico e futuro, no contexto de planejamento desse grande complexo metropolitano expandido.

## 2. METODOLOGIA

Este estudo foi estruturado em quatro etapas principais: (i) análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra; (ii) mapeamento de quatro serviços ecossistêmicos;

(iii) análise integrada quantitativa e espacial; e (iv) discussão dos desafios para sua incorporação no planejamento territorial da MMP. Os procedimentos metodológicos detalhados podem ser consultados em Ikematsu (2022) e Ikematsu e Quintanilha (2023). A análise abrangeu as oito Unidades Regionais da MMP, considerando suas diferentes dinâmicas de desenvolvimento (Figura 2).

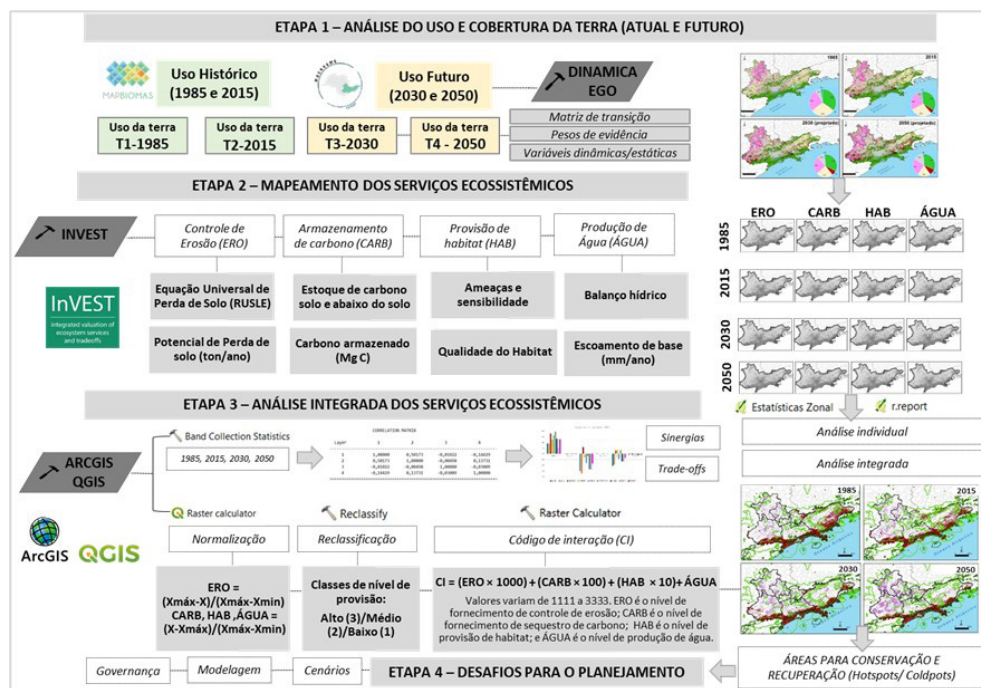


Figura 2 – Fluxograma metodológico.

Fonte: Ikematsu (2022).

## 2.1 Análise da mudança do uso e cobertura da terra

O uso e cobertura da terra, que é um dos principais impulsionadores de mudança no padrão espacial e na provisão geral de serviços ecossistêmicos, foi analisado para os anos de 1985, 2015, 2030 e 2050. Os anos iniciais (1985 e 2015) foram selecionados pela existência de dados do Projeto Mapbiomas (Souza et al., 2020), cujos mapas têm sido amplamente utilizados em estudos ambientais no Brasil. As classes da legenda original do Mapbiomas foram agrupadas para facilitar a análise histórica e a modelagem dinâmica, resultando em seis classes para a simulação dos cenários: 1. Floresta Natural, 2. Floresta Plantada, 3. Pastagem, 4. Agricultura, 5. Área urbanizada e 6. Corpos d'água.

As projeções para os anos de 2030 e 2050 foram feitas de modo a contribuir com o cumprimento da Agenda 2030 da ONU e do Plano Estadual de Ação Climática Net Zero

– 2050, respectivamente. Os dados foram obtidos de Machado e Freitas (2021), que utilizaram o software Dinamica EGO (Soares-Filho *et al.*, 2003) para as simulações. As projeções estimadas por esse método são realizadas por regressão espacial, tendo como base as variações de usos da terra ocorridos no passado (matriz e taxas de transição) e variáveis estáticas e dinâmicas (proximidade com estradas, corpos hídricos, setores urbanos, áreas protegidas, áreas montanhosas, tipo de solo e elevação do terreno).

## 2.2 Mapeamento de serviços ecossistêmicos

A MMP é uma região onde já são frequentes problemas ambientais como processos erosivos (Cruz *et al.*, 2017), mudanças climáticas (Araújo *et al.*, 2020), segurança hídrica (Cobrape; Dae, 2013; Jacobi; Cibim; Leão, 2015), deslizamentos/inundações (BITAR; MOMM, 2021) e perda de *habitat*. Nesse contexto, quatro serviços ecossistêmicos foram avaliados por meio do software InVEST (*Integrated Evaluation of Ecosystem Services and Tradeoffs*) (Sharp *et al.*, 2018), a saber: “Controle de erosão” (ERO), “Armazenamento de carbono” (CARB), “Provisão de habitat” (HAB) e “Regulação hídrica” (ÁGUA). Quatro modelos do InVEST foram adotados: *Sediment Delivery Ratio* (SDR), *Carbon*, *Habitat quality* (HQ) e *Seasonal water yield* (SWY). As informações cartográficas foram uniformizadas para uma resolução de 30×30 m e projetados para o Sistema de referência SIRGAS 2000, no sistema de projeção UTM no fuso 23 S, os quais foram utilizados como dados de entrada no software InVEST.

### 2.2.1. Controle de erosão

O modelo *Sediment Delivery Ratio* (SDR) do InVEST calcula a perda anual de solo usando a equação universal de perda de solo revisada (RUSLE), a partir dos dados do Modelo Digital de Elevação (NASA JPL, 2020), bacias hidrográficas, Erosividade da chuva (K) (TEIXEIRA, 2019), Erodibilidade do solo (K) (Rossi, 2017; Mannigel *et al.*, 2002), uso e cobertura da terra e fator de uso e cobertura da terra e manejo, sendo C – fator uso e manejo e P – fator práticas conservacionistas. Os valores de C e P foram obtidos de Silva (2004); Ribeiro (2015); Pavani (2018).

### 2.2.2. Armazenamento de carbono

O modelo *Carbon* do InVEST simplifica o ciclo do carbono e assume uma mudança linear no sequestro de carbono ao longo do tempo, a qual está intrinsecamente relacionada às mudanças no uso e cobertura da terra. O sequestro geral de carbono é a soma de valores indicativos da biomassa acima do solo, biomassa abaixo do solo, matéria orgânica do solo e matéria orgânica morta, os quais são associados às classes de uso e cobertura da terra. Foram adotados os dados dos reservatórios de carbono sugeridos por Pavani *et al.* (2018).

### 2.2.3. Provisão de habitat

O modelo *Habitat Quality* do InVEST assume que os padrões de biodiversidade podem ser estimados pela análise de mapas de uso e cobertura da terra em conjunto com as informações de ameaças. Neste modelo, a qualidade do *habitat* serve como um *proxy* para a biodiversidade, estimando a extensão do *habitat* e sua degradação nas paisagens. Três fontes de ameaça para representar os impactos antrópicos no *habitat* foram definidas: agricultura, área urbanizada e rodovias (pavimentadas e sem pavimentação). Os dados necessários para o modelo incluem mapas de uso da terra, dados de ameaças e fontes de ameaças. A constante de meia saturação foi fixada em 0,05, seguindo a orientação de (Sharp *et al.*, 2018).

### 2.2.4. Regulação hídrica

O modelo *Seasonal water yield* (SWY) do InVEST calcula índices espaciais que quantificam a contribuição relativa de uma parcela da paisagem para a geração do escoamento de base sazonal e fluxo rápido (Sharp *et al.*, 2018). Os parâmetros de entrada foram a precipitação média mensal e a evapotranspiração mensal de referência (Fick; Hijmans, 2017), o modelo digital de elevação (NASA JPL, 2020), as classes de uso e cobertura da terra, os grupos hidrológicos de solos (Rossi, 2017); e as bacias hidrográficas. A relação entre o uso e cobertura da terra, o tipo de solo, *curve number*, valores mensais do coeficiente de evapotranspiração ( $K_c$ ) foram obtidos de Sartori *et al.* (2005) e Marques (2018). O número de eventos de chuva foi calculado a partir do banco de dados disponibilizado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE, 2022). Adotaram-se os parâmetros de entrada e a função padrão da sazonalidade da precipitação ( $\alpha = 1/12$ ), função da topografia local e dos solos ( $\beta_i = 1$ ), e os parâmetros da fração de recarga de pixels ( $\gamma = 1$ ) do modelo.

## 2.3 Análise integrada dos serviços ecossistêmicos

Os dados dos quatro serviços ecossistêmicos, nos quatro anos analisados (1985, 2015, 2030 e 2050), foram normalizados em uma escala de 0 a 1 para que os maiores valores correspondessem a uma maior oferta de cada serviço.

Para avaliar especialmente as relações entre os quatro serviços ecossistêmicos, foi adotada a base conceitual do método proposto por Cademus *et al.* (2014), a partir de Carr e Zwick (2008), adaptando para a identificação de hotspots/coldspots de serviços ecossistêmicos (Egoh *et al.*, 2008; Schröter *et al.*, 2017; Schröter; Remme, 2016). Os valores normalizados foram agrupados em três classes de nível de provisão para cada um dos quatro serviços ecossistêmicos, cujos limiares foram definidos a partir do cálculo das estatísticas descritivas e avaliação de suas distribuições de frequências acumuladas. Em seguida, os valores foram codificados em 1, 2 e 3, representando níveis de provisão baixo, médio e alto, respectivamente.

Para representar espacialmente e quantitativamente essas classes, códigos de interação (CI) foram definidos a partir da combinação do nível do serviço ecossistêmico individual, conforme equação 1:

$$CI = (ERO \times 1000) + (CARB \times 100) + (HAB \times 10) + \text{ÁGUA (equação 1)}$$

Onde: CI é o código de interação formado por quatro dígitos; ERO é o valor do serviço de controle de erosão; CARB é o valor do serviço de armazenamento de carbono; HAB é o valor do serviço de provisão de *habitat*; e ÁGUA é o valor do serviço de regulação hídrica.

Os códigos de saída foram números entre 1111 (todos os quatro serviços apresentam os menores valores de fornecimento) e 3333 (todos os quatro serviços com os valores máximos de fornecimento). Os códigos de interação foram agrupados em duas classes para definir *coldspots*, ou seja, aquelas áreas com pelo menos três serviços no menor nível de fornecimento e os *hotspots*, que representaram as sinergias mais fortes entre os serviços; ou seja, áreas com pelo menos 2 serviços no maior nível de fornecimento.

Por fim, avaliou-se a concordância espacial entre os *hotspots* e *coldspots* e as Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso sustentável definidas pela Lei Federal nº 9.985/2000 para analisar a correspondência espacial entre os locais com maior/menor sinergias e as áreas legalmente protegidas. Essa Lei instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

## 2.4 Desafios para incorporar os serviços ecossistêmicos no planejamento territorial da MMP

A partir dos resultados obtidos, do conhecimento adquirido na elaboração dos produtos cartográficos e da experiência empírica da pesquisadora, discute-se a implicação dos resultados em relação às políticas de uso da terra e planos de gestão que podem ser adotados, bem com os desafios para incorporar os serviços ecossistêmicos no planejamento territorial da MMP.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Avaliação espaço-temporal de serviços ecossistêmicos em diferentes cenários

A Figura 3 e a Tabela 1 apresentam os resultados obtidos no mapeamento dos serviços ecossistêmicos na MMP nos quatro anos analisados, bem com o seu principal vetor de mudança: o uso e cobertura da terra.

Os resultados revelam que as mudanças no uso e cobertura da terra entre 1985 e 2015 são dominadas por transições de sistemas naturais para ambientes agrícolas ou

urbanos, com decréscimo das classes de Floresta Natural e Pastagem, e acréscimo das Florestas Plantadas e das áreas urbanizadas. Para os cenários de 2030 e 2050, projeta-se a continuidade dessas tendências, com leve redução da vegetação natural, retração das pastagens, expansão das florestas plantadas e crescimento contínuo da urbanização, embora com variações nas dinâmicas regionais observadas na MMP.

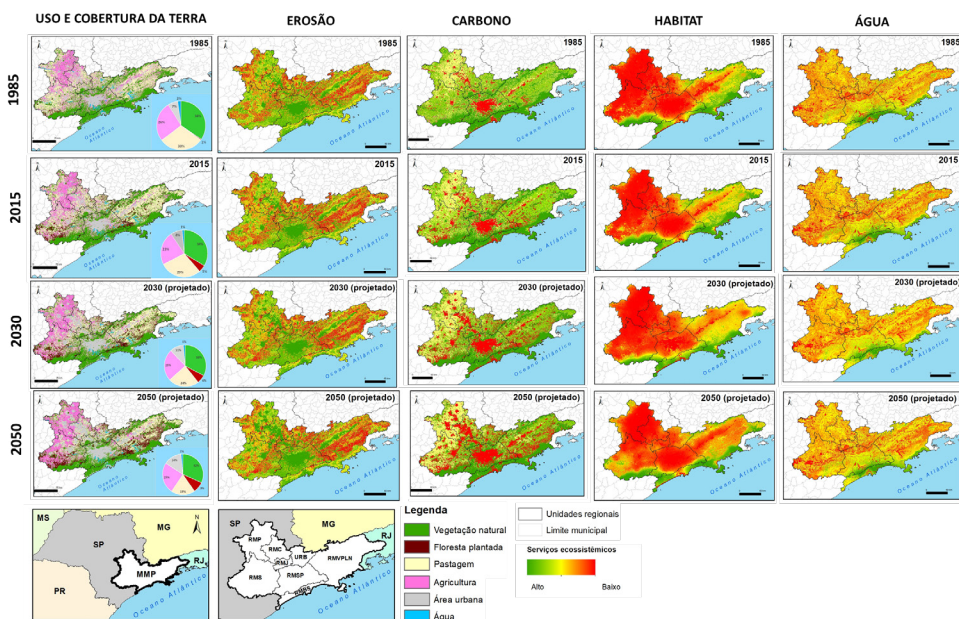


Figura 3 – Indicadores de serviços ecossistêmicos nos diferentes cenários de uso e cobertura da terra (1985, 2015, 2030 e 2050).

Fonte: Ikematsu (2022).

Tabela 1 – Valores médios dos indicadores de serviços ecossistêmicos na MMP e suas Unidades Regionais de 1985 a 2050, indicando as tendências de aumento e diminuição do fornecimento dos serviços

Serviço ecossistêmico	Unidade Regional	ANO				Tendência	Serviço ecossistêmico	Unidade Regional	ANO				Tendência
		1985	2015	2030	2050				1985	2015	2030	2050	
Perda de solo (ton)	MRJ	64,35	73,35	71,58	68,14	↔	Habitat quality	MRJ	0,18	0,15	0,13	0,13	↔
	MRP	67,57	73,49	80,22	80,30	↔		MRP	0,13	0,06	0,09	0,07	↔
	MRBS	58,49	55,45	60,88	63,03	↔		MRBS	0,67	0,68	0,60	0,58	↔
	MRC	22,02	81,74	103,45	132,60	↔		MRC	0,10	0,09	0,08	0,07	↔
	MRS	51,28	66,13	69,79	75,71	↔		MRS	0,34	0,27	0,20	0,24	↔
	MRSO	27,27	59,60	62,61	65,20	↔		MRSO	0,22	0,22	0,22	0,20	↔
	MRVPLN	115,41	145,58	174,60	214,80	↔		MRVPLN	0,45	0,46	0,57	0,55	↔
	RUB	125,04	208,36	228,07	242,62	↔		RUB	0,29	0,26	0,37	0,33	↔
Estoque de Carbono (Mg)	SPM	74,27	98,94	109,74	124,23	↔	SPM	0,33	0,31	0,32	0,28	↔	
	MRJ	133,78	126,34	125,01	123,45	↔	MRJ	430,93	422,93	419,19	411,13	↔	
	MRP	48,55	53,49	51,24	48,18	↔	MRP	464,29	463,75	451,88	443,95	↔	
	MRBS	298,86	297,25	295,48	293,23	↔	MRBS	1.005,75	1.003,48	1.001,83	1.001,21	↔	
	MRC	34,67	42,58	40,86	38,65	↔	MRC	499,33	494,63	489,34	483,43	↔	
	MRS	116,37	115,52	111,58	106,33	↔	MRS	455,75	449,24	445,55	443,83	↔	
	MRSO	180,26	168,18	165,81	162,52	↔	MRSO	686,56	678,25	674,21	671,94	↔	
	MRVPLN	154,13	153,96	151,18	147,92	↔	MRVPLN	586,96	567,77	558,11	552,89	↔	
RUB	124,03	117,69	115,66	113,57	↔	RUB	510,56	504,86	482,76	483,50	↔		
SPM	131,21	129,83	127,09	123,64	↔	SPM	555,91	552,81	543,57	545,27	↔		

Legenda: Baixa oferta de serviços ecossistêmicos  Alta oferta de serviços ecossistêmicos

Fonte: Ikematsu (2022).

Os dados corroboram a análise realizada por Gonçalves *et al.* (2021a) e Machado e Freitas (2021) que identificaram transições significativas de sistemas naturais para ambientes agrícolas ou urbanos. Apesar de, no cômputo geral, não ter ocorrido uma variação substancial nas porcentagens de vegetação nativa na MMP e suas unidades regionais, é preciso observar que ocorre a perda de biodiversidade e de serviços ecossistêmicos associados à perda de florestas maduras e degradação de áreas mais preservadas. Conforme destacado por Calaboni *et al.* (2020), a substituição de florestas mais antigas por outras mais jovens e, também, processos concomitantes e variados de perda e ganho de vegetação nativa nas diferentes unidades regionais da MMP podem levar à redução da oferta de serviços ecossistêmicos como erosão do solo, sequestro e fixação de carbono, proteção da biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos hídricos.

Os resultados obtidos com o InVEST indicaram que a oferta dos serviços ecossistêmicos analisados vem sendo negativamente afetada pelas mudanças no uso e cobertura da terra e que essas mudanças foram distintas a depender do serviço ecossistêmico e da Unidade Regional avaliada, conforme mostrado em Ikematsu e Quintanilha (2023). De maneira geral, a MMP apresentou diminuição da capacidade de controle de erosão, armazenamento de carbono e regulação hídrica e valores baixos de provisão de *habitat* nos quatro anos avaliados.

A Região Metropolitana da Baixada Santista, a porção ao sul da Região Metropolitana de São Paulo e a porção norte da Região Metropolitana do Vale do Paraíba/Litoral Norte, apresentaram valores relativamente mais altos para os quatro indicadores avaliados, enquanto a Região Metropolitana de Campinas, Piracicaba, Jundiaí e Unidade Regional de Bragantina tiveram os menores scores no cômputo geral. Os valores mais altos de controle de erosão e armazenamento de carbono estiveram associados à existência de floresta natural nas diversas unidades regionais, notadamente no corredor de Biodiversidade da Serra do Mar e Corredor Ecológico da Mantiqueira (Ikematsu; Quintanilha, 2023).

### 3.2 Hotspots e coldspots entre serviços ecossistêmicos

As áreas que apresentam os maiores valores (*hotspots*) e os menores valores (*coldspots*) de múltiplos serviços ecossistêmicos nos quatro anos analisados (1985, 2015, 2030 e 2050), juntamente com as Unidades de Conservação que ocorrem na MMP estão apresentadas na Figura 4.

Os *hotspots*, ou seja, as áreas contendo pelo menos dois serviços com as pontuações mais altas, ocuparam aproximadamente 26% e 27% de toda a área de estudo em 1985 e 2015, respectivamente, e se concentraram na Região Metropolitana da Baixada Santista; sul e norte da Região Metropolitana do Vale do Paraíba/Litoral Norte; e sul da Região

Metropolitana de São Paulo e Sorocaba. As tendências para 2030 e 2050 indicam uma redução das áreas com os maiores valores dos quatro serviços ecossistêmicos, passando para cerca de 18% no último ano, sendo mais um indicador da tendência de diminuição da oferta de serviços ecossistêmicos integrados devido às alterações no uso e cobertura da terra na MMP (Ikematsu, 2022; Ikematsu; Quintanilha, 2023).

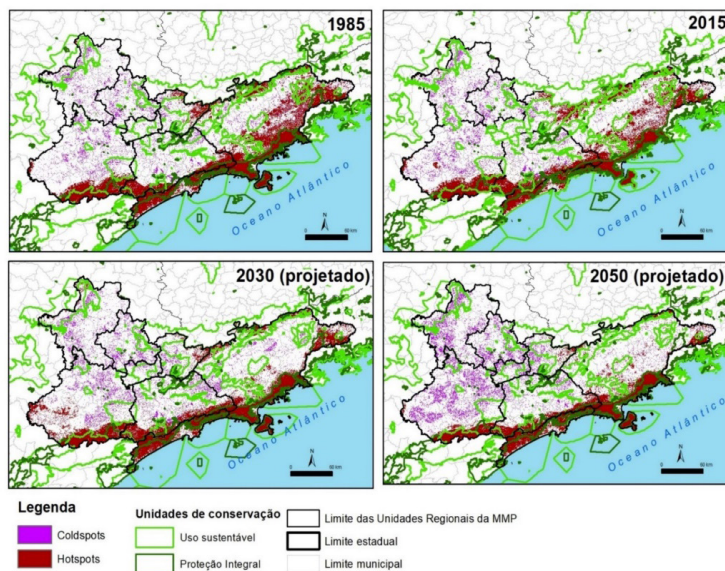


Figura 4 – *Hotspots* e *coldspots* de serviços ecossistêmicos na MMP e suas Unidades Regionais em 1985, 2015, 2030 e 2050.

Fonte: Ikematsu (2022).

Esse fato indica a importância de políticas públicas voltadas à conservação e recuperação de áreas provedoras de múltiplos serviços ecossistêmicos. Por outro lado, os *coldspots*, ou seja, as áreas contendo pelo menos três ou mais serviços ecossistêmicos com as pontuações mais baixas, ocupavam aproximadamente 17 % de toda a área de estudo em 1985 e 2015 e se concentraram na Região Metropolitana de Sorocaba e de Piracicaba, ocorrendo de forma esparsa na área de estudo e geralmente coincidiram com áreas de pastagem e de cursos d'água. As tendências para 2030 e 2050 indicam um aumento das áreas com os menores valores dos quatro serviços ecossistêmicos, passando para cerca de 18% e 23 % da área mapeada nos cenários projetados para 2030 e 2050, respectivamente (Ikematsu, 2022; Ikematsu; Quintanilha, 2023).

Tanto as áreas de *hotspots* de serviços ecossistêmicos individuais e agrupados, bem como as áreas que não estão fornecendo múltiplos serviços em sua plenitude (*coldspots*) indicam, ainda, áreas que devem priorizadas para reduzir o impacto negativo das atividades humanas no ecossistema e favorecer a proteção e conservação ecológica regional.

As áreas de alto desempenho e aquelas adjacentes a elas indicam prioridades de conservação. Nas áreas de dominância de um serviço apenas, intervenções de restauração podem aumentar a oferta de múltiplos serviços ecossistêmicos. Ainda que não seja possível alcançar altos valores de todos os serviços ecossistêmicos, soluções de gestão sustentável são capazes de aumentar a oferta de serviços ecossistêmicos e melhorar seu desempenho geral (Spanò *et al.*, 2017).

### 3.3 Desafios para a inclusão dos serviços ecossistêmicos no planejamento territorial da MMP

Considerando a abordagem adotada neste estudo, três grandes grupos de desafios para incorporar os serviços ecossistêmicos no planejamento territorial da MMP foram delimitados, a saber: avaliação dos serviços ecossistêmicos em diferentes cenários; modelagem ambiental dos serviços ecossistêmicos; e governança multinível (Ikematsu, 2022).

Inicialmente, deve-se destacar que diversos serviços ecossistêmicos são fornecidos em uma área tão extensa e heterogênea quanto é a MMP. O trabalho avaliou apenas quatro, pois quanto maior o número de serviços prioritários, mais complexa é a realidade a ser analisada e maiores são as exigências de tempo e recursos na avaliação posterior, podendo gerar resultados que não sejam concretos nem específicos (Kosmus; Renner; Ullrich, 2012). A complexidade, fragmentação e heterogeneidade das paisagens em áreas altamente urbanizadas na MMP também são fatores relevantes para a avaliação de serviços ecossistêmicos em diferentes cenários.

No que concerne aos desafios associados à modelagem ambiental dos serviços ecossistêmicos, mencionam-se o pré-processamento de dados, a qualidade e a escala dos dados de entrada. A dinâmica entre serviços ecossistêmicos em diferentes trajetórias, impulsionada por fatores biofísicos e decisões de gestão, também são relevantes em análises na escala macrometropolitana. As incertezas associadas à modelagem ambiental, bem como a impossibilidade de contemplar todas as dimensões, interações, variações e fatores envolvidos nas diferentes unidades regionais ao longo do tempo e espaço nas simulações (Cavender-Bares *et al.*, 2015; Deng; Li; Gibson, 2016), também fazem parte dos obstáculos para a modelagem de serviços ecossistêmicos na MMP.

Cabe ressaltar, finalmente, a importância da governança multinível na MMP para que qualquer ação proposta seja passível de realização nesse território amplo e complexo. A abordagem multinível tem sido considerada adequada para lidar com a natureza multidimensional de questões ambientais prementes, como a questão dos serviços ecossistêmicos, pois esses problemas se manifestam em vários níveis, do local ao global, e precisam ser abordados de acordo (Gonçalves *et al.*, 2021b). No entanto, ela é muitas vezes desafiadora, dado o ambiente institucional complexo em que é

implementada e à necessidade de coordenar vários atores em vários níveis. A descentralização administrativa estabelecida pela Constituição brasileira de 1988 resultou em um planejamento muito mais local do que regional, devido à municipalização que garantiu maior autonomia política aos municípios e que ainda predomina sobre os interesses que ultrapassam os limites administrativos (Tavares, 2018).

Assim, é preciso uma maior conexão entre as pesquisas teóricas e as práticas executadas pelas diferentes instâncias de governança. Isso pode ser realizado por meio de fóruns de discussão temáticos e permanentes que integrem academia, poder público, terceiro setor, entre outros. Processos de elaboração de políticas públicas de forma participativa, também representam uma forma de conectar conhecimentos e instituições em prol de um planejamento em bases sustentáveis. A governança necessária deve incluir a redução de conflitos, harmonização de interesses e integração de políticas que apontem para uma gestão baseada em ecossistemas (Gonçalves *et al.*, 2021b), bem como para uma governança integrada, policêntrica e participativa (Jacobi *et al.*, 2020).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise conduzida neste estudo destacou a dinâmica complexa dos serviços ecossistêmicos na Macrometrópole Paulista (MMP), evidenciando a variabilidade espaço-temporal desses serviços e identificando áreas de alta e baixa provisão dos mesmos. É crucial reconhecer que a MMP enfrenta sérias ameaças à provisão dos quatro serviços avaliados, cuja degradação acarretaria impactos adversos não apenas ambientais, mas também socioeconômicos e para a saúde humana.

O roteiro metodológico delineado permitiu não só a análise individual dos serviços ecossistêmicos, mas também a sua integração, oferecendo uma visão abrangente da situação na MMP e suas unidades regionais. Isso demonstra claramente como mudanças no uso da terra podem afetar a oferta desses serviços, fornecendo *insights* cruciais para a gestão do capital natural e o planejamento territorial.

É notável que as áreas de maior sinergia, onde múltiplos serviços são abundantemente fornecidos (*hotspots*), coincidem em grande parte com as Unidades de Conservação, ressaltando a importância dessas áreas protegidas para a prestação de serviços ecossistêmicos e a conservação da biodiversidade. Por outro lado, identificamos também áreas que requerem atenção prioritária (*coldspots*), sugerindo a necessidade de intervenções direcionadas para mitigar os impactos das atividades humanas e promover a conservação ecológica regional.

Os resultados desse estudo oferecem importantes subsídios para orientar o planejamento de ações em conservação e recuperação ambiental de forma a maximizar os benefícios ambientais relacionados aos serviços ecossistêmicos avaliados nessa região estratégica do Brasil.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, G. P. DE *et al.* Planejamento e sustentabilidade urbana: uma análise do Plano de Ação da Macrometrópole Paulista. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 8, n. 1, p. 100–112, 2020.
- ARYAL, K.; MARASENI, T.; APAN, A. How much do we know about trade-offs in ecosystem services? A systematic review of empirical research observations. *Science of The Total Environment*, v. 806, p. 151229, 2022.
- BITAR, O. Y.; MOMM, S. Cartografia geotécnica como instrumento de planejamento territorial: as cartas de suscetibilidade na Macrometrópole Paulista. In: JACOBI, P.R.; TRAVASSOS, L.; SANTANA-CHAVES, I.M.; ANJOS, L.A.P.; LEONE, A.L.C.M. *Diálogos socioambientais da Macrometrópole Paulista: Kátia Canil e o seu legado*. São Paulo: IEE, 2021. v. 4.
- CADEMUS, R. *et al.* Analyzing trade-offs, synergies, and drivers among timber production, carbon sequestration, and water yield in *Pinus elliotii* forests in Southeastern USA. *Forests*, v. 5, n. 6, p. 1409–1431, 2014.
- CALABONI, A. *et al.* ODS 15 Vida terrestre – Histórico, governança e perspectivas para conservação dos ecossistemas terrestres na Macrometrópole Paulista. In: FREY, K.; TORRES, P.H.C.; JACOBI, P.R.; RAMOS, R.F. (Orgs.). *Objetivos do desenvolvimento sustentável: desafios para o planejamento e a governança ambiental na macrometrópole paulista*. São Paulo: Editora UFABC, 2020.
- CARPENTER, S. R. *et al.* *Ecosystems and Human Well-Being: scenarios*. Washington: Island Press, 2005.
- CARR, M. H.; ZWICK, P. D. *Smart land-use analysis: The LUCIS Model. Land Use Conflict Identification Strategy*. Redlands, CA, USA: ESRI Press, 2008.
- CAVENDER-BARES, J. *et al.* A sustainability framework for assessing trade-offs in ecosystem services. *Ecology and Society*, v. 20, n. 1, 2015.
- COBRAPE - COMPANHIA BRASILEIRA DE PROJETOS E EMPREENDIMENTOS; DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. *Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista no Estado de São Paulo: Relatório Final*. São Paulo: DAEE, 2013.
- COSTANZA, R. *et al.* Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, v. 28, p. 1–16, 2017.
- CRUZ, B. B. *et al.* Environmental fragility framework for water supply systems: a case study in the Paulista Macro Metropolis area (SE Brazil). *Environmental Earth Sciences*, v. 76, n. 12, jun. 2017.
- CUNHA, J. M. P. *et al.* A mobilidade pendular na Macrometrópole Paulista: diferenciação e complementaridade socioespacial. *Cadernos Metrôpole*, v. 15, n. 30, p. 433–459, dez. 2013.
- DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. *Dados de chuva do Estado de São Paulo*. Destinatário: Priscila Ikematsu. [São Paulo], 3 de abr. 2022. mensagem eletrônica.

- DE GROOT, R. *et al.* Chapter 1 Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation. In: KUMAR, P. (Ed.). *The economics of ecosystems and biodiversity ecological and economic foundations*. London: Earthscan, 2010a. 40 p.
- DENG, X.; LI, Z.; GIBSON, J. A review on trade-off analysis of ecosystem services for sustainable land-use management. *Journal of Geographical Sciences*, v. 26, n. 7, p. 953–968, 2016.
- DUARTE, G. T.; RIBEIRO, M. C.; PAGLIA, A. P. Ecosystem services modeling as a tool for defining priority areas for conservation. *PLoS One*, v. 11, n. 5, p. e0154573, 2016.
- DUNFORD, R. *et al.* Integrating methods for ecosystem service assessment: experiences from real world situations. *Ecosystem Services*, v. 29, p. 499–514, 2018.
- EGOH, B. *et al.* Mapping ecosystem services for planning and management. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 127, n. 1–2, p. 135–140, 2008.
- ELMQVIST, T. *et al.* Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 14, p. 101–108, 2015.
- EMPLASA - EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO. *Plano de Ação da Macrometrópole Paulista (PAM) 2013-2040*. São Paulo: Emplasa, 2014. (Coleção Carteira de Projetos do PAM, 4).
- FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, v. 37, n. 12, p. 4302–4315, 2017.
- GALVÃO, R. F. P. *O rural na urbanização paulista em contexto macrometropolitano*. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) — Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo: São Paulo, 2017.
- GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; BARTON, D. N. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, v. 86, p. 235–245, 2013.
- GONÇALVES, D. *et al.* Land use and land cover changes in São Paulo Macro Metropolis and implications for water resilience under climate change. *Sustentabilidade em Debate*, v. 12, n. 2, 2021a.
- GONÇALVES, L. R. *et al.* The dynamics of multiscale institutional complexes: the case of the São Paulo Macrometropolitan Region. *Environmental Management*, v. 67, n. 1, p. 109–118, 2021b.
- GRIZZETTI, B. *et al.* Ecosystem services for water policy: Insights across Europe. *Environmental Science and Policy*, v. 66, p. 179–190, 2016.
- HERNANDEZ, M. *et al.* The use of scenario analysis to assess water ecosystem services in response to future land use change in the willamette river Basin, Oregon. In: LIOTTA, P.; KEPNER, W.; LANCASTER, J.; MOUAT, D. (ed.). *Achieving environmental security: ecosystem services and human welfare*. Amsterdam: IOS Press, 2010. p. 97–111.
- IKEMATSU, P. *Dinâmica espaço-temporal da oferta de serviços ecossistêmicos na Macrometrópole Paulista*. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo: São Paulo, 2022.

- IKEMATSU, P.; QUINTANILHA, J. A. Spatio-temporal evaluation of ecosystem services in the São Paulo Macrometropolis, Brazil. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais (RB-CIAMB)*, Rio de Janeiro, v. 58, n. 2, p. 304–316, 2023. DOI: 10.5327/Z2176-94781638
- JACOBI, P. R.; CIBIM, J.; LEÃO, R. DE S. Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil. *Estudos Avançados*, v. 29, n. 84, p. 27–42, 2015.
- JACOBI, P. R. *et al.* Capítulo 10: ODS 6 – Água potável e saneamento. In: FREY, K.; TORRES, P.H.C.; JACOBI, P.R.; RAMOS, R.F. (Orgs.). *Objetivos do desenvolvimento sustentável: desafios para o planejamento e a governança ambiental na Macrometrópole Paulista*. Santo André: Editora UFABC, 2020.
- KOSMUS, M.; RENNER, I.; ULLRICH, S. *Integração de serviços ecossistêmicos ao planejamento do desenvolvimento*. Deutshe Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit, 2012.
- MACHADO, C. B. *et al.* Extreme Rainfall Events in the Macro-Metropolis of São Paulo: trends and connection with climate oscillations. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, v. 60, n. 5, p. 661-675, 2021.
- MARQUES, M. G. *Comparação de balanço hídrico na restauração de APP com mata nativa e sistema agroflorestal: um estudo de caso*. Dissertação (Mestrado em Ciências) — Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica. Instituto Tecnológico de Aeronáutica: São José dos Campos, 2018.
- MANNIGEL, A. R. *et al.* Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 24, p. 1335, 2002.
- MEA – MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystems and human well-being: a framework for assessment*. Washington, DC: Island Press, 2005.
- NASA JPL. *NASADEM Merged DEM Global 1 arc second V001*. NASA EOSDIS Land Processes DAAC, 2020. Disponível em: [https://lpdaac.usgs.gov/products/nasadem\\_hgtv001](https://lpdaac.usgs.gov/products/nasadem_hgtv001). Acesso em: 14 abr. 2021.
- NEGREIROS, R.; SANTOS, S. M. M. DOS; MIRANDA, Z. A. I. DE. Nova escala de planejamento, investimento e governança na macrometrópole paulista. *Revista Iberoamericana de Urbanismo*, v. 12, ano 7, p. 121–136, 2015.
- OBIANG NDONG, G.; THEROND, O.; COUSIN, I. Analysis of relationships between ecosystem services: A generic classification and review of the literature. *Ecosystem Services*, v. 43, p. 101120, 2020.
- PAVANI, B. F. *et al.* Estimating and valuing the carbon release in scenarios of land-use and climate changes in a Brazilian coastal area. *Journal of Environmental Management*, v. 226, p. 416–427, 2018.
- PAVANI, B. F. *Pagamentos por serviços ecossistêmicos: proteção de recursos hídricos por Unidades de Conservação ambiental no Brasil*. Tese (Doutorado em Ciências) — Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica. São José dos Campos: Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA, 2018.

- RIBEIRO, T. C. L. *Mapeamento, quantificação e valoração do serviço ecossistêmico de retenção de sedimentos no trecho paulista da bacia do rio Paraíba do Sul*. Dissertação (Mestrado em Ciências) — Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica. Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA: São José dos Campos, 2015.
- ROSSI, M. *Mapa pedológico do estado de São Paulo: revisado e ampliado*. São Paulo: Instituto Florestal, 2017.
- SCHRÖTER, M.; REMME, R. P. Spatial prioritisation for conserving ecosystem services: comparing hotspots with heuristic optimisation. *Landscape Ecology*, v. 31, n. 2, p. 431–450, fev. 2016.
- SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 10, p. 5–18, 2005.
- SHARP, R. *et al. InVEST 3.5.0 User's Guide*. The Natural Capital Project. Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund., 2018.
- SILVA, A. M.; SCHULZ, H.; CAMARGO, P. *Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas*. São Carlos: RIMA, 2004.
- SOARES-FILHO, B. S. *et al. Simulating the spatial patterns of change through the use of the Dinamica model*. Belo Horizonte, Brasil: INPE, 2003.
- SOUSA, M. C. *et al. Spatio-temporal dynamics of land use changes of an intense anthropized basin in the Brazilian semi-arid region*. Remote Sensing Applications. *Society and Environment*, v. 24, p. 100646, 2021.
- SOUZA, C. M. *et al. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine*. *Remote Sensing*, v. 12, n. 17, p. 2735, 25 ago. 2020
- SPANÒ, M. *et al. Are ecosystem service hotspots located in protected areas? Results from a study in Southern Italy*. *Environmental Science & Policy*, v. 73, p. 52–60, 2017.
- SUN, X.; LI, F. Spatiotemporal assessment and trade-offs of multiple ecosystem services based on land use changes in Zengcheng, China. *Science of the Total Environment*, v. 609, p. 1569–1581, 2017.
- TAVARES, J. Formação da macrometrópole no Brasil: Construção teórica e conceitual de uma região de planejamento. *EURE (Santiago)*, v. 44, n. 133, p. 115–134, set. 2018.
- TEIXEIRA, D. B. D. S. *Erosividade da Chuva no Estado De São Paulo Com Base Em Séries Sintéticas De Dados Pluviográficos*. Dissertação (Mestrado em Ciências)— Meteorologia Aplicada. Universidade Federal de Viçosa: Viçosa, 2019.
- WANG, S. *et al. Dynamics of ecosystem services in response to urbanization across temporal and spatial scales in a mega metropolitan area*. *Sustainable Cities and Society*, v. 77, p. 103561, 2022.

# Caracterização da demanda do serviço ecossistêmico de retenção do escoamento superficial como solução baseada em ecossistemas para mitigação de inundações na cidade de São Paulo

*Maíra Daronco Teruya  
Paulo Antonio de Almeida Sinisgalli*

## **Resumo**

Os efeitos das mudanças climáticas são intensificados nas cidades em função de suas características e das alterações locais do clima. Na cidade de São Paulo, que se consolidou sobre sua rede hídrica e que possui grande parte de sua superfície impermeabilizada, o prognóstico é de aumento de desastres associados às intensidades das chuvas. Assim, este trabalho, oriundo de parte da dissertação de mestrado intitulada “A ampliação da oferta de infraestrutura verde como fator de aumento da resiliência às mudanças climáticas do município de São Paulo”, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (Procam) da Universidade de São Paulo (USP), utilizou uma abordagem por serviços ecossistêmicos para mapear os problemas reais e potenciais de escoamento superficial (pressão ecológica) e a demanda pelo serviço ecossistêmico de retenção do escoamento superficial, utilizando setores censitários como área

territorial de análise. Posteriormente foi realizada a priorização da demanda do SE em análise, que resultou em um mapa de áreas prioritárias para a instalação de Infraestruturas Verdes no município de São Paulo.

**Palavras-chave:** Infraestrutura Verde; Serviços Ecossistêmicos; Redução do Escoamento Superficial; Planejamento Urbano; Adaptação Baseada em Ecossistemas.

## 1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são talvez o maior desafio da humanidade nos próximos anos. Efeitos que eram previstos para as próximas décadas já podem estar acontecendo, o que torna a redução das emissões de gases do efeito estufa (GEE) e a adaptação ao novo clima objetos de grandes esforços (Jacobi; Trani, 2019). Em muitas megacidades, os efeitos das mudanças climáticas se intensificam pelas alterações do clima local, especialmente com as “ilhas de calor”, resultante do aumento da impermeabilização e do escoamento superficial, da poluição urbana, da emissão de particulados e retirada da vegetação (Nobre, 2020). A gestão e a prevenção de riscos de desastres nas áreas urbanas devem ser encaradas como um processo social profundamente ligado ao desenvolvimento local em todas as suas dimensões (Rodríguez, 2013).

A consolidação urbana no município de São Paulo ocorreu em grande parte sobre sua rede hídrica, seus rios e córregos foram retificados, canalizados e/ou tamponados, e houve a impermeabilização das superfícies pelas construções e obras de infraestrutura. A recuperação da capacidade de uma cidade de absorver as águas pluviais é uma possibilidade para sanar seus problemas de drenagem (Santos, 2017). Neste contexto, medidas de Adaptação baseadas em Ecossistemas (AbE) são formas alternativas de lidar com a questão das inundações e de ampliar a resiliência das cidades frente a este aspecto (PBMC, 2016).

Assim, como opção à infraestrutura cinza, destaca-se a chamada infraestrutura verde (IV) que, conforme o “Guia da Infraestrutura Verde para Gestão da Água”, do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Unep, 2014), se refere a ecossistemas naturais ou seminaturais que proporcionam serviços de utilidade hídrica que complementam, aumentam ou substituem aqueles fornecidos pela infraestrutura cinza.

É de suma importância que os gestores públicos municipais tenham a informação de quais são as áreas mais vulneráveis, onde há risco hidrológico e quais são potencialmente mais impactadas pelas precipitações intensas, escolhidas a partir de critérios objetivos. Além disso, tendo em vista que o conceito de serviços ecossistêmicos (SE) é algo relativamente novo na administração pública brasileira, em que a aplicação de infraestrutura cinza ainda é predominante, torna-se essencial demonstrar que modificações na oferta de infraestrutura verde e, conseqüentemente, nos serviços ecossis-

têmicos por ela oferecidos, podem auxiliar no combate aos problemas enfrentados pelas cidades, inclusive os gerados pelos grandes volumes de escoamento superficial.

Para tanto, o objetivo deste trabalho é de identificar os locais com maior demanda pelo serviço ecossistêmico de mitigação do escoamento superficial na zona urbana de São Paulo, através do mapeamento das áreas com maior vulnerabilidade a inundações no município, considerando dados socioeconômicos e uma análise multicritérios.

## 2. METODOLOGIA

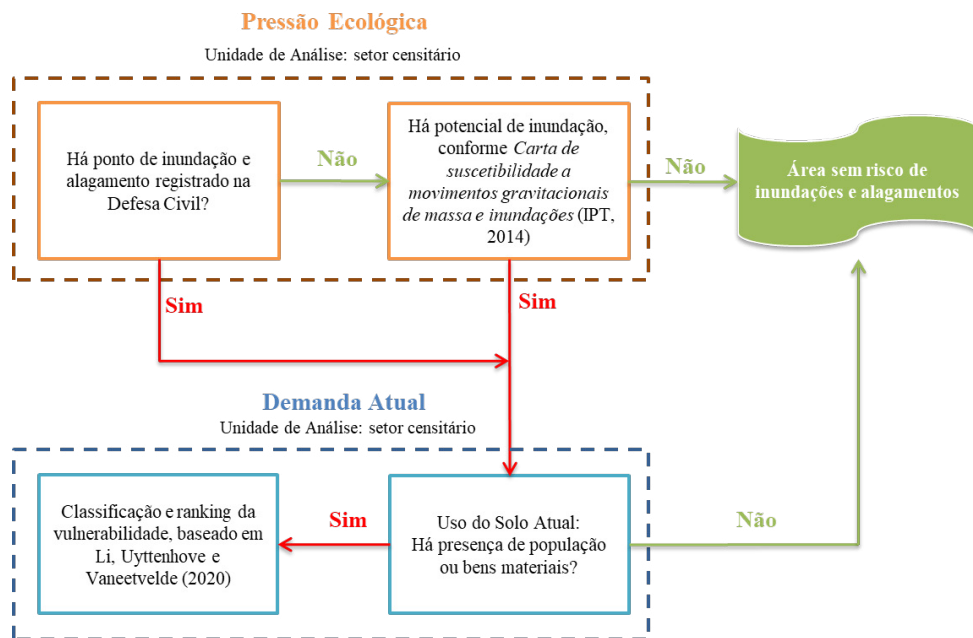
Este estudo considerou que a demanda pelos SE é o resultado da conexão entre o uso e cobertura da terra e a exposição à pressão ecológica. As pressões ecológicas são definidas como as condições que são reguladas pelos respectivos serviços ecossistêmicos. No caso do serviço de mitigação do escoamento superficial e controle de inundações, a pressão ecológica foi estabelecida como o próprio escoamento superficial (Cortinovis; Geneletti, 2019).

A análise da demanda envolveu o levantamento dos beneficiários do SE, realizado através de uma análise combinada das áreas expostas às pressões ecológicas e a distribuição espacial e quantitativa da população e bens físicos, considerando o resultado de um conjunto de três variáveis: i) intensidade local das pressões ecológicas; ii) quantidade de pessoas e bens expostos; e iii) sensibilidade e resiliência da população e bens físicos expostos.

O presente trabalho foi elaborado conforme Figura 1, na qual observa-se que a pressão ecológica (escoamento superficial) foi obtida de dados secundários provenientes de registros históricos de alagamento e inundação, complementados pelo mapeamento de áreas susceptíveis a inundações do município de São Paulo. Assim, foi gerado um mapa com os locais onde o escoamento superficial já ocasiona ou tem potencial para ocasionar problemas de inundação.

A demanda atual foi definida também a partir de dados secundários, com base em mapeamentos existentes, assim como de dados demográficos e socioeconômicos provenientes do Censo Demográfico mais recente à época da pesquisa, de 2010, que é a maior base de dados demográficos e socioeconômicos com distribuição espacial, e seus dados estão disponíveis por setor censitário, que foi unidade territorial adotada neste estudo para a presente análise.

Vale salientar que um risco só existe se houver uma ameaça (considerada neste estudo como a pressão ecológica), vulnerabilidade e exposição. É com base nisto que as áreas foram consideradas sem risco de inundações e alagamentos (ver Figura 1), ou seja, nos setores censitários em que não há pressão ecológica ou agentes expostos, não há risco. Ressalta-se que este estudo se ateve a uma análise qualitativa quando se refere à questão do risco.



**Figura 1** - Plano esquemático para priorização das áreas para proteção contra inundações.

Fonte: Elaborada pelos autores.

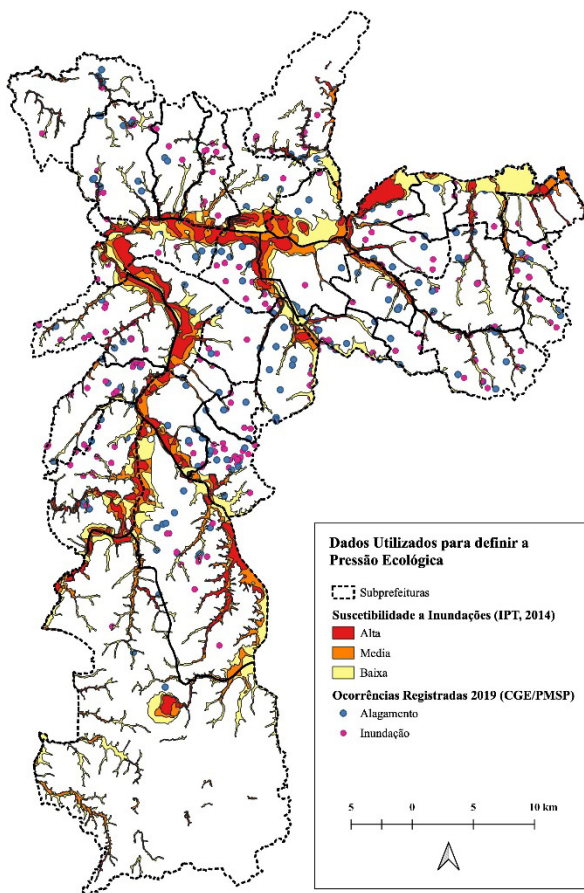
Os softwares utilizados para o tratamento e análise dos dados foram: QGis 3.10.10 e Microsoft Office Excel.

## 2.1 PRESSÃO ECOLÓGICA

A pressão ecológica, que neste estudo é o escoamento superficial, foi mapeada através das áreas que já possuem problemas de inundação e alagamento, e das áreas com potencial para tal. As que já tem problemas foram identificadas através do registro dos pontos de inundação e alagamento no município em 2019, obtido do Centro de Gerenciamento de Emergência (CGE) da Prefeitura de São Paulo. Os polígonos com susceptibilidade a inundações foram identificados através do mapeamento realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) em conjunto com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), que gerou a “Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações” (IPT, 2014). Os dados brutos podem ser verificados no Mapa 1 a seguir.

O mapa da pressão ecológica foi confeccionado a partir da sobreposição dos *shapefiles* dos setores censitários, primeiramente com os pontos de ocorrência de alagamento e inundações de 2019 e, posteriormente, com a carta de susceptibilidade a inundações do IPT. Foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento e manipulação das planilhas de dados vinculadas aos *shapefiles*. Ao final deste processo, cada setor censitário tinha uma classificação relacionada à maior ou menor pressão ecológica, sendo a maior

de “Inundação/alagamento registrado”, reduzindo a intensidade gradualmente pelas classes de alta, média e baixa susceptibilidade a inundações. O setor censitário que englobou mais de uma classificação da pressão ecológica (por exemplo, estava em área de média susceptibilidade a inundações, mas que teve ocorrência de inundação registrada no CGE), foi enquadrado na classificação de maior intensidade.



**Mapa 1** - Dados brutos que serviram de base para classificação da pressão ecológica.

Fonte: Elaborado pelos autores.

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA PELO SERVIÇO ECOSISTÊMICO

A caracterização da demanda pelo serviço ecossistêmico de escoamento superficial foi analisada através da adaptação dos procedimentos de Li, Uyttenhove e Vaneetvelde (2020), considerando os dados disponíveis para o município de São Paulo.

Os fatores mais influentes na vulnerabilidade social num contexto de perigos ambientais foram escolhidos com base na discussão do trabalho de Cutter *et al.* (2003),

e optou-se pelo uso de critérios de ordem demográfica e socioeconômica, quais sejam: a. Percentual de crianças menores de 5 anos; b. Percentual de adultos maiores que 65 anos; c. Mulheres responsáveis pelo domicílio; d. Percentual de domicílios com rendimento médio mensal per capita de até meio salário-mínimo; e. Presença de favela.

Em relação às edificações em áreas susceptíveis à inundação, para fins de simplificação, ao considerar o tamanho do município de São Paulo e a falta de um mapa atualizado de uso e cobertura da terra, foi considerada que a área urbana prevista no Plano Diretor Estratégico de São Paulo de 2014 está toda edificada.

A fim de permitir uma análise conjunta e mais objetiva dos dados supramencionados, foi utilizada uma análise multicritério por AHP (*Analytic Hierarchy Process*), que consiste em uma estrutura analítica que carrega pensamentos indutivos e dedutivos, que utiliza diversos fatores simultaneamente e permite dependências e *feedbacks*, além de organizar trocas numéricas para alcançar uma síntese ou conclusão. Uma pontuação é dada para cada variável em relação a outra variável, conforme a importância entendida pelos pesquisadores, com base na escala proposta por Saaty (1987), o que resulta em uma matriz de importância. Os julgamentos são dados por pares de comparação, o que permite focar separadamente em cada propriedade, sem se preocupar com outras propriedades ou elementos, para tomar uma decisão maior.

Os pesos foram calculados através da normalização das pontuações da matriz, dividindo cada pontuação pela soma das colunas. O peso de cada critério é igual à média aritmética dos valores normalizados. Aplicou-se o peso em cada critério e, por fim, os resultados foram padronizados em valores de 0 a 10, para que fosse possível comparar os resultados obtidos para os critérios com naturezas diferentes (Li; Uyttenhove; Vaneetvelde, 2020).

A lista de indicadores utilizados consta na Tabela 1, com as fontes de informações e o formato dos dados. A existência de favelas é um indicador que não é percentual como os outros. Assim, ele foi tratado como um indicador tipo binário, ou seja, se existe favela num setor censitário, mesmo que esta esteja somente parcialmente inserida nele, o valor para este indicador foi considerado como 100% e, se não houver nenhum trecho de favela no setor censitário, o indicador foi colocado como 0%.

Foram considerados setores censitários sem risco de ocorrência de inundações e alagamentos os que não estão sob ameaça (pressão ecológica) ou que não tiverem presença de população e edificações, como explicado na Figura 1.

Após definição dos critérios, foi feito o mapeamento da demanda atual, em algumas etapas, conforme fluxograma da Figura 2. Na primeira, os dados brutos do CENSO 2010 para os cinco critérios socioeconômicos foram tratados e agrupados em uma só planilha, com a divisão por setor censitário. Daí foram escolhidos os pesos parciais, que geraram os pesos finais, conforme análise AHP, e os resultados estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 1** - Composição dos grupos das pessoas e bens impactados

Impactados	Indicadores	Formato de origem	Fonte
População socialmente vulnerável	% Crianças com idade menor ou igual a 5 anos	Tabela	CENSO 2010
	% Idosos com idade maior ou igual a 65 anos	Tabela	CENSO 2010
	% Mulheres responsáveis pelo domicílio	Tabela	CENSO 2010
	% Domicílios com renda per capita até 1/2 salário-mínimo	Tabela	CENSO 2010
	Presença de favelas	Shapefile	Portal HABITASAMPA
Edificações	Área urbana	Shapefile	Portal GEOSAMPA

Fonte: Elaborada pelos autores.

Foram aplicados os pesos finais da Tabela 2 a cada critério em cada setor censitário nas tabelas digitais, e foi realizada a somatória dos produtos entre cada critério e seu peso por setor censitário, cujos resultados variaram entre 0 e 81,53. Estes valores foram então padronizados entre 0 e 10, considerando intervalos iguais.

No mapeamento das edificações susceptíveis a inundações, considerou-se que toda a Zona Urbana prevista no Plano Diretor Estratégico de São Paulo de 2014 é edificada, como já comentado. Assim, por sobreposição de mapas, foram identificados os setores censitários inseridos em zona urbana, os quais então foram novamente sobrepostos ao mapa de pressão ecológica. A partir disso, os setores foram divididos em quatro classes diferentes: a. edificações existentes em setor censitário com ocorrência de inundação ou alagamento; b. edificações existentes em setor censitário com alta susceptibilidade à inundação; c. edificações existentes em setor censitário com média susceptibilidade à inundação; e d. edificações existentes em setor censitário com baixa susceptibilidade à inundação. Foi realizada uma análise AHP considerando estas classes, que gerou a Tabela 3. Os pesos foram aplicados a cada setor censitário, cujos resultados variaram entre 0 e 0,56. Estes valores foram então padronizados entre 0 e 10, considerando intervalos iguais.

Neste ponto do estudo, cada setor censitário possui um valor de 0 a 10 para cada grupo de variáveis (vulnerabilidade social e edificações susceptíveis a inundações). A fim de chegar a um único valor, foi novamente realizada uma análise AHP para definir os pesos de cada um dos grupos, como apresentado na Tabela 4.

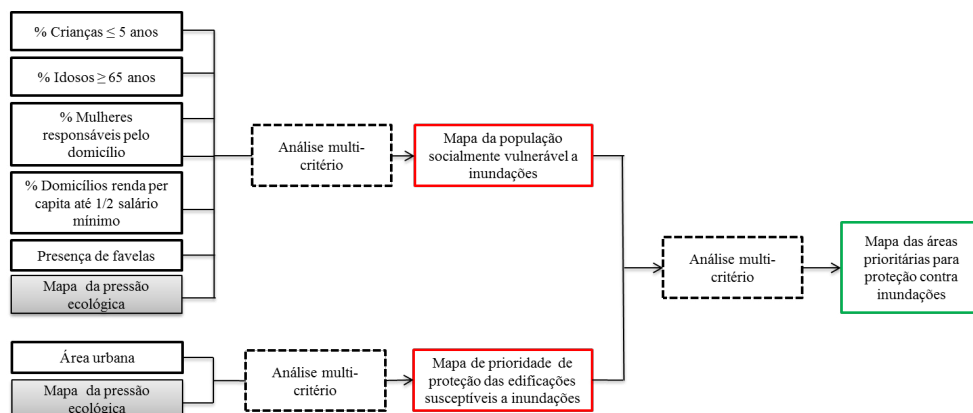


Figura 2 - Fluxo do processo para caracterização da demanda atual.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 2 - Cálculo dos pesos, com base na matriz de Saaty, para os critérios socioeconômicos

CRITÉRIOS	% Crianças ≤ que 5 anos	% Idosos ≥ que 65 anos	% Mulheres responsáveis pelo domicílio	% Domicílios renda per capita até 1/2 SM	Presença de favelas
% Crianças ≤ que 5 anos	1	1/3	1/9	1/5	1/7
% Idosos ≥ que 65 anos	3	1	1/7	1/5	1/7
% Mulheres responsáveis pelo domicílio	9	7	1	1/3	1/5
% Domicílios renda per capita até 1/2 SM	5	5	3	1	1/3
Presença de favelas	7	7	5	3	1
Soma	25	61/3	583/63	71/15	191/105

CRITÉRIOS	% Crianças ≤ que 5 anos	% Idosos ≥ que 65 anos	% Mulheres responsáveis pelo domicílio	% Domicílios renda per capita até 1/2 SM	Presença de favelas	Peso Final
% Crianças ≤ que 5 anos	0,04	0,02	0,01	0,04	0,08	0,04
% Idosos ≥ que 65 anos	0,12	0,05	0,02	0,04	0,08	0,06

CRITÉRIOS	% Crianças ≤ que 5 anos	% Idosos ≥ que 65 anos	% Mulheres responsáveis pelo domicílio	% Domicílios renda per capita até 1/2 SM	Presença de favelas	Peso Final
% Mulheres responsáveis pelo domicílio	0,36	0,34	0,11	0,07	0,11	0,20
% Domicílios renda per capita até 1/2 SM	0,20	0,25	0,32	0,21	0,18	0,23
Presença de favelas	0,28	0,34	0,54	0,63	0,55	0,47

Fonte: Elaborada pelos autores.

**Tabela 3** - Cálculo dos pesos, com base na matriz de Saaty, para as edificações susceptíveis a inundações

CRITÉRIOS	Edificações existentes com ocorrência de inundação ou alagamento	Edificações existentes com alta susceptibilidade à inundação	Edificações existentes com média susceptibilidade à inundação	Edificações existentes com baixa susceptibilidade à inundação
Edificações existentes com ocorrência de inundação ou alagamento	1	3	5	7
Edificações existentes com alta susceptibilidade à inundação	1/3	1	3	5
Edificações existentes com média susceptibilidade à inundação	1/5	1/3	1	3
Edificações existentes com baixa susceptibilidade à inundação	1/7	1/5	1/3	1
Soma	176/105	68/15	28/3	16

CRITÉRIOS	Edificações existentes com ocorrência de inundação ou alagamento	Edificações existentes com alta susceptibilidade à inundação	Edificações existentes com média susceptibilidade à inundação	Edificações existentes com baixa susceptibilidade à inundação	Peso Final
Edificações existentes com ocorrência de inundação ou alagamento	0,60	0,66	0,54	0,44	0,56
Edificações existentes com alta susceptibilidade à inundação	0,20	0,22	0,32	0,31	0,26
Edificações existentes com média susceptibilidade à inundação	0,12	0,07	0,11	0,19	0,12
Edificações existentes com baixa susceptibilidade à inundação	0,09	0,04	0,04	0,06	0,06

Fonte: Elaborada pelos autores.

**Tabela 4** - Cálculo dos pesos, com base na matriz de Saaty, para o cálculo da prioridade

CRITÉRIOS	Vulnerabilidade Social	Edificações susceptíveis a inundações	
Vulnerabilidade Social	1	5	
Edificações susceptíveis a inundações	1/5	1	
Soma	6/5	6	
CRITÉRIOS	Vulnerabilidade Social	Edificações susceptíveis a inundações	Peso Final
Vulnerabilidade Social	0,83	0,83	0,83
Edificações susceptíveis a inundações	0,17	0,17	0,17

Fonte: Elaborada pelos autores.

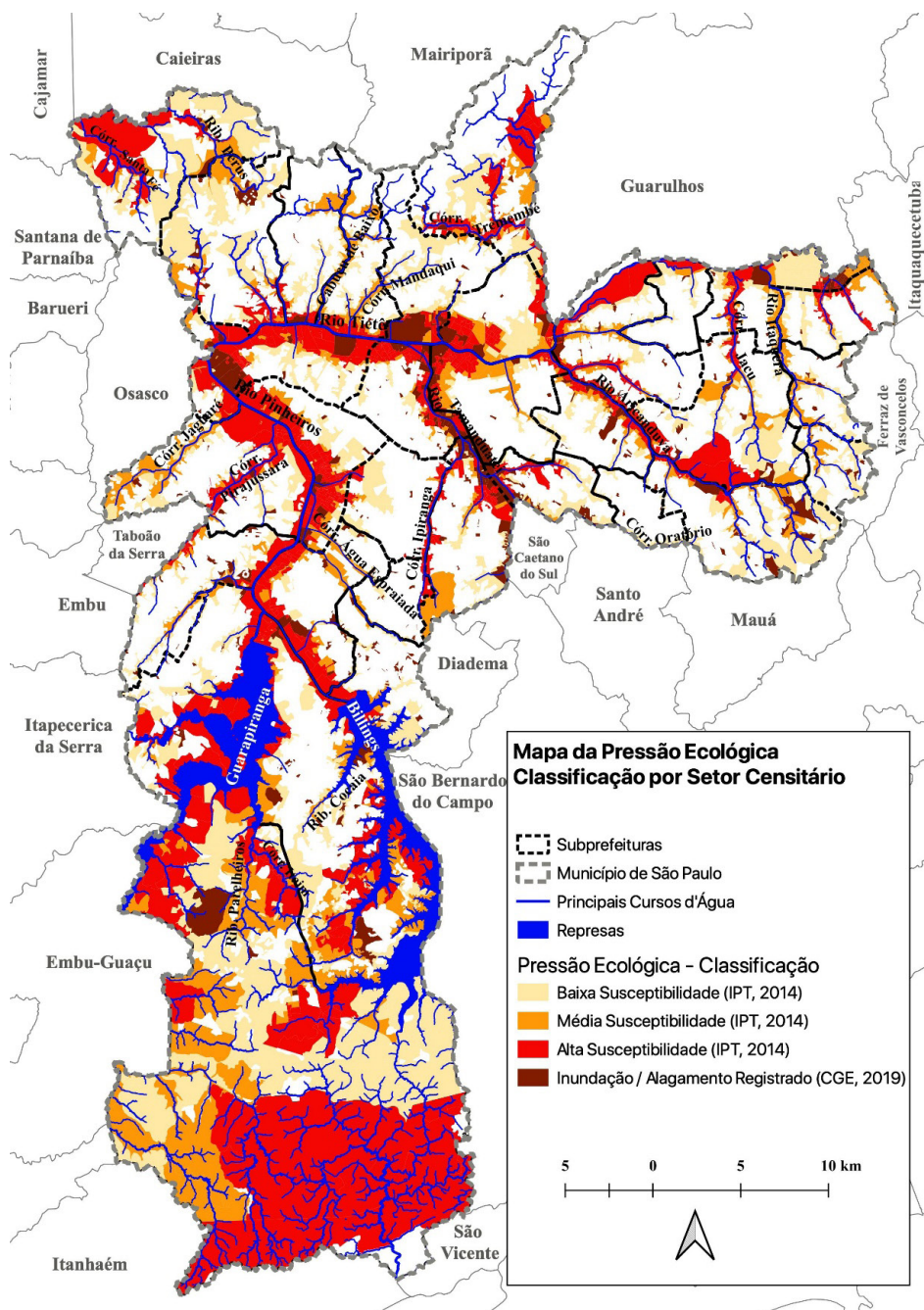
O processo descrito foi executado nas tabelas digitais dos dados dos setores censitários, que foi então vinculada ao *shapefile* existente dos setores censitários, gerando os mapas com a classificação das prioridades.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme Mapa 2 – Mapa da Pressão Ecológica, apresentado a seguir, verifica-se que os locais com maiores pressões do escoamento superficial e risco de inundação são os eixos dos rios Tietê e Pinheiros, que são os dois principais rios do município, pois para eles aflui a maior parte da drenagem superficial da cidade de São Paulo. Alguns de seus principais afluentes, já conhecidos por problemas de drenagem, se destacaram no Mapa 2, como os rios Tamanduateí, Aricanduva e Jacu (tributários do Tietê) e córregos Pirajussara e Jaguaré (tributários do Pinheiros). O rio Tremembé (divisa com Guarulhos, subprefeitura de Jaçanã-Tremembé) e o Ribeirão Perus (divisa com Caieiras, subprefeitura de Perus), que não são afluentes diretos do Tietê, também se sobressaem.

É necessário fazer uma ressalva em relação ao tamanho dos setores censitários, que podem dar a impressão de que uma região apresenta um maior problema do que realmente existe, ou vice-versa. Isto é, na área urbanizada do município, no centro dos bairros, em que há mais população e, portanto, os setores censitários são menores, as pressões por inundação e alagamento parecem menores ou passam uma sensação de menor importância do que as em setores censitários maiores, que estão situados em sua grande maioria nas regiões mais periféricas e rurais (extremos norte, leste e sul). Exemplo disso é haver grandes áreas com alta susceptibilidade a inundações em Parrelheiros, subprefeitura situada no extremo sul do município (divisa com São Vicente, Itanhaém e Embu-Guaçu), assim como regiões beirando as represas Billings e Guarapiranga, que são localidades que na época do CENSO 2010 não possuíam população adensada, o que gerou setores censitários relativamente grandes territorialmente. Quando sobrepostos a pequenas manchas de alta susceptibilidade mapeadas pelo IPT (2014), todo o setor censitário foi definido como alta susceptibilidade a inundações. Esta é uma distorção que foi reduzida quando estes dados foram cruzados com os fatores socioeconômicos e edificações existentes.

Em relação à caracterização da demanda atual, após a aplicação da análise multicritério com os cinco indicadores de vulnerabilidade social, foi gerado o Mapa 3. Como os maiores pesos foram dados para os indicadores de presença de favelas e percentual de domicílios com renda per capita até 1/2 salário-mínimo, o mapa de prioridade para proteção da população socialmente vulnerável concentrou os maiores valores nas regiões urbanas periféricas (extremo norte, leste, oeste e sul). Ressalta-se que as regiões vazias se configuraram como sendo setores censitários sem risco de inundações ou alagamentos.



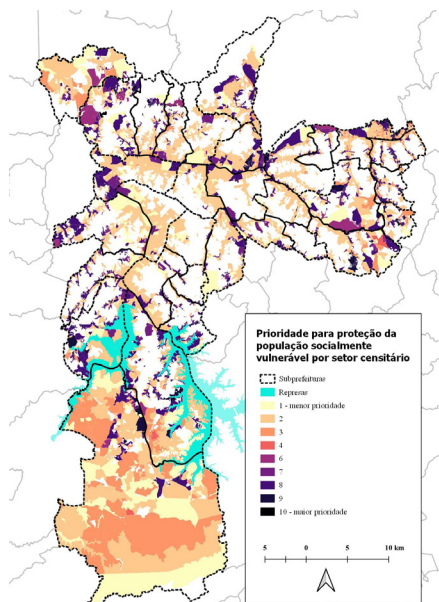
**Mapa 2** - Mapa da Pressão Ecológica - Classificação por Setor Censitário.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Em seguida é apresentado o Mapa 4 – Prioridade para proteção das edificações existentes, que indica que os locais de maior prioridade são os mais susceptíveis a inundações, semelhante ao Mapa da Pressão Ecológica, ou seja, os setores com ocor-

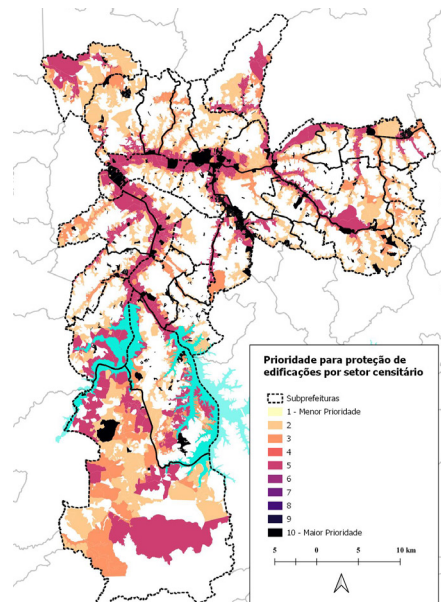
rência registrada são os de maior prioridade, enquanto os setores com baixa vulnerabilidade às inundações são os de menor prioridade.

Mapa 3 - Prioridade para proteção da população socialmente vulnerável



Fonte: Elaborada pelos autores.

Mapa 4 - Prioridade para proteção das edificações existentes por setor censitário



Fonte: Elaborada pelos autores.

Os dados que geraram os mapas 3 e 4 passaram pela nova análise de prioridade utilizando o método AHP, resultando em um mapa final dos setores censitários prioritários para proteção contra inundações, que foi combinado com as divisões por subprefeituras (Mapa 5), por sub-bacias (Mapa 6) e com a rede hídrica do município (Mapa 7)<sup>1</sup>.

Observa-se que as grandes áreas com alta pressão ecológica em Parelheiros, no extremo sul, já não aparecem como maior prioridade. Os eixos dos rios Tietê e Tamanduateí continuam tendo destaque como áreas com alta prioridade, assim como o rio Pinheiros em sua porção final, nas proximidades de seu deságue no rio Tietê, o que era esperado, pois são áreas com problemas históricos de inundação, e são bacias hidrográficas que recebem o escoamento de grande parte das sub-bacias presentes no município, como já mencionado.

Vales mais abertos, que possuem planícies mais extensas e terraços fluviais, tem enchentes mais lentas e graduais, como é o caso dos rios Tietê e Pinheiros. Vales en-

1 Os shapefiles das subprefeituras, sub-bacias e da rede hídrica do município de São Paulo foram obtidos no Portal Geosampa. Acessado em janeiro/2023.

caixados (em V) possuem vertentes com altas declividades, ocasionando velocidades maiores das águas pluviais (IG, 2012). Assim, rios com talvegues de baixa declividade procuram leitos maiores durante as chuvas, que em área urbana encontram-se ocupados pela cidade e muito impermeabilizados. Segundo Junior (2018) a declividade média do talvegue do Rio Tietê é de 15 cm/km (0,015%) e antes da urbanização de suas margens, ele exibia uma vasta planície de inundação. Como hoje o rio está contido em um canal estreito, há grande risco de extravasamento. Os principais afluentes do rio Tietê possuem talvegues de elevada declividade, ou seja, estes tributários descarregam suas cheias rapidamente no Tietê, que é mais lento e não suporta grandes cheias. Assim, uma cheia leva de dois a três dias para passar pelo rio Tietê em São Paulo, enquanto seus afluentes levam poucas horas para lançar suas cheias nele.

Outro ponto a salientar é que os eixos destes rios concentram diversas favelas, construídas em antigos terrenos baldios e/ou abandonados, ou em locais de restrição ambiental/legal, ocupados irregularmente pela população.

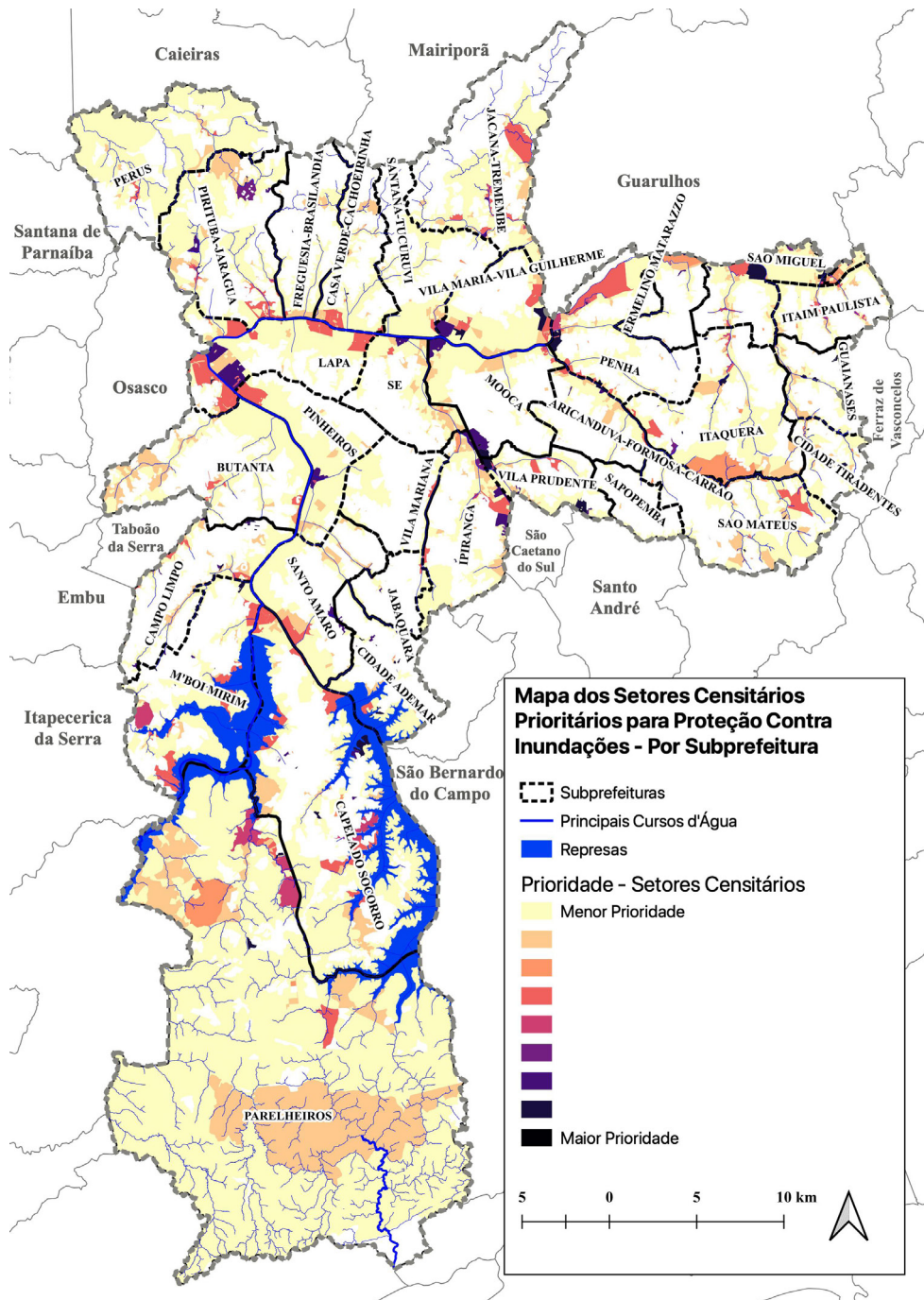
Na região entre os rios Tietê e Pinheiros, nas subprefeituras da Lapa, Pinheiros, Sé e Vila Mariana, praticamente não há setores censitários com alta prioridade que não sejam vinculados aos rios Pinheiros e Tietê, o que era esperado, por ser uma região de menor vulnerabilidade social e com menor pressão ecológica.

Saindo da área central, verificam-se na região norte (acima do rio Tietê), setores com maior prioridade nas subprefeituras de Vila Maria – Vila Guilherme e na de Pirituba – Jaraguá, principalmente. Já quando são analisadas as sub-bacias, destacam-se, as dos ribeirões Vermelho (divisa com Osasco) e Perus (que deságua no rio Juqueri, que está localizado fora do município de São Paulo), dos córregos Carandiru e Apereíba (afluentes diretos do Tietê), e rio Tremembé (tributário do rio Cabuçu de Cima, que determina o limite entre os municípios de São Paulo e Guarulhos).

Na região leste, as bacias do rio Aricanduva e do córrego Jacu possuem regiões classificadas com maior prioridade, assim como o córrego Itaim e o ribeirão Lageado, no extremo leste, já na divisa com Guarulhos e Ferraz de Vasconcelos. Tem grande destaque também o rio Tamanduateí, que vem de São Caetano do Sul, atravessa os limites das subprefeituras da Vila Prudente, Mooca, Ipiranga e Sé, desaguando no rio Tietê na região central da cidade.

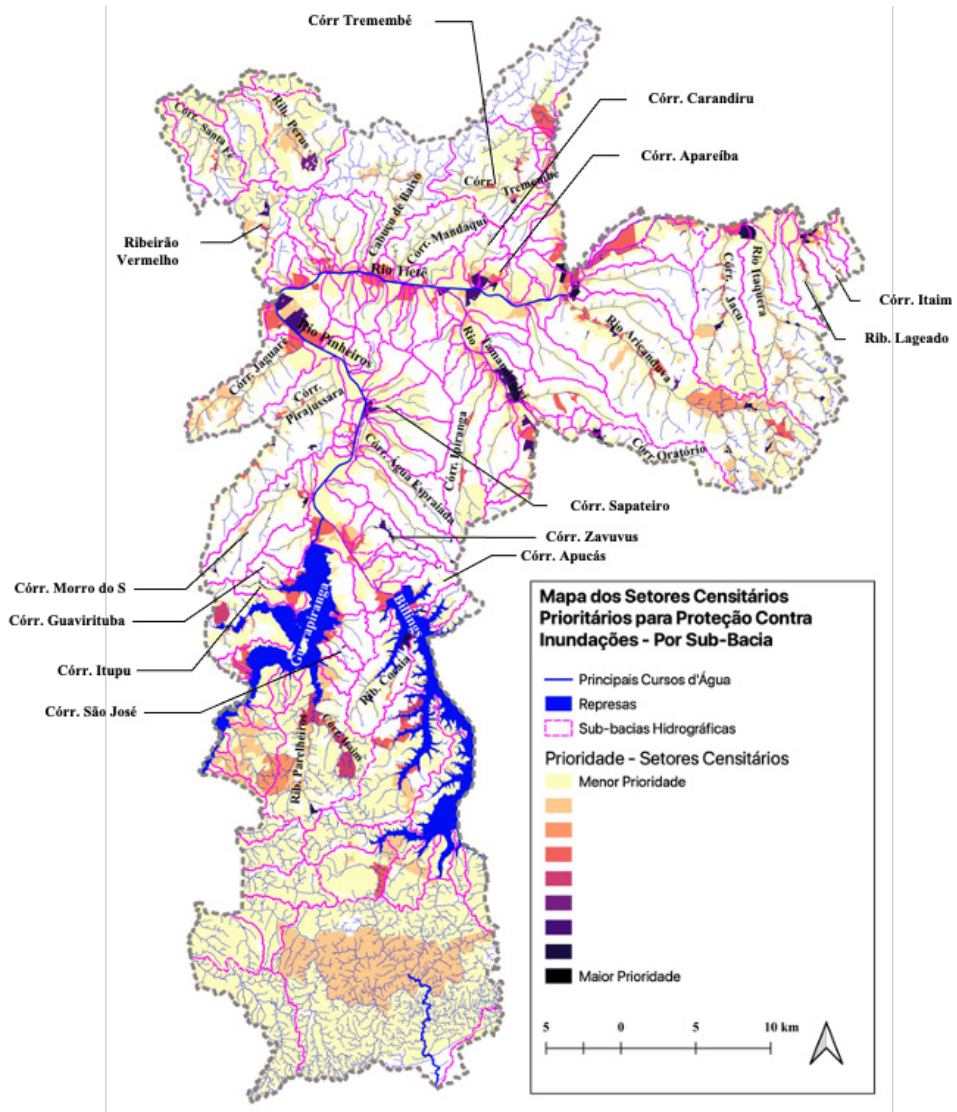
Na região oeste, os maiores destaques estão justamente na região do encontro do rio Pinheiros com o rio Tietê, e no córrego Pirajussara, que é um afluente da margem esquerda do Pinheiros, e cuja bacia está parcialmente inserida no município de São Paulo.

Na zona sul, os setores mais prioritários se concentram nas bacias dos córregos Zavuvus, Apucás, Pedreiras, Morro do S, São José, Itupu e Guavirituba. Destaca-se que na subprefeitura de Parelheiros quase não houve setor censitário classificado com alta prioridade.



Mapa 5 - Setores censitários prioritários para proteção contra inundações - Por Subprefeitura.

Fonte: Elaborada pelos autores.



Mapa 6 - Setores censitários prioritários para proteção contra inundações - Por Sub-bacia.

Fonte: Elaborada pelos autores.



Alguns setores censitários são territorialmente grandes e foram classificados com alta prioridade, o que pode aparentar que uma bacia tem mais problemas do que outras, simplesmente porque um setor censitário de grandes dimensões foi classificado como mais prioritário. Um exemplo disso encontra-se na subprefeitura de Pinheiros, onde há uma grande mancha de alta prioridade na confluência do córrego Sapateiro com o rio Pinheiros, mas esta sensação é ocasionada por um setor censitário somente, e que não necessariamente reflete num problema tão grande na região.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram que os eixos dos rios Tietê e Tamanduateí possuem destaque como locais com concentração de áreas com alta prioridade, assim como o rio Pinheiros em seu trecho final próximo ao deságue no rio Tietê, o que significa uma maior demanda pelo SE de retenção do escoamento superficial nestes locais. Foram também mapeadas áreas mais prioritárias em diversas sub-bacias espalhadas pelo município, demonstrando que a problemática de inundações não é pontual, possui dispersão territorial na cidade, e demanda um esforço de diversas pastas municipais, pois envolve questões ambientais, sociais, de planejamento urbano e de infraestrutura.

Uma próxima etapa que poderia ser realizada é de uma modelagem hidrológica para caracterizar a oferta atual e futura do serviço ecossistêmico de redução do escoamento superficial, a fim de analisar como a implantação de mais infraestrutura verde no município de São Paulo poderia aumentar a oferta deste serviço e a resiliência da cidade a eventos de precipitação intensificados pelas mudanças climáticas.

#### REFERÊNCIAS

- CORTINOVIS, C.; GENELETTI, D. A framework to explore the effects of urban planning decisions on regulating ecosystem services in cities. *Ecosystem Services*, v. 38, n. March, p. 100946, 2019.
- CUTTER, S. L. *et al.* Social vulnerability to environmental hazards n. *Social science quarterly*, v. 84, n. 2, p. 242–261, 2003.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). *Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais 1:25.000*: nota técnica explicativa Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo - IPT; Serviço Geológico do Brasil – CPRM. São Paulo/SP: [s.n.].
- INSTITUTO GEOLÓGICO. *Desastres naturais: conhecer para prevenir/Organizadores Lídia Keiko Tominaga, Jair Santoro, Rosangela do Amaral*. 2. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012.
- JACOBI, P. R.; TRANI, E. *Planejando o futuro hoje: ODS 13, adaptação e mudanças climáticas em São Paulo*. 1. ed. São Paulo: [s.n.].

- JUNIOR, A. P. (ED.). *Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável*. 2. ed. Barueri: Manole, 2018.
- LI, L.; UYTENHOVE, P.; VANEETVELDE, V. Planning green infrastructure to mitigate urban surface water flooding risk – A methodology to identify priority areas applied in the city of Ghent. *Landscape and Urban Planning*, v. 194, n. November 2019, p. 103703, 2020.
- NOBRE, C. Adaptation and public policies in the São Paulo Macro Metropolis: a science-policy approach. Em: TORRES, P. H. C. *et al.* (Eds.). São Paulo: IEE-USP, 2020. p. 146.
- ONU - DEPARTAMENTO DE ASSUNTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS - DIVISÃO DE POPULAÇÃO. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. Nova Iorque: Organização das Nações Unidas, 2019.
- PBMC. *Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas*. Rio de Janeiro: 2014.
- PBMC. *Mudanças climáticas e cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas* [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)]. Rio de Janeiro: 2016.
- RODRÍGUEZ, R. S. (ED.). *Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina*. Santiago de Chile: Organización das Nações Unidas, 2013.
- RUFAT, S. *et al.* Social vulnerability to floods: Review of case studies and implications for measurement. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 14, p. 470–486, 1 dez. 2015.
- SAATY, R. W. The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, v. 9, n. 3–5, p. 161–176, 1987.
- SANTOS, Á. R. DOS. *Cidades & Geologia: discussão técnica e proposição de projetos de lei de grande interesse para as populações urbanas*. 1. ed. São Paulo: Rudder, 2017.
- SÃO PAULO. *Lei 16.050, de 31 de julho de 2014*. Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo. Diário Oficial do Município, São Paulo, 01 de agosto de 2014.
- UNEP. *Green infrastructure guide for water management: Ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects*. [s.l.: s.n.].



# Mudança do clima e as soluções baseadas na natureza (SbN): medidas de adaptação para as cidades brasileiras

*Sophia Bujnicki Neves Picarelli  
Pedro Roberto Jacobi*

## **Resumo**

O presente trabalho considera dois dos grandes desafios globais da atualidade: a emergência climática e a perda de biodiversidade. Por serem problemas extremamente complexos e interrelacionados a diferentes origens, temáticas e áreas do conhecimento, apresentam distintas formas de serem analisados e endereçados. A busca por ações pelo clima e pela biodiversidade, a fim de tentar minimamente estancar ou reverter as tendências mais pessimistas apontadas pela ciência, é algo imperativo. A partir de meados da década de 2010, o conceito de Soluções baseadas na Natureza (SbN) começa a ser disseminado e apresenta-se como uma das possíveis abordagens para endereçar desafios sociais, econômicos e ambientais, incluindo aspectos da mudança do clima, e que garantam benefícios diretos para a biodiversidade. A vertente de adaptação às mudanças do clima tem ganhado importância diante da concretude dos riscos climáticos, porém precisa ser otimizada e aprimorada, a fim de reduzir os potenciais impactos negativos. Muitas medidas de adaptação, em sua maioria, ainda são vistas como soluções de engenharia ou tecnológicas, mas há um crescente reconhecimento da importância de medidas sociais, institucionais e inspiradas na natureza. Diante dos cenários de incerteza climática, enfatiza-se cada vez mais a

necessidade da busca por soluções mais flexíveis, multifuncionais e contempladas em processos mais amplos de aprendizagem e tecnologias sociais. No contexto brasileiro, os municípios que se aproximam dessas temáticas o fazem por diferentes formas e por distintas motivações. A pesquisa pretende apresentar possíveis contribuições para o planejamento e implementação de Soluções baseadas na Natureza (SbN) no contexto brasileiro, que possam também apoiar no enfrentamento e adaptação à mudança do clima, a partir da sistematização e análise das experiências de Campinas (SP) e Recife (PE). O trabalho abrange conceitos gerais de mitigação e adaptação à mudança do clima, da perda da biodiversidade e degradação dos serviços ecossistêmicos, princípios relacionados às SbN, a necessidade de endereçar às questões sociais e como esses tópicos são endereçados no Brasil, atualmente. A partir do referencial teórico, da definição dos estudos de caso, da observação e pesquisa participante e de entrevistas semiestruturadas com especialistas e representantes dos dois municípios, foram feitas observações em relação aos ciclos de políticas públicas na escala local, principalmente no que se refere às etapas de formulação e planejamento para implementação. Para um olhar mais analítico, foi proposta uma primeira camada de aspectos comuns e fundamentais à maioria das políticas públicas, sendo eles os aspectos políticos, técnicos, sociais e financeiros. No âmbito de cada um desses quatro aspectos, foram identificados e estimados fatores que inibem o avanço da temática, que são barreiras (Fatores Inibidores) ou que podem apoiar e incentivar os avanços no respectivo contexto municipal (Fatores Propulsores). Os resultados indicam fatores que podem ser favoráveis ao avanço das agendas, ou que representam um desafio que precisa ser superado ou são um ponto de atenção que mereça ser observado no contexto municipal. Com isso, pretende-se que essas recomendações possam apoiar uma maior robustez e efetividade dos processos de planejamento e implementação a nível municipal, e possam reforçar alguns dos princípios e critérios relacionados ao conceito de SbN.

**Palavras-chave:** Desafios Globais; Mudança do Clima; Perda da Biodiversidade; Cidades; Planejamento e Implementação

## 1. INTRODUÇÃO

Este artigo tem como tema as Soluções baseadas na Natureza (SbN), no contexto de estratégias de adaptação à mudança do clima em cidades brasileiras. O capítulo analisa o desenvolvimento desse conceito que começa a ganhar visibilidade a partir de meados da década de 2010. Principalmente suas aplicações relacionadas ao enfrentamento da emergência climática no Brasil, a partir de processos de planejamento e implementação no contexto da gestão municipal.

Também analisa a adoção de medidas de adaptação por dois governos municipais de regiões distintas do Brasil. A finalidade foi de contribuir, a partir da análise sistêmica, com recomendações que possam apoiar uma maior robustez e efetividade dos processos de planejamento e implementação, assim como orientações para reforçar alguns dos princípios e critérios relacionados ao conceito de SbN.

A hipótese central é que as SbN podem contribuir para a adaptação e resiliência climática das cidades brasileiras, beneficiando tanto a biodiversidade quanto o bem-estar das pessoas. Neste capítulo se sistematizam e analisam exemplos municipais que incorporaram o conceito de SbN em seus instrumentos de planejamento, identificando fatores que impulsionam ou dificultam sua implementação, e apresenta recomendações para fortalecer esses processos. Desta forma, este capítulo buscou responder a seguinte pergunta de pesquisa: como aprimorar o planejamento e a implementação de Soluções baseadas na Natureza no contexto brasileiro.

## 2. AS COMPLEXIDADES DAS CRISES DO CLIMA E DA BIODIVERSIDADE

A pesquisa leva em consideração dois dos grandes desafios globais da atualidade: a emergência climática e a perda da biodiversidade, e a possibilidade de esses desafios serem endereçados de forma mais integrada no nível de governos municipais, a partir das Soluções baseadas na Natureza. Ao final de 2020, um processo de extrema relevância para essa aproximação temática mais consistente se deu a partir da organização do primeiro workshop conjunto de cientistas e especialistas do IPCC<sup>1</sup> e IPBES<sup>2</sup>, com o intuito de explorar as múltiplas relações, e complexidades, entre clima e biodiversidade. Apesar do reconhecimento da interconexão dos problemas, na prática, essas temáticas continuam sendo trabalhadas com recortes específicos, tanto pela academia quanto pelos diferentes níveis de governos (Pörtner *et al.*, 2021). De acordo com o relatório dos resultados científicos desse processo, somente a partir das considerações de clima e biodiversidade como componentes de problemas complexos (incluindo as questões sociais) é que melhores soluções poderão ser desenvolvidas e com mais resultados positivos. A busca por essas soluções é fundamental, caso a sociedade deseje manter seu desenvolvimento e acelerar o processo rumo a padrões mais sustentáveis, saudáveis e equitativos (Pörtner, *et al.*, 2021).

No contexto de enfrentamento da mudança climática, existe uma alta confidencialidade de que as ações de mitigações (redução de emissões de GEE) são urgentes, e, de acordo com o último relatório do Grupo de Trabalho III do IPCC (2022a), os compromissos assumidos até o momento não são ambiciosos o suficiente para limitar o aquecimento global em cerca de 1,5°C. Os marcos temporais de 2030 e de 2050 são críticos para que a curva do aquecimento global seja revertida, e, para isso, as ações precisam ser efetivas e ágeis, a fim de reduzir as probabilidades dos cenários futuros mais pessimistas. Além disso, essa força tarefa precisa ser global, regional, nacional e local, envolvendo multiatores. Em relação à adaptação, que é a capacidade de resposta

---

1 Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima.

2 Plataforma Intergovernamental Político-Científica sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos.

frente a eventos climáticos extremos (que podem representar diferentes impactos de acordo com o contexto local socioeconômico e ambiental), no início da década de 2010, as abordagens de adaptação às mudanças do clima estavam sendo incorporadas em alguns processos de planejamento, no entanto a implementação de medidas adaptativas nos territórios ainda era limitada (IPCC, 2014; Broto; Bulkeley, 2012).

Segundo Di Giulio *et al.* (2018), governos municipais ao redor do mundo seguem aumentando a adoção de medidas de adaptação em suas políticas e planos, no entanto a velocidade e a efetividade ainda apresentam variações significativas entre contextos. No caso da União Europeia, um amplo levantamento feito em 2017, por Reckien *et al.* (2018) identificou que mais de 60% das cidades da amostragem possuíam um plano de mitigação, somente 26% contavam com planos de adaptação, e a porcentagem de planos integrados caía para 17%.

No contexto brasileiro, a tendência não é diferente, a maioria dos planos e ações municipais ainda estão mais focados em mitigação, apresentando metas mais específicas para redução das emissões de GEE (Global Covenant of Mayors, s.d.; WWF 2017; Barbi; Ferreira, 2017). Seguramente, a mitigação deve ser mantida como prioridade máxima a fim de limitar o aquecimento global em menos de 2°C. No entanto, como já existem altas evidências de que os eventos climáticos extremos se intensificaram, e sua tendência é seguir aumentando, medidas de adaptação tornam-se cada vez mais necessárias e urgentes (IPCC, 2021; 2022b).

A busca por um olhar mais integrador em relação aos desafios climáticos deve ser constantemente aprimorada. E, quando possível, deve-se estabelecer ações de mitigação que também aumentem a capacidade de adaptação, assim como ações de adaptação que não aumentem emissões, ou, ao menos, conduzam a análises claras sobre essas relações. A vulnerabilidade dos ecossistemas e, principalmente, das pessoas à mudança do clima difere substancialmente entre regiões e é caracterizada pelos padrões de desenvolvimento socioeconômico, sendo que mais de 3 bilhões de pessoas vivem em contexto de alta vulnerabilidade (IPCC, 2022b).

A vertente de adaptação às mudanças do clima está sendo incorporada em alguns processos de planejamento, porém precisa ser otimizada e escalada a fim de reduzir os potenciais riscos climáticos. Muitas medidas são, em sua maioria, soluções de engenharia ou tecnológicas, mas há um crescente reconhecimento do valor de medidas sociais, institucionais e inspiradas na natureza. Diante dos cenários de incerteza climática, enfatiza-se cada vez mais a necessidade da busca por soluções mais sistêmicas, flexíveis, multifuncionais e contempladas em processos mais amplos de aprendizagem e tecnologias sociais.

Sendo o Brasil um dos países que apresentam as taxas mais elevadas de diversidade biológica, de ecossistemas e de recursos naturais (BRASIL, 2015), é preciso ter melhor

compreensão de como as Soluções baseadas na Natureza (SbN) podem contribuir para um aumento da capacidade de adaptação e resiliência dos territórios locais às mudanças do clima, reconhecendo quais são os principais aspectos a serem considerados em processos de planejamento e implementação, instrumentos e mecanismos que podem incorporar as potenciais considerações, princípios e critérios dessas abordagens inspiradas na natureza, a fim de reforçar seus benefícios para as pessoas, e endereçar injustiças históricas.

As SbN podem ser definidas como aquelas que procuram proteger, manejar ou restaurar ecossistemas naturais ou modificados pela ação humana, promovendo e considerando múltiplos benefícios sociais, econômicos e ecológicos. São soluções inspiradas na natureza e que contam com seu suporte diretamente (Cohen-Shachan *et al.*, 2016).

A pesquisa analisa como as Soluções baseadas na Natureza são consideradas em instrumentos e mecanismos de planejamento e gestão municipal. E, assim, garantir a provisão de serviços e funções básicas do dia a dia das cidades a seus habitantes, aumentando as contribuições da natureza para as pessoas, tais como oferta de água, alimentos, controle de cheias, garantia da qualidade do ar, acesso a espaços de lazer, aumento de bem-estar, entre outros, de forma mais justa e sistêmica.

### 3. METODOLOGIA

A fim de ampliar o entendimento das questões apresentadas pela pesquisa, foi proposta uma abordagem mais ampla, baseada em métodos mistos, composta principalmente por análises qualitativas, considerando alguns dados secundários quantitativos relacionados a aspectos pontuais (Minayo, 2002). Para contextualizar os referenciais teóricos e metodológicos e para aplicar as análises propostas, foram elencados dois estudos de caso. Esses dois casos de municípios brasileiros são interpretados como fenômenos em desenvolvimento, que seguem em curso, e que contaram com participação direta, holística e empírica da pesquisadora em algumas etapas de seu desenvolvimento (YIN, 2009).

Na perspectiva da ciência pós-normal, esse conhecimento contextualizado é parte fundamental para construção dos argumentos científicos, mas que também têm reconhecidas suas impossibilidades de traçar fronteiras exatas, imprevistos e diferentes perspectivas (Funtowicz; Ravetz, 1993; Yin, 2009).

O ponto de partida foi a ampla pesquisa de referências bibliográficas acerca das temáticas em foco, relacionadas à mudança do clima, aos cenários climáticos futuros, à perda da biodiversidade e à importância da adaptação à mudança climática. Sobre o conceito de Soluções baseadas na Natureza, foram identificadas suas principais conceitualizações, seu breve histórico, princípios e critérios orientadores para sua

utilização, assim como sua possível relação/contribuição às ações de adaptação a mudança do clima em contextos municipais, e, principalmente, urbano. Foram então definidos os dois estudos de caso do contexto brasileiro – Município de Campinas, no Estado de São Paulo, e Recife, em Pernambuco, ambos no Brasil. Foram realizadas consultas a documentos municipais de interesse, assim como algumas observações a partir da participação em etapas processuais dos respectivos casos. Por fim, foram conduzidas entrevistas qualitativas, semiestruturadas, além de contatos específicos com instituições e atores relevantes, como representantes governamentais a nível municipal e federal, assim como agentes científicos, a fim de aprimorar a interpretação dos dados com a incorporação das informações coletadas (Creswell, 2010).

A opção por trabalhar com mais de um estudo de caso não teve como foco principal a condução de uma análise comparativa entre eles, mas, sim, buscar compreender fatores que apoiaram ou inibiram alguns aspectos (Yin, 2009) relacionados ao planejamento e implementação de SbN. Também é importante reforçar que essa não foi uma pesquisa exaustiva, que analisa todas as iniciativas em curso no contexto brasileiro, tampouco todas as variáveis e fenômenos em operação nas duas experiências analisadas. Resulta em reflexões, análises e indicações circunscritas aos recortes espaciais, temporais e à realidade empírica abrangidos no estudo (Minayo, 2002), e que seguramente poderão ser revisitados, ampliados, ajustados em outras ocasiões.

Os dois casos foram selecionados diante da possibilidade de acesso aos processos de planejamento e elaboração de instrumentos municipais (Planos de Ação). Os casos também apresentavam aprendizados relevantes em curso em relação aos ciclos de política pública – formulação e planejamento, que poderiam ser base para outros estudos e pesquisas científicas no contexto brasileiro.

As distintas fontes de informação e o refinamento dos dados ao longo das etapas da pesquisa foram sistematizadas de forma a permitir as reflexões e interpretações propostas pelo estudo (Yin, 2009). As análises finais pautaram-se nos principais aspectos analisados, a partir dos casos municipais, e os fatores propulsores e inibidores relacionados. As vivências profissionais da pesquisadora em relação às temáticas abordadas e, principalmente, aos casos estudados, apresentam uma influência direta no contexto da pesquisa e suas inter-relações.

Em relação à um dos objetivos específicos proposto pelo estudo – de contribuir, com recomendações que possam apoiar uma maior robustez e efetividade dos processos de planejamento e implementação, assim como reforçar alguns dos princípios e critérios relacionados ao conceito de SbN – ressalta-se que as recomendações apontadas não são finalísticas. Elas poderão ser reavaliadas e reconsideradas, quando pertinente para outros contextos municipais. A figura a seguir exemplifica a lógica geral e as etapas da pesquisa.



Figura 1– Lógica geral e etapas da pesquisa.

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Adaptação e as SbN

Os riscos e os possíveis impactos associados à mudança do clima estão tornando-se cada vez mais complexos, dificultando sua gestão. O aumento de 1,5°C nas temperaturas médias globais, resulta em uma série de riscos para as pessoas e os ecossistemas. A proporção dos impactos, principalmente negativos, estão vinculados a fatores como exposição, condições socioeconômicas e a capacidade de resposta (IPCC, 2022a).

As cidades e comunidades são peça chave no enfrentamento da mudança climática e na implementação de ações pelo clima, tanto no que se refere à mitigação quanto à adaptação. Por concentrarem pessoas, dinâmicas sociais, infraestruturas, oferta de serviços e produtos, processos de tomada de decisão, e por possibilitarem as interconexões entre diferentes atores, assim como de ações locais, regionais e nacionais são um locus relevante para a agenda. (IPCC, s.d.; Trel, 2019; Reckien, *et al.*, 2018; Sima, 2021; Rosenzweig *et al.*, 2015). Parcela significativa do aumento da população urbana ocorre em pequenas e médias cidades, em regiões em desenvolvimento – países de baixa e média renda – de forma não planejada, em assentamentos não formais onde a capacidade de adaptação é reduzida (IPCC, s.d.)

As SbN consideram um amplo leque de possibilidades e intervenções inspiradas na natureza para tratar de alguns dos desafios globais mais urgentes, como a mudança do clima, segurança hídrica e alimentar, saúde e redução dos riscos de desastres. É um conceito guarda-chuva que contempla diferentes abordagens relacionadas aos ecossistemas, tais como restauração ecológica, restauração florestal da paisagem, adaptação baseada em ecossistemas, mitigação baseada em ecossistemas, redução de riscos de desastres baseada em ecossistemas, infraestrutura verde, manejo de ecossistemas, e diversas medidas de conservação baseadas em áreas, inclusive áreas protegidas (Cohen-Shachan *et al.*, 2016; IUCN, 2020)

A natureza pode ganhar protagonismo nos processos de enfrentamento à crise climática, pois é uma peça-chave para mitigação e, por outro lado, também pode ofertar um amplo leque de possibilidades de adaptação. Principalmente a partir da ótica das SbN, que visa reforçar os cobenefícios e as multifuncionalidades (IUCN, 2020; Seddon *et al.*, 2020; Raymond *et al.*, 2017).

De acordo com Nicolletti (2021), a pouca aplicação e conhecimento técnico ainda restritos sobre SbN para endereçar os desafios, principalmente urbanos, que são acentuados pela mudança climática são uma das barreiras para sua adoção. A barreira cultural – de preferência por soluções convencionais, tanto pelo setor público quanto privado – precisa ser superada, a fim de ampliar a adoção de medidas de adaptação multifuncionais, principalmente relacionadas à drenagem, saúde, habitação, mobilidade, bem estar, entre outros.

## 4.2 Análise dos dois casos municipais

Utilizou-se um recorte temático e temporal relativo ao processo de elaboração de Planos de Ação em dois casos – Campinas, com uma abrangência para sua Região Metropolitana, e Recife. A escolha foi feita por demonstrarem focos temáticos distintos, Campinas com enfoque principal na temática de biodiversidade e Recife na mudança do clima. Porém, ambos apresentam um objetivo geral comum, de melhorarem suas capacidades institucionais para o enfrentamento de desafios globais nos contextos locais, visando, com isso, aprimorarem sua resiliência frente aos desafios atuais e futuros.

Foram feitas contextualizações gerais de ambos os casos, principalmente relacionados aos processos e etapas vinculados à elaboração de dois instrumentos de planejamento – os Planos de Ação, a partir das metodologias aplicadas pelo ICLEI na agenda de clima e biodiversidade. Para organizar as informações, utilizou-se como base a referência processual do ciclo de políticas públicas, que pode ser compreendido por três macro etapas: formulação, implementação, acompanhamento e avaliação (Gelinski; Seibel, 2008). Para percorrer esse ciclo, diferentes metodologias podem ser aplicadas e adaptadas. Uma delas, amplamente utilizada nas vertentes de planejamento estratégico – processo sistemático, transparente e de tomada de decisão para determinar

prioridades objetivas para superar desafios e problemas; fazer escolhas, alocar recursos escassos (tempo, recursos, conhecimentos) para priorizar ações; que visa alcançar os resultados almejados (UN-Habitat, 2014) – é o ciclo PDCA (CLP, 2021). Essa sigla se refere ao nome em inglês das quatro etapas que o compõem: Plan, Do, Check e Act, que, em português, podem ser traduzidas como Planejar, Executar, Controlar/Avaliar e Agir (CLP, 2021).

Em relação à agenda de enfrentamento à mudança do clima, o Programa *Green Climate Cities* (GCC) foi utilizado para orientar as definições das macroetaps. Em relação à agenda de biodiversidade, a principal referência provém do Programa Local Action for Biodiversity (LAB).

A gestão pública utiliza-se dos instrumentos como leis, políticas e planos, com seus parâmetros e diretrizes, para orientar o planejamento e qualificar a gestão democrática (Kleba; Comerlatto; Frozza, 2015). Essa pesquisa tem como um enfoque principal as primeiras etapas do ciclo de políticas públicas – formulação e implementação, e busca observar aspectos relevantes, principalmente de formulação, relacionados aos instrumentos de planejamento (Plano de Ação) que deveriam direcionar a priorização de frentes de trabalho estratégicos, incluindo a definição e o desenho de projetos prioritários (implementação), assim como métricas para os monitoramentos e avaliações.

Segundo Fernandes *et al.* (2012), a implementação é vinculada diretamente aos processos de tomada de decisão. Esse é um fator chave para garantir a previsão de recursos, que viabilizam as ações prioritárias, estabelecidas em programas e planos. Nessa etapa, definem-se os objetivos, metas, as capacidades técnicas e consultas/engajamentos necessários com outros atores (públicos e sociais), assim como as estimativas orçamentárias, cronograma e responsabilidades, que viabilizam a execução.

Mesmo seguindo metodologias semelhantes, cada caso desdobra-se de uma forma particular, como reflexo direto de seu contexto político, social, geográfico, histórico-cultural, econômico, ambiental, entre outros fatores que podem ter influência direta em períodos temporais específicos. As análises realizadas focaram em aspectos relacionados às etapas iniciais dos ciclos de políticas públicas, com um recorte temporal específico às etapas vinculadas principalmente à elaboração dos Planos de Ação de Campinas e Recife. Não é feita uma análise integral de todo o histórico apresentado e nem de todos os aspectos técnicos, políticos e sociais. Cada Plano tem seus objetivos gerais específicos e suas matrizes lógicas relacionadas, Recife com o enfoque na agenda climática, e Campinas, na agenda de biodiversidade. Ambos os Planos trazem Soluções baseadas na Natureza como um princípio orientador.

No contexto brasileiro, essa agenda, principalmente em termos de sua relação direta com a adaptação climática, ainda é pontual e dispersa, e, com isso, grande parte das referências ainda não consideram a realidade do Sul Global e, especificamente, o

contexto nacional. Diante dessas reflexões e considerações, a análise sugerida para os casos de Campinas e Recife foi conduzida por meio de um exercício proposto pela autora. A partir da revisão bibliográfica consultada, em sua grande maioria do contexto europeu, das entrevistas realizadas e das experiências práticas vinculadas aos estudos de caso, foi proposta uma primeira camada de aspectos comuns e fundamentais à maioria das políticas públicas.

Sendo eles os aspectos políticos, técnicos, sociais e financeiros (Sarabi *et al.*, 2020; Sarabi *et al.*, 2019; Raymond *et al.*, 2017), assim como os apontamentos dos entrevistados. No âmbito de cada um desses quatro aspectos, foram identificados fatores que inibem o avanço da temática, que são barreiras (fatores inibidores) ou que podem apoiar e incentivar os avanços no respectivo contexto municipal (fatores propulsores), listados na Tabela 1 a seguir. Essa identificação se baseia principalmente nos apontamentos feitos pelos entrevistados e em um refinamento lógico-textual a partir de algumas bibliografias identificadas (Sarabi, *et al.*, 2019; Almassy, 2018; Raymond *et al.*, 2017; Schmalzbauer, 2018; Croeser *et al.*, 2021).

**Tabela 1** - Fatores propulsores e inibidores analisados em relação aos aspectos políticos, técnicos, sociais e financeiros

Aspecto Político (P)
Fator Propulsor (P)
P.P.1. Prioridade da alta gestão: compreensão das autoridades sobre a importância da temática, com sua priorização nas pautas de governo
P.P.2. Adesão a algum compromisso ou movimento: comprometimento do Prefeito ou Secretário por meio de algum compromisso ou campanha global
P.P.3 Compreensão dos benefícios mais amplos: promoção de abordagens setoriais mais integradas, a partir da compreensão dos cobenefícios e com acesso a casos concretos com benefícios demonstrados
P.P.4. Visibilidade internacional e intercâmbio de boas práticas: participação em eventos e fóruns globais, assim como a troca de experiência entre pares
P.P.5 Arcabouço legal e instrumentos normativos: direcionamento para elaboração e/ou aprovação de instrumentos normativos e de regulamentação que apoiem as temáticas
Fator Inibidor (I)
P.I.1 Visão de curto prazo: priorização de ações de curto prazo em detrimento de políticas estruturantes de médio-longo prazo
P.I.2 Calendário eleitoral: promoção de ações vinculadas ao período de eleições
P.I.3. Interesses setoriais: não oposição ou apoio a forças e interesses que são contrários aos princípios vinculados às temáticas
P.I.4 Integração com outros níveis e governos: pouco alinhamento entre políticas, planos e metas, podendo enfrentar entraves para implementação
P.I.5 Impasses políticos partidário: pouca imposição aos arranjos políticos partidários que desfavorecem o avanço da agenda

**Aspecto Técnico (T)****Fator Propulsor (P)**

- P.T.1. Compreensão dos benefício: visão sistêmica e integrada dos diferentes desafios socioambientais e econômicos, a fim de identificar potenciais SbN a serem planejadas e implementadas
- P.T.2. Planejamento médio-longo prazo: priorização de processos de planejamento de médio-longo prazo, preferencialmente multissetoriais e multiatores, assim como a contribuição para metas e indicadores qualitativos e quantitativos de planos e programas municipais (ex.: saúde, bem-estar)
- P.T.3. Especificações técnicas: disponibilidade de materiais específicos, normativas e capacidades técnicas, para orientar e viabilizar projetos básicos e executivos de ações de SbN, principalmente relacionadas à infraestrutura verde-azul
- P.T.4. Capacidades técnicas: acesso a treinamentos, conteúdos e métodos relacionados às etapas de formulação, implementação e monitoramento de SbN, principalmente em relação a processos de cocriação, aprendizagem social e justiça ambiental
- P.T.5. Aplicação prática: proposição de processos e projetos pilotos, para avaliar os desafios e oportunidades, visando um ganho de escala e mantendo um bom registro das respectivas etapas e resultados

**Fator Inibidor (I)**

- I.T.1 Desafios técnicos para planejamento (design) e implementação: capacitações e especializações escassas para corpo técnico municipal e equipe reduzida para dedicar-se ao planejamento e implementação
- I.T.2 Disponibilidade de produtos e serviços: oferta reduzida de produtos e serviços que podem compor as soluções a serem propostas
- I.T.3 Adoção em escala piloto/teste: poucas avaliações técnicas para garantir a efetividade e condições técnico-financeiras para a aplicação em larga escala
- I.T.4 Manutenção: falta de definições de critérios e parâmetros para manutenção especializada
- I.T.5 Monitoramento: definições de indicadores qualitativos e quantitativos para avaliar o desempenho das medidas adotadas

**Aspecto Social (S)****Fator Propulsor (P)**

- P.S.1. Compreensão dos benefícios para as pessoas: compreensão dos principais desafios, demandas e necessidades básicas das pessoas e potenciais benefícios diretos
- P.S.2 Engajamento dos beneficiários da solução: utilização e aprimoramento de mecanismos de governança, por exemplo planejamento e orçamento participativo
- P.S.3. Processos de cocriação: condução de processos que contam com a contribuição direta e ativa de um grupo multiatores, com diferentes bases de conhecimentos e vivências. Agregando de forma substancial, com base em princípios de equidade e justiça social, para o processo de tomada de decisão e definição das diretrizes dos projetos e suas etapas de implementação
- P.S.4. Formatos mais inclusivos de engajamento de atores sociais: incorporação de contribuições diretas dos diferentes atores sociais, nas etapas de implementação e, principalmente, manutenção. Capacitação dos atores locais para prestação de serviços, geração de emprego e renda, e maior vínculo às soluções propostas
- P.T.5. Demonstração de resultados positivos: mensuração dos resultados positivos e concretos vinculados ao objeto principal, assim como para outros desafios sociais, como saúde, inclusão, renda, oportunidades, bem-estar, entre outros

### Fator Inibidor (I)

- I.S.1 Processos técnicos: condução baseada em perspectivas técnicas, com nomenclaturas e abordagens que desestimulam as contribuições de outros atores
- I.S.2 Processos burocráticos e que inibem a participação: gestão pública com procedimentos burocráticos e morosos, que desestimulam o acompanhamento de outros atores
- I.S.3 Habilidades e práticas na gestão pública para condução de processos de cocriação: pouco conhecimento aplicado e lições aprendidas para condução de processos e aprendizagem
- I.S.4 Engajamento: baixo interesse e disponibilidade de atores para contribuir com processos de governança participativa e garantia de articulações sem cunho político-partidários
- I.S.5 Comunicação entre atores: ausência de estratégias e canais efetivos de comunicação e articulação, principalmente no fluxo do poder público para os atores sociais

### Aspecto Financeiro (F)

#### Fator Propulsor (P)

- P.F.1 Apoio financeiro por meio de projetos e editais: acesso a recursos que contribuam diretamente para estruturação das agendas no contexto municipal
- P.F.2 Apoio para projetos pilotos em modalidades de doação: acesso a recursos não reembolsáveis que viabilizam a execução e implementação de projetos pilotos
- P.F.3 Ajustes de instrumentos municipais e dotações orçamentária: garantia de recursos públicos para execução e implementação, assim como de incentivos fiscais para outros atores
- P.F.4 Fundos específicos: viabilização de iniciativas específicas e garantia recursos, por meio das diretrizes e priorização de ações estruturantes pelos fundos
- P.F.5 Investimentos de impacto: acesso a recursos de fundos ou mecanismos de investimentos menos agressivos, com retorno de médio e longo prazo

### Fator Inibidor (I)

- I.F.1 Capacidade técnica para elaborar projetos básicos e executivos: baixa qualidade de projetos para serem financiáveis (não atendem aos critérios dos financiadores) e equipe reduzida para priorizar a elaboração dos projetos
- I.F.2 Parâmetros para orçar os projetos: ausência de referências, especificações e dados quantitativos
- I.F.3 Estudos de viabilidade: pouca capacidade e agilidade para elaborar estudos de viabilidade
- I.F.4 Dotações orçamentárias e empenho de recursos: dificuldades para garantir recursos públicos e empecilhos relacionados às lógicas das compras e contratações públicas, código de obras, listas de materiais que não consideram especificações fora dos padrões comuns
- I.F.5 Transparência para viabilizar investimentos: pouca prática na estruturação de mecanismos financeiros de estruturas mistas e poucos instrumentos que garantem a transparência em relação ao retorno do investimento.

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

A partir da definição dos cinco fatores propulsores e cinco fatores inibidores para cada aspecto, foi utilizada uma escala de 1 a 4 para uma pontuação, sendo apresentada uma possibilidade de soma máxima de até 20 pontos, conforme o quadro a seguir:

**Quadro 1** - Pontuação para os fatores propulsores e inibidores

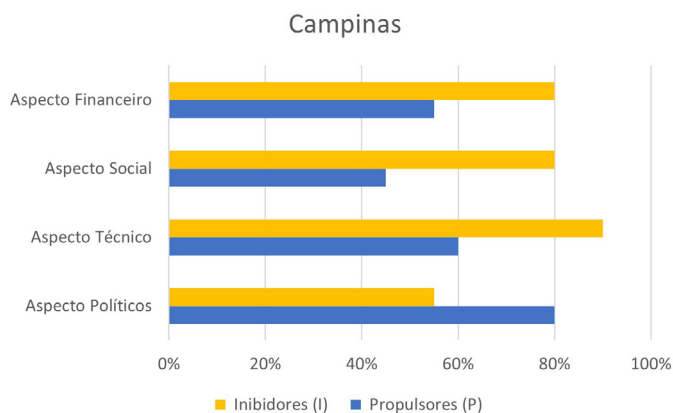
Fator Propulsor (P)		Fator Inibidor (P)	
Baixo	1	Baixo	1
Médio	2	Médio	2
Alto	3	Alto	3
Muito alto	4	Muito alto	4

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Para embasar a pontuação, foi inserida uma coluna, com uma breve descrição, proveniente principalmente da observação da pesquisadora ao longo dos períodos de elaboração dos respectivos Planos de Ação. Também foi feita uma verificação e calibragem dos resultados, com os entrevistados representantes de cada um dos casos. O resultado para os fatores inibidores e inibidores de cada aspecto foi calculado, a fim de identificar que fatores no município seriam favoráveis ao avanço das agendas ou aqueles que ainda representam um desafio que precisa ser superado.

Para os fatores propulsores, as pontuações mais elevadas significam que são mais favoráveis e podem ser um apoio relevante ao respectivo aspecto. Para os fatores inibidores, as pontuações mais elevadas significam uma maior dificuldade, ou ponto de atenção, que pode ser observada e idealmente endereçada. A seguir, são apresentados os resultados compilados de Campinas e, em seguida, os do Recife.

A partir da aplicação do exercício – considerando as especificidades de cada experiência municipal, seus respectivos contextos, históricos, entre outros – é possível identificar e observar alguns pontos relacionados aos quatro aspectos. Reforça-se que essa não é uma análise comparativa meramente quantitativa entre os dois casos, nem conclusiva, tampouco traz recomendações personalizadas para cada município em relação às etapas dos ciclos de políticas públicas.

**Gráfico 1** - Resultado dos fatores propulsores e inibidores analisados para Campinas.

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

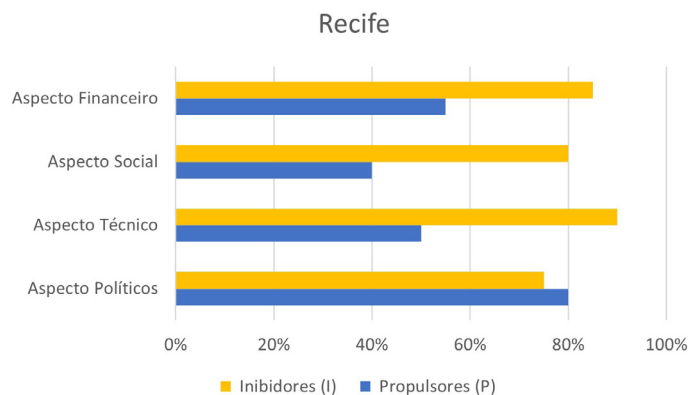


Gráfico 2 - Resultado dos fatores propulsores e inibidores analisados para Recife.

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Foi possível identificar pontos comuns, semelhanças ou divergências que possam apoiar processos de planejamento e implementação dos respectivos casos, assim como outros municípios brasileiros que começam a ter uma maior aproximação com o conceito de Soluções baseadas na Natureza, e uma melhor compreensão sobre a emergência climática e necessidade de endereçar estratégias e ações de adaptação à mudança do clima. Em linhas gerais, os resultados da somatória dos fatores propulsores identificados para Campinas e para Recife são similares, sendo que existem variações específicas na composição dos resultados.

É interessante observar que o **aspecto político** é o que apresenta maior pontuação dos fatores propulsores (80% em ambos os casos). Assim como foi o único aspecto a apresentar a pontuação dos fatores propulsores mais elevada do que os fatores inibidores. De acordo com algumas referências europeias, em muitos casos, o aspecto político está mais vinculado a fatores inibidores do que propulsores, pois, os aspectos políticos podem apresentar contradições, principalmente em relação aos aspectos técnico e/ou social (Sarabi *et al.*, 2019; Almassy, 2018; Raymond, *et al.*, 2017; Schmalzbauer, 2018). No caso de ambas as cidades, a priorização da agenda pelo Prefeito, no caso de Recife, e pelo Secretário de Meio Ambiente, no caso de Campinas, é um fator propulsor significativo para o avanço dos processos e históricos de ambos contextos. De acordo com Frantetskaki (2019) é evidente que as iniciativas mais bem-sucedidas são aquelas que possuem respaldo político-institucional. Em ambos os casos, os interesses setoriais e impasses políticos são fatores inibidores com pontuações elevadas, que podem representar uma realidade comum a muitos municípios brasileiros.

Em relação ao **aspecto técnico**, os fatores inibidores são preponderantes. Esse aspecto se refere principalmente à capacidade do governo municipal em endereçar as características técnicas das ações que são identificadas por Planos e Programas e projetos específicos. São agendas relativamente novas ao contexto brasileiro e, quando

referidas principalmente às abordagens relacionadas às infraestruturas urbanas e infraestrutura verde-azul, refletem diretamente um “novo olhar” e uma necessidade de quebra de paradigmas relacionados aos padrões convencionais. Para isso, é necessário conseguir traduzir essas abordagens baseadas nos princípios das SbN em elementos concretos de especificações técnicas, termos de referências, projetos básicos e executivos, entre outros. Fato esse que também se vincula ao aspecto financeiro, nos fatores relacionados aos processos de contratações e compras públicas, assim como à garantia de respaldo em instrumentos, como códigos de obras e listas de matérias.

Dois fatores inibidores que representam uma pontuação elevada se referem à manutenção e ao monitoramento. Ainda são pouco considerados nos processos de elaboração de projetos. A compreensão de critérios e parâmetros para uma manutenção específica é fundamental para garantir que, principalmente as intervenções territoriais, infraestruturas e dispositivos, possam seguir cumprindo com as funções para as quais foram projetadas, e isso deverá refletir, por exemplo, nos contratos de manutenção e limpeza das áreas públicas.

Em relação ao **aspecto social**, ambos os casos apresentam tendências semelhantes, apresentando os fatores inibidores em 80% e os propulsores em 45%, em Campinas, e 40% em Recife. As cidades possuem práticas nos espaços de governança, como, por exemplo, conselhos, fóruns municipais, processos relacionados a orçamento participativo, e momentos de consultas mais amplas ao longo da elaboração de planos e outros instrumentos, além dos formatos mais convencionais das consultas e audiências públicas. Porém, o que o conceito traz de provocação vai muito além das práticas já em curso, e pode ser melhor estudado pelas gestões municipais e idealmente pilotado para que possa se tornar uma prática.

Esse, talvez, também é um dos aspectos de maior relevância para que um possível avanço satisfatório das SbN ocorra, principalmente como forma de contribuir para adaptação climática, sem intensificar vulnerabilidades e injustiças sociais (Amorim-Maia, 2022; Torres, *et al.*, 2022). Na lógica desse aspecto, a capacidade de compreender os principais desafios, necessidades básicas, pleitos da comunidade, para além das questões ambientais, é fundamental (Anguelovski, *et al.*, 2018). Fazer uma análise dos principais objetivos da solução, beneficiários diretos e localização é crucial para evitar a intensificação de privilégios ambientais, beneficiando os mais favorecidos em detrimento dos mais vulneráveis, que, em muitos casos, não possuem acesso às infraestruturas básicas (Torres, *et al.*, 2022).

Uma peça-chave do conceito de SbN são as abordagens e processos de cocriação. Partem do princípio de lógicas de participação e aprendizagem social, com formatos que realmente coloquem, principalmente, os futuros beneficiários diretos da solução no centro do processo (Moniz, 2022).

Em relação ao **aspecto financeiro**, ambas as cidades também apresentam uma avaliação semelhante. Os fatores propulsores com pontuação mais elevada referem-se aos apoios externos, por exemplo dos projetos de cooperação internacional, ou acesso a recursos não-reembolsáveis. Essas condições são particulares em relação ao período específico de vigência dessas iniciativas, e não necessariamente conseguem viabilizar condições habilitantes para um fluxo de financiamento mais contínuo e perene.

Os fatores inibidores se relacionam a questão gerais da estruturação de projetos e possíveis arquiteturas financeiras. A própria valoração pode ser complexa, quando relacionada as multifuncionalidades e cobenefícios, pois estarão relacionadas a setores distintos (FRAGA, 2020). Segundo Perrin (2018 *apud* Fraga, 2020) podem ser identificadas três questões específicas que dificultam a captação de recursos: dificuldade no detalhamento dos custos operacionais e de implementação; ausência de modelos de negócios claros e objetivos para cada tipo de soluções; e as incerteza futuras relacionadas aos objetivos de médio-longo prazo, podem ser avaliadas como um fator de risco para o financiamento privado, principalmente por não terem respaldo em políticas, normalmente de curto prazo, e instrumentos claros de monitoramento.

Como observação geral, o exercício proposto pretende apoiar em uma melhor compreensão, exemplificação, e visualização de fatores relacionados aos aspectos políticos, sociais, sociais e financeiros. A identificação de pontos comuns, tanto propulsores quanto inibidores, podem servir de apoio e orientação para ambos os municípios estudados na pesquisa, e principalmente outros municípios que planejam endereçar essas temáticas em seus ciclos de políticas públicas, servindo com um norte, um direcionamento, sem restringir de forma alguma as adaptações, ajustes e melhorias na sua aplicação.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo em busca de considerações relacionadas à pergunta proposta por esta pesquisa – como aprimorar o planejamento e a implementação de Soluções baseadas na Natureza no contexto brasileiro – as análises realizadas e o exercício proposto a partir dos casos municipais puderam identificar fatores relevantes a serem considerados pela ótica do aprimoramento dos processos de planejamento e implementação.

No Brasil, essas agendas de SbN e adaptação ainda são abordadas de forma piloto, experimental e dispersa, sendo que algumas das abordagens englobadas pelo conceito de SbN, como infraestrutura verde, restauração, gestão e manejo de áreas protegidas já são bem consolidadas e trarão uma boa base para a serem consideradas sob a ótica das SbNs e adaptação. Seguramente, são extremamente necessárias, urgentes e relacionam-se com muitos gargalos do desenvolvimento urbano, dinâmicas excludentes e segregadoras nos territórios, e que precisam ter uma abordagem mais comum, e não só piloto, na lógica das infraestruturas e planejamento urbano-territorial.

No entanto, para que essas ações e projetos possam, de fato, incorporar alguns dos princípios e critérios propostos pelo conceito de SbN, como os processos de cocriação, ampliação dos cobenefícios e das multifuncionalidades dessas intervenções territoriais, observou-se, ao longo da pesquisa, e ao analisar os estudos de caso, a necessidade de tratar questões fundamentais e estruturantes, principalmente aquelas relacionadas aos estágios mais iniciais dos ciclos de políticas públicas, de formulação e planejamento, e, com isso, partir para as etapas de implementação.

Os ajustes realizados ao longo da pesquisa se vinculam à necessidade de abordagens cautelosas, críticas e criteriosas de utilização do conceito, para que não se torne meramente um termo generalista que ambiciona solucionar uma série de problemas de forma aleatória. Mas que, diante de sua má aplicação, além de não resolver questões ambientais, não ser viável financeiramente, poderá intensificar ainda mais os abismos sociais e distintas injustiças.

O exercício proposto também não foi exaustivo e capaz de cobrir todos os princípios e critérios que podem ajudar a restringir ou diminuir uma utilização inadequada dessa abordagem. Objetivou trazer mais luz e atenção aos aspectos que são comuns e fundamentais à maioria das políticas públicas: políticos, técnicos, sociais e financeiros, e seus fatores propulsores ou inibidores. Aspectos estes que podem apoiar, incentivar os avanços no respectivo contexto, principalmente olhando para aspectos mais básicos, como condições habilitantes para que as agendas de SbN e adaptação possam ser formuladas e planejadas de forma mais sistêmica e, no caso do Brasil, principalmente considerando aspectos de justiça social e ambiental.

Diante da urgência das crises climática e da biodiversidade, uma reflexão importante que começa a ganhar força, principalmente relacionada aos marcos globais que visam reverter esses cenários pessimistas, é a necessidade de melhorar as ações e capacidades transformadoras em relação aos sistemas sociais-econômicos-ambientais. Traduzir e lastrear essas abordagens transformadoras, como apresentadas por Scoones *et al.* (2020) de forma mais agrupada, como as abordagens habilitantes, estruturantes e sistêmicas será um grande desafio.

O exercício proposto pode parecer raso, superficial e simplista perante toda essa complexidade, urgência e paradigmas que precisam ser superados para essas abordagens genuinamente transformadoras. Porém, diante da realidade da gestão pública no Brasil, como parte de um contexto socioeconômico mais amplo e complexo, provavelmente não será possível dar grandes passos transformacionais sem endereçar questões essenciais. Isso demanda atuação de forma concomitante e escalonada, em múltiplos caminhos, que sejam claros, objetivos e factíveis para os gestores e técnicos que configuram essa arena. Na perspectiva da adaptação face à mudança do clima, quanto das SbN, as estratégias, planos e projetos precisam evitar sua própria fragmen-

tação, enfraquecimento mútuo, visando endereçar as questões socioambientais emergentes, com justiça e equidade, e esse passo a passo não será simples.

Essa pesquisa proporcionou uma reflexão particular e pessoal, a partir da revisão da literatura, estruturação do exercício de análise, entrevistas realizadas e, principalmente, da observação e vivências. Não tem bases em bibliografias, mas, sim, nessa grande provocação vinculada às agendas, aos desafios, e à busca de soluções melhores e mais integrais. De alguma forma, vincula-se ao prefixo “re” e, como na frente de algumas palavras, indica esse senso e essa busca de entender, de voltar-se para as bases do problema, para o ponto de partida e almejar esses novos caminhos.

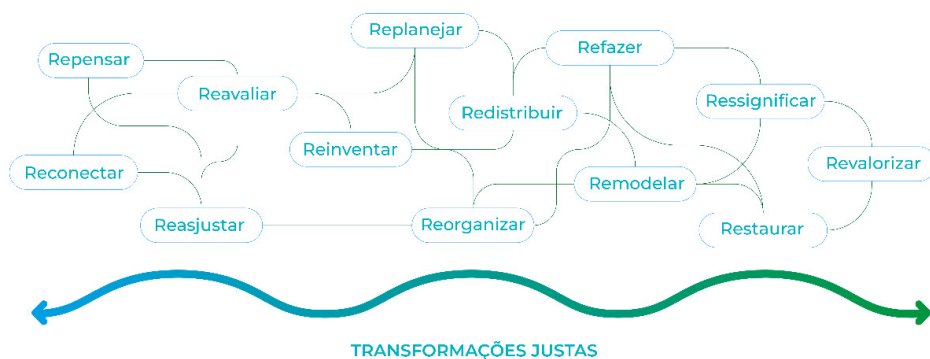


Figura 2 - Reflexão pessoal da autora a partir das vivências proporcionadas pela pesquisa.

Fonte: Marangon (2022).

Por fim, espera-se que essa pesquisa sirva de base para outras, para que a metodologia seja aprimorada, calibrada e testada em municípios com distintas realidades ou necessidades. Principalmente no que se refere à mensuração, que poderia avançar de uma lógica de embasamento para uma lógica de indicadores mais precisos em relação às métricas, e meios de verificação mais objetivos. Podem ser utilizadas distintas dinâmicas, até mesmo como base e etapas iniciais de processos de cocriação ou na lógica dos “laboratórios urbanos”, por exemplo. Uma análise mais específica das interrelações entre os aspectos e os fatores pode identificar questões interessantes sobre as potenciais ou distintas influências, sobreposições ou sinergias. Até mesmo uma revisão da categorização dos fatores propulsores e inibidores pode ser testada, mesclando alguns desses fatores e revisando a lógica da pontuação, por exemplo com base em uma Escala de Likert.

Futuras pesquisas também podem seguir monitorando as etapas dos ciclos de políticas públicas relacionadas às temáticas de adaptação face à mudança do clima e SbN nos municípios brasileiros, assim como os projetos e ações territoriais, com respectivos indicadores, verificações e apontamento de melhorias. Torna-se necessá-

rio e urgente proporcionar uma base mais ampla e sólida de referências nacionais e, também, com enfoques regionais, especialmente de biomas ou outros recortes relevantes, para fortalecer essa agenda, baseada em dados científicos, endereçando questões sociais e territoriais de forma justa e equitativa.

## REFERÊNCIAS

- ALMASSY, D. *et al.* *Urban Nature Atlas: a database of nature-based solutions across 100 european cities.* [s.l.] Naturvation, 2018.
- AMORIM-MAIA, A T. *et al.* Intersectional climate justice: a conceptual pathway for bridging adaptation planning, transformative action, and social equity. *Urban Climate*, v. 41, 2022.
- ANGUELOVSKI, I.; IRAZÁBAL-ZURITA, C.; CONNOLLY, J.J.T. Grabbed urban landscapes: socio-spatial tensions in green infrastructure planning in Medellín. *International Journal of Urban and Regional Research*, 2018
- BARBI, F.; FERREIRA, L. C. Governing climate change risks: subnational climate policies in Brazil. *Chinese Political Science Review*, v. 2, 237-252, 2017.
- BRASIL; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Biodiversidade e Florestas – SBF. 5º Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica. Brasil, Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2015.
- BROTO, V C.; BULKELEY, H. A survey of urban climate change experiments in 100 cities. *Global Environmental Change*, v. 23, 2012.
- CLP. *Ciclo PDCA na gestão pública: como definir metas e alcançar resultados.* Website CLP, 2021. Disponível em: <https://www.clp.org.br/ciclo-pdca-na-gestao-publica-como-definir-metas-e-alcancar-resultados/>. Acesso em: maio 2022.
- COHEN-SHACHAM, E. *et al.* *Nature-based solutions to address global societal challenges.* Switzerland: IUCN, 2016.
- CRESWELL, J. W. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto.* 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- DI GIULIO, G. M.; BEDRAN-MARTINS, A. M. B.; VASCONCELLOS, M. P.; RIBEIRO, W. C.; LEMOS, M. C. Mainstreaming climate adaptation in the megacity of São Paulo, Brazil. *Cities*, v. 72, 2018.
- FRAGA, R. G. *Soluções baseadas na natureza: elementos para a tradução do conceito às políticas brasileiras.* Orientadora: Profa. Doris Sayago. 2020. 177 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília, 2020.
- IPCC. Summary for policymakers. *In: Climate Change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects.* Contribution of Working Group II to the Fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014a.

- IPCC. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: the physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.
- IPCC. Summary for Policymakers. In: IPCC. *Climate Change 2022: impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022a.
- IPCC. Summary for Policymakers. In: IPCC. *Climate Change 2022: mitigation of climate change*. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022b.
- FERNANDES, V. *et al.* Metodologia de avaliação estratégica de processo de gestão ambiental municipal. *Saúde Soc.*, v. 21, supl. 3, p. 128-143, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/sausoc/2012.v21suppl3/128-143/#ModalArticles>. Acesso em: maio 2022.
- Frantzeskaki, n. seven lessons for planning nature-based solutions in cities. *Environmental Science & Policy*, v. 93, 101-11, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901118310888?via%3Dihub>. Acesso em: mar. 2022.
- FUNTOWICZ, S.; RAVETZ, J. Science for the post-normal age. *Futures*, v. 25, n. 7, p. 739-55, 1993.
- GELINSKI, C. R. O. G.; SEIBEL, E. J. Formulação de políticas públicas: questões metodológicas relevantes. *Revista de Ciências Humanas*, EDUFSC, v. 42, n. 1 e 2, p. 227-240, 2008.
- GLOBAL COVENANT OF MAYORS. *Our cities*. Website Global Covenant of Mayors, s.d. Disponível em: [www.globalcovenantofmayors.org/our-cities](http://www.globalcovenantofmayors.org/our-cities). Acesso em: 22 jun. 2022.
- KLEBA, M. E.; COMERLATTO, D.; FROZZA, K. M. Instrumentos e mecanismos de gestão: contribuições ao processo decisório em conselhos de políticas públicas. *Revista de Administração Pública*. 2015, v. 49, n. 4, pp. 1059-1079. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-7612125666>. Acesso em: mar. 2022.
- MINAYO, M. C. de L. (Org.). *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. Petrópolis: Vozes, 2002.
- NICOLLETTI, M. X. *Aprendizagem social em políticas públicas: o caso de adaptação à mudança do clima em Glasgow*. 2021. 593 f. Tese (Doutorado em Administração Pública e Governo) – Fundação Getulio Vargas, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, São Paulo, 2021.
- PÖRTNER, H. O. *et al.* *IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change*. IPBES and IPCC: s.l., 2021.
- RAYMOND, C. M. *et al.* *An impact evaluation framework to support planning and evaluation of nature-based solutions projects*. Report prepared by the EKLIPSE Expert Working Group on Nature-based Solutions to Promote Climate Resilience in Urban Areas. Wallingford, United Kingdom: Centre for Ecology & Hydrology, 2017.

- RECKIEN *et al.* How are cities planning to respond to climate change? Assessment of local climate plans from 885 cities in the EU-28. *Journal of Cleaner Production*, v. 191, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618308977>. Acesso em: mar. 2022.
- SARABI, S. *et al.* Key enablers of and barriers to the uptake and implementation of nature-based solutions in urban settings: a review. *Resources*, v. 8, 121, 2019.
- SARABI, S. *et al.* Uptake and implementation of nature-based solutions: an analysis of barriers using interpretive structural modeling. *Journal of Environmental Management*, v. 270, 2020.
- SCHMALZBAUER, A. *Barriers and success factors for effectively co-creating nature-based solutions for urban regeneration*. Deliverable 1.1.1. [s.l.] CLEVER Cities, 2018.
- SCOONES, I. *et al.* Transformations to sustainability: combining structural, systemic and enabling approaches. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 42, 2020, p. 65-75. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343519300909>. Acesso em: fev. 2022.
- SIMA – SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE. *Guia de adaptação e resiliência climática para municípios e regiões*. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo; SIMA, 2021.
- TORRES, P. H. *et al.* *Just cities and nature-based solutions in the global south: a diagnostic approach to move beyond panaceas in Brazil*. Não publicado.
- IUCN. *IUCN Global Standard for Nature-based Solutions*. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS. Switzerland: IUCN, 2020.
- UN-HABITAT. *Planning for climate change: a strategic, values-based approach for urban planners*. Nairobi: UN-Habitat, 2014. Disponível em: [https://unhabitat.org/sites/default/files/2019/11/planning\\_for\\_climate\\_change.pdf](https://unhabitat.org/sites/default/files/2019/11/planning_for_climate_change.pdf). Acesso em: abr. 2022.
- WWF. *Guia de Adaptação às mudanças do clima*. Brasília: WWF-Brasil, 2017. Disponível em: [https://wwfbr.awsassets.panda.org/downloads/guia\\_adaptacao\\_wwf\\_iclei\\_revfinal\\_01dez\\_2.pdf](https://wwfbr.awsassets.panda.org/downloads/guia_adaptacao_wwf_iclei_revfinal_01dez_2.pdf). Acesso em: fev. 2022.
- YIN, R. K. *Case study research: design and methods*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2009.



V – SOCIEDADE, EDUCAÇÃO, ATIVISMO  
E ALTERNATIVAS SOCIOPOLÍTICAS



## Mulheres agricultoras e agroecologia: os nexos encontrados na revisão da literatura

*Clara Ribeiro Camargo  
Marcos Sorrentino  
Luciana Travassos*

### **Resumo**

A relação entre mulheres e agroecologia tem sido aprofundada em artigos acadêmicos, em programas governamentais e em projetos de organizações da sociedade civil. Compreender o estado da arte, a base teórica e os principais argumentos que embasam essa relação são os objetivos deste texto que utilizou da metodologia da revisão da literatura para a elaboração da análise. Os resultados apontam que produção diversificada de alimentos, manutenção de espécies nativas e dos agroecossistemas, conhecimento de plantas medicinais, produção e troca de sementes, produtos para alimentação da família ou comunidade (autoconsumo ou trocas), tempo de trabalho fora de casa, inclusive com agricultura e o tempo dedicado ao trabalho doméstico, origem da família, a participação em redes e presença na comunidade são alguns temas trabalhados quando se considera as mulheres agricultoras agroecológicas. O artigo explica essas escolhas a partir dos principais referenciais teóricos que aparecem nos artigos analisados que são: a economia feminista e o ecofeminismo, mas também traz as implicações da ética do cuidado e da teoria do comum.

**Palavras-chave:** Agroecologia; Mulheres; Economia Feminista; Ecofeminismo.

## 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas agroalimentares convencionais reproduzem e aprofundam desigualdades sociais, como a desigualdade de gênero, cuja raiz está na divisão sexual do trabalho. Na zona rural, o acesso a pequenas porções de terra e a necessidade de alimentar as famílias aproximaram as mulheres ao campo agroecológico, por conta da diversidade de espécies cultivadas e dos poucos recursos disponíveis para a modernização agrícola, tornando essa relação, um objeto profícuo para a pesquisa científica e para a elaboração de políticas públicas.

Assim, observa-se um aumento no volume de pesquisas voltadas para destacar e compreender a participação das mulheres nos processos de desenvolvimento social da agroecologia (Coradin; Schwendler, 2023). Esses estudos buscam analisar, entre outros tópicos, de que maneira e em que extensão essas iniciativas provocam transformações nas dinâmicas de gênero no ambiente rural. Diante deste contexto, este capítulo busca investigar os nexos na literatura sobre mulheres e agroecologia com o objetivo de compreender como estes temas se interrelacionam, quais as principais linhas teóricas que os explicam e os principais indicadores utilizados em pesquisas na área.

A construção deste estado da arte foi realizada como parte da elaboração da tese de doutorado intitulada *Mulheres e Agroecologia: um estudo sobre cuidado e política*, defendida no Programa de Ciência Ambiental do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, em junho de 2023.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a elaboração deste trabalho foi a revisão sistemática da literatura e, para isso, utilizou-se os descritores “mulheres AND agroecologia”, assim como os termos em inglês “women AND agroecology” nas bases de dados Scielo, Scopus e Periódicos Capes. Foram encontrados 101 artigos, o que exigiu uma seleção dos mais apropriados para a escrita deste texto. Foram aplicados os seguintes filtros: artigos publicados entre 2012 e 2021, que tratassem de experiências com produção vegetal e com ênfase na América Latina, o que resultou na leitura de 18 artigos. Além dos artigos mencionados, foram lidos outros 6 textos que apareceram com frequência nas citações.

A leitura desses artigos indicou duas linhas principais de pensamento. A primeira com foco na análise das relações de poder existentes nas estruturas da sociedade, a partir de uma perspectiva de gênero, que se extrapolam para o sistema agroalimentar (De Carvalho; Bógus, 2020; Deepak, 2014; Guétat-Bernard; Prévost, 2016; Trevilla Espinal *et al.*, 2021). A segunda, focada nos processos dos movimentos sociais, que descreve como a questão do feminismo, foi se aproximando da questão agrícola e ambiental (Benítez *et al.*, 2020; Busko, 2019; Costa; Dimenstein, 2020; Hillenkamp, 2019).

Tais linhas, apesar de abordarem os mesmos temas, partem de perspectivas diferentes. A primeira explica os fenômenos sociais, a partir de categorias analíticas como gênero, capitalismo e colonialismo, que se articulam na constituição do pensamento crítico feminista agroecológico, e olha para as experiências a partir destas lentes, em um processo de construção do conhecimento mais dedutivo. Já a segunda, parte de realidades e dados empíricos para então contribuir com um arcabouço teórico e, portanto, pode ser considerada mais indutiva.

A revisão de literatura também encontrou dois artigos na área da antropologia, abordando o tema a partir de uma lógica relacional em que os papéis de gênero produzem formas diferentes de relação com a natureza e, no caso das mulheres, por elas serem, na maior parte do tempo, as responsáveis por cuidar, alimentar, educar, tornando-se também grandes conhecedoras de plantas alimentícias e medicinais, assim como guardiãs de sementes e de biodiversidade (Elias, 2016; Luzuriaga-Quichimbo *et al.*, 2019). As discussões encontradas ao longo desses artigos serão apresentadas neste texto de forma temática, buscando relacionar os principais conceitos encontrados.

### 3. MULHERES E ALIMENTO: ONDE ESTÃO AS RELAÇÕES DE PODER?

A primeira linha de pensamento identificada é um importante ponto de partida para a compreensão das estruturas que compõem uma matriz de opressão presente nos sistemas agroalimentares: o patriarcado, o capitalismo e o colonialismo. Essa perspectiva politiza o debate de gênero e traça importantes quadros (*frameworks*) de análise (Carvalho; Bógus, 2020; Deepak, 2014; Trevilla Espinal *et al.*, 2021). Para essas autoras, tal construção é relevante, pois traz visibilidade para iniciativas que, por séculos, foram vistas como não econômicas ou não políticas, pois não geravam renda. Essa abordagem está bastante alinhada com teorias decoloniais (Costa; Dimenstein, 2020; Deepak, 2014; Trevilla Espinal *et al.*, 2021) e relaciona a atuação das mulheres agricultoras agroecológicas com estratégias de resistência ao capitalismo, ao patriarcado e ao colonialismo.

Porém, apesar do avanço do feminismo enquanto perspectiva analítica e como movimento social, é recente a compreensão de que o reconhecimento do trabalho e conhecimento das mulheres agricultoras é fundamental para o aprofundamento da transição agroecológica, compreendida aqui não apenas pelos aspectos ecológicos, mas também ligados à justiça social.

Os artigos relatam uma série de dificuldades sofridas pelas mulheres em diferentes territórios da América Latina, como sobrecarga de trabalho entre o trabalho produtivo e reprodutivo; baixo acesso aos meios de produção como terra, água, sementes, insumos; baixa qualidade da produção agropastoril das terras controladas por elas; dificuldades na participação política; limitada autonomia econômica e de tomada de

decisão; empregos temporários e precários que geram insegurança econômica e dependência (Nobre *et al.*, 2017).

Além disso, o crescimento de projetos extrativistas na América Latina ameaça as fontes de subsistência das mulheres, o que explica o crescimento de seu papel na defesa dos territórios, da biodiversidade e da manutenção cultural e socioeconômica da sua comunidade (Trevilla Espinal *et al.*, 2021).

Apesar destas dificuldades, as mulheres agricultoras desempenham uma série de tarefas que são indispensáveis para a manutenção da própria vida como a produção diversificada de alimentos de qualidade, a manutenção dos ecossistemas, o conhecimento de plantas medicinais (Hillenkamp, 2019), o desenvolvimento de técnicas de cultivo próprias, como a integração de culturas no mesmo local de produção. A literatura também aponta que as mulheres são as maiores responsáveis pelo resgate e multiplicação de sementes crioulas, devido à maior preocupação com a segurança e soberania alimentar de suas famílias (Tait, 2005 *apud* Costa; Dimenstein, 2020). Nesse sentido, considerar a perspectiva de gênero tem se apresentado como uma das estratégias para o alcance de metas de políticas de conservação da biodiversidade (Luzuriaga-Quichimbo *et al.*, 2019).

Entretanto, a relação entre mulheres e política, historicamente, é vista como algo pautado na luta pelo reconhecimento de direitos básicos, já que a sociedade capitalista e patriarcal foi construída sob bases da divisão sexual do trabalho, naturalizando e hierarquizando os papéis de gênero, o que excluiu por muito tempo as mulheres do *locus* da política.

No meio rural, a divisão sexual do trabalho, em geral, atribui, às mulheres, o trabalho doméstico e a responsabilidade por cuidar das pessoas, dos animais e dos cultivos nos espaços perto da casa (quintal, horta, galinheiro etc.) e, aos homens, o trabalho agrícola e não agrícola que envolve espaços maiores (pastos, sertões, roçados, mercados), podendo variar conforme a região (Hillenkamp, 2019). Todavia, a diferença é que os trabalhos desempenhados pelas mulheres, geralmente, não geram renda monetária, o que expressa uma menor valorização do trabalho feminino e, consequentemente, a sua invisibilização (Telles, 2018). Ao mesmo tempo, os indicadores nacionais sugerem uma maior carga de trabalho para as mulheres, com uma média de 55,3 horas de trabalho por semana para as mulheres rurais em comparação com 47,7 horas no caso dos homens (IPEA, 2011).

O papel de cuidadoras é consequência dessa divisão que permeia as relações sociais e é fundamental na sua organização (Biroli, 2018). Porém, tem sido visto por pensadoras do marxismo feminista como trabalho não remunerado.

O problema é que essa divisão tem impacto profundo nas democracias contemporâneas, uma vez que o equilíbrio entre trabalho

remunerado e não remunerado e o acesso diferenciado a ocupações incidem nas hierarquias que definem as possibilidades de participação política, pensada não apenas como ocupação de cargos, mas também como engajamento em ações políticas, mais amplamente (Biroli, 2018, p. 29).

Além das desigualdades geradas na esfera pública, a visão de que trabalho doméstico não remunerado é um não trabalho gera uma série de dificuldades para a compreensão de indicadores econômicos, de acordo com a perspectiva da Economia Feminista (Telles *et al.*, 2018; Moura; Moreno, 2013). Essas autoras defendem a interdependência entre as esferas de reprodução e produção como forma de contribuir para a reflexão sobre a construção de análises e indicadores capazes de avaliar as configurações da desigualdade de gênero de modo a orientar a elaboração de políticas geradoras de igualdade (Telles *et al.*, 2018; Moura; Moreno, 2013).

Essa interdependência entre as esferas é ainda mais evidente no meio rural, uma vez que os quintais produtivos<sup>1</sup> são como a extensão da cozinha e, portanto, do trabalho doméstico. Entretanto, experiências como aquelas relatadas por Telles *et al.* (2018) afirmam que, desses quintais, muitas vezes vêm os alimentos consumidos pela família e o excedente comercializado, o que pode ser visto como trabalho produtivo, tornando ainda mais entrelaçadas as nuances dessas relações. De acordo com elas, os quintais são um espaço estratégico para a transição agroecológica, seja para a produção de alimentos garantindo a segurança alimentar das famílias, seja para a experimentação e a geração de renda monetária e não monetária (Telles *et al.*, 2018). Porém, é necessário mudar a forma de olhar para essas produções, indo além das lentes da economia ortodoxa que não considera essas relações.

A maior parte destes artigos tem como base a Economia Feminista e a Sociologia Econômica, notadamente a visão de Karl Polanyi. A leitura deste autor sugere uma visão mais ampla da economia que incorpora também os bens simbólicos, culturais e não mercantis. Nessa visão, a organização da produção e da distribuição é resultado da articulação dos princípios de integração econômica: a reciprocidade, a redistribuição, a domesticidade e o mercado (Polanyi, 2000).

A partir dessa lógica, pode-se compreender que a atuação dessas agricultoras responde a lógicas não apenas mercantis, no sentido de comercializar os seus produtos, mas que a sua atuação no mundo responde antes a alimentar a família, manter o ecossistema, fortalecer a comunidade e, a partir daí, se integrar aos mercados locais

---

1 O quintal é definido como a porção de terra próxima à residência e de fácil acesso (BRITO; COELHO, 2000 *apud* OLIVEIRA *et al.*, 2021). Estudos feministas sobre agroecologia revelam como o quintal tem se apresentado como local de experimentação de forma autônoma da mulher, visando a produção da socioagrobiodiversidade, soberania e segurança alimentar (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

ou regionais. O que aparece bastante acompanhada dessa lógica nos artigos é a presença e valorização de um modo de vida camponês (Benítez *et al.*, 2020; Deepak, 2014; Mestmacher; Braun, 2020).

A conciliação das esferas produtiva e reprodutiva explica, portanto como a produção de alimentos, seja na agricultura ou no processamento, se configura como atividade econômica realizada por mulheres, especialmente em períodos de crise (Faria, 2009 *apud* Tait; Jesus, 2017).

Olhar para essas questões invisibilizadas da economia e da sociedade é fundamental para enfatizar a contribuição econômica das mulheres e ampliar as discussões sobre o caráter androcêntrico das bases da economia, por exemplo a generalização da existência de um *homo economicus*. Do ponto de vista analítico, portanto, a leitura desses artigos trouxe à tona a importância da construção e análise de indicadores capazes de interpretar a realidade a partir da ideia da sustentabilidade da vida (Carrasco, 2003).

#### 4. EXPERIÊNCIAS EMPÍRICAS E O PAPEL DO ESTADO NA TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA

Grande parte dos artigos encontrados ao longo da revisão da literatura relata experiências com pesquisa de campo. Alguns artigos também abordam, em parte, o papel do Estado no fortalecimento de um modelo de desenvolvimento de agricultura e soberania alimentar e reforçam a importância dos programas e políticas para quem produz alimentos, bem como para a sociedade como um todo, que consome alimentos diariamente, ainda que considerando as dificuldades das mulheres em acessarem políticas.

O tema do Estado enquanto propulsor da transição agroecológica nos territórios é alvo de discussões, pois ao mesmo tempo que pode jogar um papel importante no desenvolvimento de políticas e de mercados locais, pode também enfraquecer os movimentos de base e as organizações sociais que deveriam estar no centro da discussão sobre estratégias de escalonar a agroecologia, de acordo com Mestmacher e Braun (2020).

As mesmas autoras afirmam que, para alcançar a sustentabilidade do ponto de vista ecológico, econômico e social, a agroecologia deve desafiar o patriarcado e as formas de violência estrutural contra as mulheres. A partir do relato de uma experiência no Chile, elas afirmaram que a incorporação das mulheres aos processos de extensão rural governamental foram fundamentais para o aprofundamento da transição agroecológica na região. Porém, tal relato concluiu que é necessário abordar o potencial transformador que as políticas de agroecologia têm na questão de gênero na família e na comunidade como um todo, promovendo o compartilhamento do trabalho reprodutivo e permitindo o fortalecimento de laços sociais, a realização de intercâmbios e educação (Idem).

Concluem que, no Chile, a atuação do Estado se dá por alguns servidores públicos ativistas e que, para ganhar escala, é importante que eles estruturarem políticas de Estado e não de governo, bem como fortaleçam as comunidades e associações de agricultoras e agricultores de maneira que o trabalho não acabe quando o técnico deixar o lugar.

Experiências parecidas também são relatadas em Cuba (Benítez *et al.*, 2020), Uruguai (Beatriz, 2016), Costa Rica (Sylvester; Little, 2020) e Brasil (Busko, 2019; Costa; Dimenstein, 2020; Hillenkamp, 2019; Tait; Jesus, 2017). Em Cuba, foram relatados os seguintes impactos ao incluir a perspectiva de gênero nos trabalhos de extensão rural: aumento das mulheres no desenvolvimento e implementação de inovações agrícolas, melhora da autoconfiança das mulheres agricultoras e sua família; melhora na diversificação produtiva das famílias; aumento do emprego e da renda nos lares por meio dos projetos de processamento de alimentos gerenciados por mulheres e facilitação das oportunidades de comercialização. A incorporação das mulheres como protagonistas desse processo pôde dar visibilidade ao trabalho de cuidados e ao fato de que tal trabalho extrapola os limites do lar para o cuidado com a comunidade e com a natureza, incluindo os seres não humanos (Benítez *et al.*, 2020).

Sylvester e Little (2020) avaliaram os benefícios e desafios vivenciados pelas mulheres agricultoras agroecológicas, na Costa Rica, apontando questões que podem ser compartilhadas pelos demais territórios latino-americanos, considerando as suas especificidades. De acordo com as autoras, os benefícios encontrados foram o compartilhamento de conhecimento, a criação de comunidade, a geração de renda, a independência financeira e a construção de uma identidade própria (para além de ser esposa e mãe), a equidade na tomada de decisão enquanto família, saúde humana e do solo, conservação da biodiversidade e das sementes, autoconfiança e oportunidades de liderança dentro das redes agroecológicas.

Apesar desses benefícios, as autoras também relataram barreiras enfrentadas pelas agricultoras. São elas: a ampla cultura de discriminação das mulheres na agricultura e os papéis desproporcionais na economia do cuidado, que reduz o tempo disponível para as mulheres ocuparem espaços públicos e de tomada de decisão. Elas também apontaram que todas as mulheres reportaram o machismo e as microagressões cotidianas sofridas por elas (Idem).

Sobre experiências brasileiras, há uma série de artigos que relatam como o feminismo e a agroecologia foram se aproximando enquanto movimentos propositivos de uma nova agenda para o desenvolvimento rural, a sustentabilidade e a soberania alimentar (Busko, 2019; Costa & Dimenstein, 2020; Guétat-Bernard; Prévost, 2016; Hillenkamp, 2019; Tait; Jesus, 2017).

De acordo com esses artigos, no Brasil, as experiências com mulheres trouxeram como aprendizado uma compreensão da relação entre a vida cotidiana, visões de

mundo e resistência que invertem uma possível interpretação vitimista ou com ênfase apenas na falta de poder, de igualdade ou opressão. Esse aprendizado instiga a pensar sobre a capacidade de ressignificação da política, do público e do privado e das práticas sociais. A relação entre discurso político, práticas cotidianas, lógica do cuidado e concepções éticas é um dos aspectos mais interessantes na constituição de uma “epistemologia engajada” e forjada no mundo da vida, por meio de experiências de interdependência e sustentabilidade que reforcem as propostas éticas e políticas (Tait; Jesus, 2017).

Essas autoras afirmaram que a relação entre gênero, meio ambiente e agricultura é solo fértil para pensar-agir em prol dos feminismos como expressão de uma emancipação produtiva libertária, em prol de um futuro na direção de uma ética comum implicada com uma noção de bem viver compartilhado, em que a qualidade de vida humana considere a interdependência e a ecodependência (Herrero, 2014; Tait; Jesus, 2017).

Nobre *et al.* (2017) analisam os dados das políticas oficiais do Brasil e da FAO. Para essas autoras, os dados oficiais refletiam o não reconhecimento das mulheres enquanto trabalhadoras rurais, quando, por exemplo a FAO afirma que 24,2% dos trabalhadores na agricultura no Brasil são mulheres (FAO, 2017), em contraposição às afirmações da Via Campesina de que, entre 70 e 80% dos alimentos consumidos por famílias pobres são produzidos na região por mulheres. Tais afirmações encontram eco nos pensamentos da Economia Feminista de que é necessário rever as métricas e indicadores do pensamento econômico hegemônico para inserir os trabalhos reprodutivos e de sustentabilidade da vida como um todo, como por exemplo a produção de alimentos.

Entre os fatos empíricos relatados nos artigos, é importante pontuar as Marchas das Margaridas como ativismo fundamental para a criação da Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica e a luta pela incorporação do lema “Sem Agroecologia não há Feminismo”, pela Articulação Nacional de Agroecologia (Hillenkamp, 2019).

Tais acontecimentos influenciam também a construção de conhecimentos, levando a questionamentos sobre as epistemologias da agroecologia, as intersecções entre gênero, raça e classe que se sobrepõem também ao processo de construção de conhecimento. A partir dessa movimentação, no Brasil, uma série de publicações começa a surgir, buscando compreender as inter-relações entre agricultura, meio-ambiente e gênero, porém negando a neutralidade e afirmando a importância e a agência das mulheres no processo de produção de alimentos de qualidade a partir do reconhecimento dos seus saberes e dos seus direitos historicamente negados.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A teoria mais utilizada ao longo da revisão da literatura foi a Economia Feminista. Essa perspectiva, com suas diferentes vertentes, tem contribuído para dar visibilidade e pro-

mover debates sobre a importância do trabalho voltado para a “reprodução e sustentabilidade da vida humana” (Tait; Jesus, 2017). A leitura de Carrasco (2003), uma das principais autoras desta abordagem, traz a interdependência e as tensões existentes no sistema capitalista entre obter lucro e cuidar da vida humana (Carrasco, 2003).

O cuidado com a vida humana e com as necessidades básicas tem, por um lado, uma dimensão objetiva (necessidades biológicas, como alimento, higiene) e, por outro, subjetiva (que inclui afeto, segurança psicológica, vínculos). O trabalho doméstico visa, em grande parte, atender a essas duas dimensões das necessidades humanas, muito embora a não materialidade da dimensão subjetiva faça parecerem invisíveis essas atividades (Carrasco, 2003).

Esses trabalhos têm um contexto social e emocional distinto do trabalho assalariado ou remunerado realizado fora da esfera doméstica. Para a compreensão mais profunda das interdependências entre esferas de produção e reprodução da vida, algumas autoras se baseiam no conceito de economia substantiva de Karl Polanyi (Catacora-Vargas; Siliprandi; Zuluaga Sanchez, 2018; Hillenkamp, 2019). A principal contribuição do autor é afirmar que práticas econômicas nem sempre correspondem a uma esfera autônoma e autorregulada, como postulam os economistas neoclássicos, mas estão arraigadas na vida social e institucional de uma comunidade. Desta maneira, para ele, a economia é inseparável da ética, da cultura e da política (Aguayo; Ramírez, 2019).

O ecofeminismo, definido como uma corrente teórica e um movimento social que relaciona a exploração e degradação da natureza com a subordinação e opressão das mulheres (Shiva; Mies, 1993), também se revelou como importante linha de pensamento para abordar o assunto. Essa abordagem surgiu na década de 1970, junto com a Segunda Onda do Feminismo e estabelece alianças entre feminismo e ambientalismo, além de promover uma crítica teórica e mobilização social que visam enfrentar os impactos negativos do “desenvolvimento humano”, a partir de uma perspectiva relacional humano / natureza / gênero (Tait; Jesus, 2017).

Além das teorias utilizadas para a explicação da aproximação entre mulheres agricultoras e agroecologia, a revisão da literatura permitiu elencar alguns conceitos que acompanham esse debate. O desenvolvimento de autonomia, a agrobiodiversidade e o cuidado com as sementes foram temas que apareceram na maioria dos artigos. Isso quer dizer que os nexos entre os assuntos refletem a busca por meios de vida autônomos, independentes de estruturas de opressão e que possibilitem a reprodução dos seus modos de vida tradicionais.

A busca por autonomia se reflete em reduzir a dependência do mercado, o que explica a direção dos cultivos voltados para o autoconsumo da família e a diversificação das culturas. Também se reflete no cuidado com a reprodução das sementes, pois assim, não necessitam comprá-las e conseguem desenvolver variedades adaptadas ao

agroecossistema local (Busko, 2019; Costa; Dimenstein, 2020). Não por acaso, foram as mulheres do Movimento das Mulheres Camponesas as pioneiras em denunciar os impactos do uso de sementes transgênicas para a agricultura familiar (Costa; Dimenstein, 2020).

Na mesma direção, se encontra o manejo biodiverso que organiza a combinação entre plantas. Tais técnicas de cultivo favorecem uma série de serviços ecossistêmicos, como a provisão de alimentos diversificados, adubação do solo, manutenção da biomassa e da água na terra, polinização, barreiras contra o vento ou sol extremo, entre outras capacidades.

Assim, a aposta das agricultoras em desenvolver técnicas de manejo agrobiodiversas as ajuda a reduzir suas vulnerabilidades e a encarar a escassez de recursos, como a de terra disponível. A diversificação das atividades econômicas também vai no mesmo sentido, como o processamento de alimentos e a busca por mais de um canal de comercialização.

Em um contexto mundial de aumento da *commodificação* da agricultura e da alimentação, o não reconhecimento da sabedoria das mulheres acerca das plantas alimentícias e medicinais pode acarretar um risco à saúde das populações e à extinção de espécies alimentícias. A exclusão das mulheres da ciência e da gestão dos recursos naturais também representa uma falta de rigor metodológico e pode acarretar subestimação do uso e da diversidade das plantas (Elias, 2016). Ao mesmo tempo, a perda da diversidade de plantas alimentícias leva à erosão do conhecimento relacionado ao uso e conservação da agrobiodiversidade e ameaça à segurança alimentar global.

Além disso, a industrialização do sistema socioeconômico como um todo causa mudanças rápidas nos sistemas locais de conhecimento agroecológico e nas práticas de gestão de recursos, interrompendo as transferências de conhecimento entre gerações. Reconhecer e valorizar o conhecimento agroecológico de mulheres e homens é crucial para preservar este corpo de conhecimento (adaptável e em evolução), as culturas nas quais está inserido e os agroecossistemas que contribuem para sustentar (Elias, 2016).

É por isso que os problemas ambientais globais, como as mudanças climáticas, a conservação da biodiversidade (Luzuriaga-Quichimbo *et al.*, 2019) e produção de água, exigem que os formuladores de políticas tenham um olhar diferente e aprofundado para as desigualdades sociais estruturais, considerando as questões de gênero.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção teórica da agroecologia feminista definiu quadros analíticos que ajudam a compreender como as estruturas de opressão atuam sobre a vida das mulheres agricultoras. Se, por um lado, existe a opressão capitalista que gera empregos precários e informais e baixa autonomia, por outro existe a dominação sexo/gênero que desvaloriza

o trabalho e o conhecimento dessas mulheres nos sistemas alimentares, gerando desigualdade no acesso à terra, sobrecarga de trabalho e diferenças salariais. Soma-se a isso o colonialismo e a destruição de culturas não ocidentais, especialmente relacionadas às práticas alimentares. Isso se dá pelo controle e lucro das companhias transnacionais assim como pela falta de políticas públicas que viabilizem mudanças institucionais. Esse quadro analítico, porém, é capaz de mostrar que há resistência a essas estruturas de poder, materializando a ideia de que onde há poder, há contrapoder.

A revisão da literatura permitiu construir um arcabouço para olhar para as mulheres agricultoras a partir dos seguintes indicadores: produção diversificada de alimentos, manutenção de espécies nativas e dos agroecossistemas, conhecimento de plantas medicinais, produção e troca de sementes, produtos para a alimentação da família ou comunidade (autoconsumo ou trocas), tempo de trabalho fora e dentro de casa, dependência de compra de insumos, origem da família e relação com a terra, participação em redes, acesso (ou não) às políticas públicas e presença na comunidade.

Esses indicadores podem ser utilizados nas pesquisas com mulheres agricultoras para analisar o seu grau de autonomia, sua relação com o meio ambiente, a divisão do trabalho reprodutivo e produtivo, bem como os seus conhecimentos que muitas vezes são invisibilizados. No entanto, é importante ter em mente a contextualização dos locais de produção, uma vez que pode haver diferença nas formas de atuação, sobretudo se a abordagem é na zona rural ou em zona urbana. Essas diferenças merecem atenção em análises futuras.

## REFERÊNCIAS

- CORADIN, Cristiane; SCHWENDLER, S. F. Histórias de vida de mulheres sem terra: divisão sexual do trabalho na agroecologia. *Revista Estudos Feministas*, v. 31, p. 1-14, 2023.
- AGUAYO, Beatriz; RAMÍREZ, Loreto. Solidary care economy in the politization and socialization of women's hidden labour. *Revista Estudos Feministas*, v. 27, n. 2, p. 1-12, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9584-2019V27N254486>. Acesso em: 25 maio 2025.
- BENÍTEZ, Barbara *et al.* Empowering women and building sustainable food systems: a case study of Cuba's local agricultural innovation project. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 4, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.554414>. Acesso em: 25 maio 2025.
- BIROLI, Flavia. *Gênero e desigualdades: os limites da democracia no Brasil*. 1. ed. São Paulo: Boitempo: 2018.
- BUSKO, Paula Simone. Escrivências decoloniais: o movimento do feminismo agroecológico como um modelo de educação informal no Vale do Ribeira (SP). *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*, v. 20, n. 3, p. 302-311, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.17921/2447-8733.2019v20n3p302-311>. Acesso em: 25 maio 2025.

- CAMARGO, Clara. *Mulheres e agroecologia no município de São Paulo: um estudo sobre cuidado e política*. 2023. 226 f. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.
- CATACORA-VARGAS, Georgina; SILIPRANDI, Emma; ZULUAGA SANCHEZ, Gloria Patricia. *Agroecología en femenino*. SOCLA, La Paz: 2018.
- COSTA, Graça; DIMENSTEIN, Magda. Narrativas e feminismos em disputa na construção do conhecimento agroecológico no Brasil. *Pesquisas e Práticas Psicossociais*, vol. 15 n 4, São João del-Rei, 2020.
- DANTAS MOURA, Maria da Conceição; FALEIROS CAMARGO MORENO, Renata. A interdependência das esferas da reprodução e produção na produção de indicadores: reflexões a partir da experiência das mulheres rurais no Sertão do Apodi. *Mediações - Revista de Ciências Sociais*, v. 18, n. 2, p. 28-43, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/2176-6665.2013v18n2p28>. Acesso em: 25 maio 2025.
- CARVALHO, Laura; BÓGUS, Cláudia. Gender and social justice in urban agriculture: the network of agroecological and peripheral female urban farmers from São Paulo. *Social Sciences*, v. 9, n. 8, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/SOCSCI9080127>. Acesso em: 25 maio 2025.
- DEEPAK, Anne C. A postcolonial feminist social work perspective on global food insecurity. *Affilia. Journal of Women and Social Work*, v. 29, n. 2, p. 153-164, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0886109913516456>. Acesso em: 25 maio 2025.
- ELIAS, Marlène. Distinct, shared and complementary: gendered agroecological knowledge in review. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, v. 11, n. 040, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1079/PAVSNR201611040>. Acesso em: 25 maio 2025.
- GUÉTAT-BERNARD, Hélène; PRÉVOST, Heloïse. L'agro-écologie au Brésil, un instrument genre de luttes sociales. *L'Ordinaire des Amériques*, n. 220, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/orda.2888>. Acesso em: 25 maio 2025.
- HILLENKAMP, Isabelle. ¿Cultivar su autonomía? La agroecología de las agricultoras brasileñas. *Revista de Antropología Social*, v. 28, n. 2, p. 297-322, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5209/raso.65616>. Acesso em: 25 maio 2025.
- TAIT, Márcia; JESUS, Vanessa. Questions on gender and technology in the construction of agroecology. *Scientiae Studia*, v. 15, n. 1, p. 73-91, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/51678-31662017000100005>. Acesso em: 25 maio 2025.
- LUZURIAGA-QUICHIMBO, Carmen X. *et al.* Plant biodiversity knowledge varies by gender in sustainable Amazonian agricultural systems called chacras. *Sustainability (Switzerland)*, v. 11, n. 15, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su11154211>. Acesso em: 25 maio 2025.
- MESTMACHER, Jolene; BRAUN, Andreas. Women, agroecology and the state: new perspectives on scaling-up agroecology based on a field research in Chile. *Agroecology and Sustain-*

- nable Food Systems*, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/21683565.2020.1837330>. Acesso em: 25 maio 2025.
- NOBRE, Miriam *et al.* *Atlas de las mujeres rurales de América Latina y el Caribe*. Roma: FAO, 2017.
- OLIVER, Beatriz. “The earth gives us so much”: agroecology and rural women’s leadership in Uruguay. *Culture, Agriculture, Food and Environment*, v. 38, n. 1, p. 38-47, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/cuag.12064>. Acesso em: 25 maio 2025.
- POLANYI, Karl. *A grande transformação: as origens da nossa época*. Rio de Janeiro: Campus, 2000.
- PULEO, Alicia. *Ecofeminismo para otro mundo posible*. Madrid: Cátedra, 2011.
- SYLVESTER, Olivia; LITTLE, Mary. “I came all this way to receive training, am I really going to be taught by a woman?”: factors that support and hinder women’s participation in agroecology in Costa Rica. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, v. 00, n. 00, p. 1-24, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/21683565.2020.1811830>. Acesso em: 25 maio 2025.
- TREVILLA ESPINAL, Diana Lilia *et al.* Feminist agroecology: analyzing power relationships in food systems. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, v. 00, n. 00, p. 1-21, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/21683565.2021.1888842>. Acesso em: 25 maio 2025.



# Coletivos sociais e as novas configurações do ativismo contemporâneo: o caso do “Mutirão pelo Bem Viver” em São Paulo

*Alana Belei  
Tatiana Rotondaro*

## **RESUMO**

O agravamento da crise climática e ecológica se consolida como um dos principais desafios do século XXI. Entretanto, as propostas desenvolvidas não estão direcionando para soluções apropriadas. Além disso, soma-se às crises ambientais, as diversas crises nos sistemas democráticos causadas pelas profundas mudanças no capitalismo global, que impulsionam movimentos sociais e ativistas a desenvolver novos repertórios de resistência. Dentre eles, é notória a emergência de uma nova organização: os coletivos, ainda em fase de construção teórico-analítica. Este artigo, resultado de dissertação de mestrado, tem por objetivo investigar como propostas baseadas em saberes tradicionais e no pensamento decolonial têm norteado a atuação de ativistas progressistas, mais especificamente, como a noção de “bem viver” é mobilizada por um coletivo social. Para tanto, realizamos um estudo de caso da iniciativa “Mutirão pelo Bem Viver (MBV)”, impulsionada pelo Coletivo Ecosocialista e Libertário Subverta, uma tendência do partido político PSOL, com foco em sua atuação no Estado de São Paulo. A coleta de dados desse estudo foi realizada por meio de observação participante, pelo levantamento de documentos internos do MBV e por entrevistas semiestruturadas, com 13 pessoas envolvidas com o

MBV. O estudo observou que a atuação política do coletivo estudado se orienta pela intenção de construção da via partido-movimento, como proposto por Boaventura de Souza Santos (2021). Pois, trata-se de uma atuação híbrida que combina, simultaneamente, uma atuação institucional e uma atuação de base, de modo complementar e gradativo. Independentemente da participação político-partidária de seus membros, o principal objetivo da atuação do MBV é fomentar a auto-organização da população nas comunidades parceiras. Por fim, a pesquisa nos permite ponderar que o uso do termo “coletivo” parece estar associado a uma nova configuração de atuação política.

**Palavras-chave:** Bem Viver; Ativismo Contemporâneo; Movimentos Sociais; Coletivos Sociais; Partido-Movimento.

## 1. INTRODUÇÃO

O aprofundamento da crise climática e ecológica tem trazido questionamentos sobre formas de pensamento hegemônicas, assim como sobre a nossa relação com a natureza”. Apesar dos diversos planos e agendas criados como tentativa de frear a crise climática, persiste a visão de que a “natureza” existe apenas enquanto um recurso à disposição dos seres humanos, capaz de alavancar o acúmulo material e o crescimento econômico, ou seja, não problematiza devidamente o conceito de desenvolvimento (Acosta, 2017).

Nesse sentido, o diálogo com outros saberes e formas de conceber o mundo pode nos fornecer uma ampliação nas possibilidades de organização social. No caso da América Latina, uma fonte de inspiração pode ser encontrada na experiência dos povos originários, que mantêm suas tradições e modo de vida, mostrando que sociedades vivendo em harmonia com a “natureza” são possíveis, como expressos pelo *sumak kawsay*, do quéchua no Equador, e do *suma qamaña*, do aymara na Bolívia. Essas expressões foram traduzidas como “*buen vivir*” e “*vivir bien*”, respectivamente, e para o português como “bem viver”.

Neste estudo, o “bem viver” é considerado como parte do debate decolonial, visto que está alinhado ao histórico de críticas do processo de colonização, mas, como novidade, acrescenta a dimensão ambiental, inclusive na discussão econômica, demonstrando que a dicotomia “cultura x natureza” nunca existiu na prática, apenas no imaginário do colonizador.

Contudo, no contexto Ocidental, a prática do “bem viver” se apresenta como o maior desafio para sua construção, afinal romper com tradições é algo muito complexo (Gudynas, 2011; Acosta, 2017). Em vista disso, a proposta de transição do “bem viver” baseia-se na “noção de autocentramento”, que consiste em fomentar localmente espaços de contrapoder por meio do fortalecimento de espaços comunitários para que seja criada uma nova forma de convivência social (Acosta, 2017).

A principal manifestação do pensamento pós-colonial, sendo o “bem viver” uma expressão deste pensamento, acontece nos movimentos e organizações da globalização contra-hegemônica, que lutam contra a exclusão social, econômica, política e cultural (Santos, 2007).

A globalização contra-hegemônica surge como consequência das profundas mudanças no capitalismo global e das diversas crises nos sistemas democráticos nacionais. Desde a crise do capitalismo global de 2008, ocorrem diversos movimentos e protestos em âmbito mundial, majoritariamente formados por jovens organizados por meio das novas tecnologias da comunicação, em relações horizontais, críticos das estruturas hierárquicas, por isso, sem filiação a organizações, movimentos sociais ou partidos (Gohn, 2018).

No Brasil, essa forma de protesto e mobilização social ganhou força em junho de 2013, com os protestos nas ruas reivindicando políticas sociais vigentes nas áreas de transporte, saúde e educação. O destaque foi o Movimento Passe Livre (MPL), com jovens organizados online (Gohn, 2018). Este evento evidenciou a emergência de um novo tipo de organização social no Brasil, dos grupos que se autodenominam coletivos, tornando-se objeto de interesse e um desafio aos acadêmicos, visto que ainda não há uma precisão teórico-metodológica sobre os coletivos (Gohn; Penteado; Marques, 2020).

Os aspectos mais destacados pela literatura para caracterizar os coletivos são: o uso de tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs), a autonomia derivada do anarquismo, a horizontalidade em oposição a estruturas organizacionais mais rígidas e hierárquicas, a ausência de lideranças formais (não significa que não há lideranças e sim que não são formalizadas), a crítica a formas tradicionais de instituições (partidos políticos, sindicatos, movimentos sociais), além de serem vistos como expressão de uma nova configuração social mais fluida, com práticas que apresentam continuidades e descontinuidades (Perez; Souza, 2017; Perez, 2019; Gohn *et al.*, 2020).

Já as pautas predominantes nos coletivos sugerem centralidade no debate decolonial pois ficam em torno das clivagens sociais e experimentação de novas sociabilidades (Perez; Souza, 2017; Coimbra; Morais, 2020; Faria, 2020; Marques; Marx, 2020; Martins, 2020; Monaco, 2020; Thibes *et al.*, 2020; Valiengo; Oliveira, 2020). Além disso, David Graeber ([20--], p.10) defende que os anarquistas da nova geração são formados “por ideias indigenistas, feministas, ecológicas e cultural-críticas”.

Por considerar que o “bem viver” se manifesta nos movimentos contra-hegemônicos e que a literatura sobre os coletivos ainda está em construção, torna-se necessário investigar como o “bem viver” está sendo traduzido nas práticas sociais destes grupos, tendo em vista seu possível potencial de resposta às crises contemporâneas.

Diante do exposto, com o objetivo de compreender como o debate decolonial tem influenciado a atuação de grupos autodenominados coletivos através da operaciona-

lização do “bem-viver”, foi realizado um estudo de caso do projeto nacional “Mutirão pelo Bem Viver” (MBV). A iniciativa surgiu durante a pandemia de Covid-19, impulsionada pelos militantes do Coletivo Ecosocialista e Libertário Subverta – uma corrente do Partido Socialismo e Liberdade (PSOL), que possui um repertório de atuação inspirado na proposta do “bem viver”. Posteriormente, os militantes do Subverta decidiram que a iniciativa do MBV deveria ser aberta a voluntários e colaboradores, independentemente de atuação partidária<sup>1</sup>. Vale observar que o interesse de estudo pelo MBV, assim como o envolvimento de uma das autoras com o grupo (de forma voluntária e sem filiação partidária), ocorreu pelo interesse em projetos sociais engajados na busca por alternativas à lógica atual do sistema alimentar hegemônico.

De acordo com a narrativa dos militantes do Subverta, este é um coletivo que constrói o PSOL e o MBV, ou seja, que atua pela via institucional e pelo ativismo (atuação de base) simultaneamente, sendo necessário se filiar ao PSOL ao aderir ao primeiro, mas não havendo esta mesma necessidade no caso do MBV. Portanto, o Subverta se apresenta como uma corrente do PSOL que se autodenomina como coletivo, com um compromisso partidário, mas que não se limita a este contexto formal de atuação. Esta experiência, porém, não se refere a um caso isolado, há outras correntes dentro do PSOL que se autodenominam coletivos, como o Coletivo Rosa Zumbi e o Coletivo Primeiro de Maio (Perez, 2019). Como observado por Perez e Souza (2017), os coletivos que se orientam pela teoria marxista associam a luta de classes à organização via partidos políticos e, por isso, são vinculados a partidos políticos.

Por compreender que a prática do “bem viver” se constrói por meio de um processo participativo, de baixo para cima (Acosta, 2017), este artigo, resultado da Dissertação de Mestrado “Bem viver e coletivos: estudo de caso do ‘Mutirão pelo Bem Viver’ em São Paulo”, foca na atuação específica do MBV, considerando sua organização interna, sua relação com a comunidade e seu repertório de atuação inspirado no “bem viver”.

Adicionalmente, o foco específico na atuação do MBV se alinha, indiretamente, às críticas que consideram ser um problema a esquerda contemporânea centralizar a sua atuação à manutenção do acesso ao Estado, por via institucional (Ricci, 2009). Compreendemos que há uma urgência em se voltar a atuação partidária também para a esfera social (atuação de base), de modo que haja uma constante avaliação de como as esferas de atuação da política formal e das práticas de base se articulam. Porém, este capítulo não pretende aprofundar-se no debate político-partidário, sobretudo vinculado à atuação do Subverta e de sua articulação com o PSOL.

---

1 Deste modo, sempre que for mencionado “participantes do MBV” no decorrer do capítulo, deve ser considerado tanto os militantes do Subverta que atuam no MBV, quanto os voluntários do MBV.

Inicialmente, a organização do MBV ocorreu por meio da arrecadação de doações financeiras por “vaquinhas online”<sup>2</sup>, com o objetivo de comprar alimentos agroecológicos produzidos por pequenos produtores e montar cestas – acrescidas de alimentos não perecíveis – para serem entregues em comunidades em situação de vulnerabilidade alimentar em diferentes cidades brasileiras. A montagem deste circuito marcou a primeira fase do projeto organizado pelo coletivo. A segunda fase envolveu a organização de plantios coletivos de hortas comunitárias e a montagem de cozinhas comunitárias nas comunidades atendidas, marcando a passagem para uma atuação em caráter potencialmente emancipatória, em contraste ao caráter assistencial da primeira fase do projeto.

O estudo de caso se baseou nas experiências de duas comunidades urbanas com atuação do MBV, localizadas no Estado de São Paulo. A primeira comunidade estudada está localizada no Jardim Paraná, aos pés da Serra da Cantareira, Zona Norte da Capital – onde foi montada uma cozinha comunitária, iniciada uma horta comunitária e um projeto de economia solidária. E a segunda encontra-se no Jardim Itatiaia, em Campinas, onde foi desenvolvida uma horta comunitária e constituída uma associação de bairro.

A descrição e análise das experiências nas duas comunidades serão apresentadas apoiando-se, 1) na literatura sobre movimentos sociais e coletivos sociais, 2) nos princípios teóricos do “bem viver”, como parte do repertório do coletivo, e 3) no estudo da prática desenvolvida pelas comunidades estudadas, de modo que possamos contribuir para o exame da relação entre teoria e prática.

## 2. METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, exploratória e descritiva, realizada por meio de um estudo de caso do “Mutirão pelo Bem Viver” (Gil, 2002).

A primeira etapa dos procedimentos metodológicos foi a revisão bibliográfica sobre os principais conceitos e referenciais teóricos utilizados (“bem viver”, movimentos sociais e coletivos), por meio de busca das palavras-chave do estudo no banco de dados do SciELO e do Google Acadêmico, considerando os objetivos da pesquisa.

Já o segundo procedimento metodológico foi a observação participante (Cardoso, 2004; Neto, 2002), que fez parte da etapa exploratória para maior familiarização com o objeto de estudo, realizada no período de agosto de 2021 a janeiro de 2022, no decorrer da segunda fase da iniciativa.

---

2 As duas vaquinhas online podem ser acessadas através dos links: <https://www.vakinha.com.br/vaquinha/mutirao-do-bem-viver-em-resposta-a-pandemia> (campanha criada em março de 2020) e <https://abacashi.com/p/ajude-a-manter-o-mbv> (campanha criada em junho de 2020)

A terceira etapa compreendeu o levantamento de atas de reuniões, relatos de visitas ao território, documentos organizacionais internos, bem como o acompanhamento do conteúdo dos meios de comunicação online do MBV e do Coletivo Subverta nas redes sociais (Instagram e Facebook) e sites com o objetivo de levantar impressões gerais e aprofundar o entendimento sobre o objeto de estudo.

Por fim, a última etapa compreendeu a aplicação de entrevistas semiestruturadas em formato online por meio da plataforma “Jitsi Meet” com 13 pessoas envolvidas no projeto. Optou-se pela entrevista semiestruturada pois, metodologicamente, esta técnica permite uma interação dialógica mais dinâmica, de modo a permitir maior interação e liberdade às falas dos entrevistados.

Para tal, foram utilizados três roteiros de entrevistas, sendo o primeiro utilizado para entrevista com um militante do Subverta que ajudou a impulsionar o MBV (Participante 1) a fim de compreender a relação do Subverta com o MBV para elaboração dos demais roteiros, o segundo utilizado nas entrevistas com voluntários do MBV e militantes do Subverta que atuam no MBV (Participantes 2 ao 8) e o último aplicado aos moradores e lideranças do Jardim Paraná na Brasilândia (Participantes 9, 10 e 11), e do Jardim Itatiaia em Campinas (Participantes 12 e 13).

Havia, em média, 60 participantes no grupo do Telegram do MBV na Regional de São Paulo. Desses, em torno de 15 pessoas engajavam nas atividades, e uma média de 5 moradores, incluindo lideranças, estavam mais envolvidos com o projeto em cada comunidade, sendo essa a população do presente estudo. A amostra mostrou-se suficiente considerando a saturação dos dados obtidos nas entrevistas (Fontanella *et al.*, 2011). Quanto à seleção dos entrevistados, foi feita de modo a abranger as diferentes áreas e níveis de atuação. Todas as pessoas convidadas a fazer a entrevista aceitaram participar, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e consentiram que a entrevista fosse gravada<sup>3</sup>.

Após esta etapa, os dados coletados foram submetidos à técnica de análise temática de conteúdo, que consiste em organizar os dados coletados a partir de temas. No caso deste estudo, os temas estavam pré-determinados no próprio roteiro de entrevistas, que foi desenvolvido com base na literatura e no trabalho de campo. Deste modo, os dados foram retirados de seu contexto original e reagrupados de acordo com os temas (Ayres, 2008; Bardin, 2016).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção apresentaremos uma breve descrição da atuação do MBV nas duas comunidades estudadas, seguida da discussão sobre a estrutura organizacional, a atuação,

---

3 Esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos aprovada sob o parecer nº 4.840.472.

as contribuições para as comunidades e, por fim, os entendimentos sobre o “bem viver” e sobre movimentos sociais e coletivos.

### 3.1. Atuação do MBV no Jardim Paraná, Brasilândia, São Paulo/SP

O contato inicial com o Instituto Caminho da Paz (ICP) - ONG que atua há mais de 20 anos por melhores condições de vida no Jardim Paraná (Instituto Caminho da Paz, 2023), aconteceu através de uma publicação nas redes sociais em que uma das lideranças do bairro solicitava doações de alimentos em março de 2020. Após uma articulação do MBV com o ICP, foi iniciada a entrega das cestas quinzenalmente aos fins de semana, com alimentos agroecológicos adquiridos em dois assentamentos do MST, o Assentamento Dom Tomás Balduino (Franco da Rocha, SP) e Acampamento Comuna da Terra Irmã Alberta (bairro Chácara Maria Trindade, Perus, SP), com recursos financeiros arrecadados, principalmente, via vaquinha on-line.

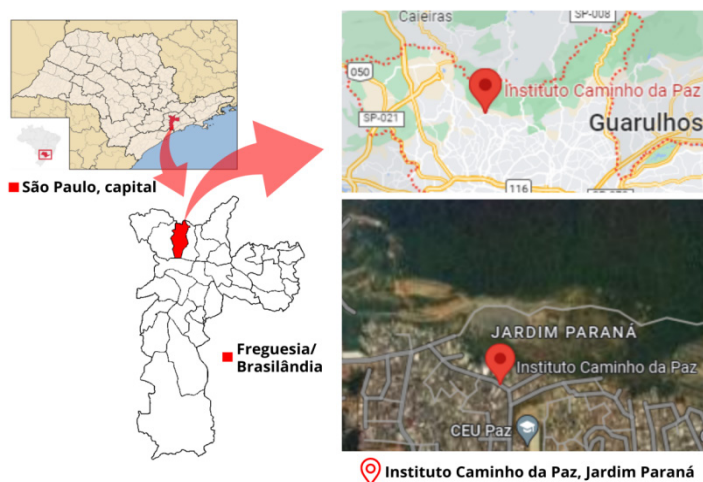


Figura 1 - Mapa da localização do Instituto Caminho da Paz.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2022).

De acordo com lideranças e voluntários do ICP, o principal problema enfrentado na comunidade era o aumento do desemprego e da fome, e não os casos de Covid-19. Por isso, os principais projetos desenvolvidos na segunda fase do projeto foram a implementação de cozinha comunitária, economia solidária e horta comunitária.

O projeto da cozinha comunitária contou com o aluguel de uma pequena cozinha, o recebimento de doações de utensílios e equipamentos, o oferecimento de oficinas de capacitação aos sábados para que os moradores participantes se familiarizassem com a dinâmica do trabalho, a realização de uma pré-venda dos itens produzidos durante a oficina de hambúrguer de grãos para demonstrar como o espaço da cozinha

poderia ser utilizado para gerar renda e sugestão de utilização da cozinha pelas moradoras durante a semana para geração de renda.

Quanto ao projeto de economia solidária, após diversas reformulações, foi definido seu objetivo de organizar os comerciantes e prestadores de serviços da região em Assembleias de Comerciantes, em que o ICP faria o papel de articular e de conceder seu espaço para a realização das assembleias, que teriam o intuito de ser um espaço para apresentar os problemas enfrentados e pensar, coletivamente, em possíveis soluções.

Já o projeto da horta comunitária contou com a limpeza de dois terrenos, que deixaram de ser cedidos pelos moradores proprietários ao projeto logo após a primeira limpeza. No terceiro terreno cedido foram feitos alguns plantios na intenção de revitalizar o solo que apresentava indícios de falta de nutrientes. Contudo, o espaço ficava em um local isolado, dificultando a divulgação e o engajamento por parte da população e, conseqüentemente, os cuidados e manutenção da horta durante a semana.

Como não houve apropriação dos projetos pela comunidade local, todos foram finalizados em junho de 2022, em decisão conjunta com a liderança local.

A baixa mobilização pode ser explicada, em certa medida, a partir das observações feitas na pesquisa de Angileli (2012) sobre a Brasilândia. A pesquisadora menciona uma mudança ocorrida nas mobilizações do bairro<sup>4</sup>, percebida por lideranças locais e moradores que compartilhavam com a pesquisadora as dificuldades de mobilização e os problemas causados pelas disputas de poder entre diferentes grupos (religiosos, políticos, grileiros). Tal mudança se deve principalmente pela mudança ocorrida na Igreja Católica, que estimulava os processos de mobilização nas décadas de 1970 e 1980 por meio das Comunidades Eclesiais de Base (CEB's) que tinham como referência a Teologia da Libertação, mas que a partir dos anos 1990, tendo como referência a Revolução Carismática, diminuiu os questionamentos sobre o Estado e distanciou-se das questões sociais e políticas.

Adicionalmente a esta mudança, ocorre em todo o país a institucionalização de movimentos sociais e cooptação de lideranças comunitárias, impactando diretamente no ativismo e nas mobilizações (Gohn, 2018).

Por fim, a fundadora do ICP também havia sinalizado que a dificuldade de mobilização é um problema recorrente, pois a população é desacreditada das promessas feitas por atores externos.

---

4 A autora ressalta que esta mudança não é algo claro para todos. Ela, inclusive, pontua que este aspecto foi percebido por ela somente quando se inseriu de fato nas redes locais, se envolveu e conquistou a confiança das pessoas.



Figura 2 - Fotografias da atuação no Jardim Paraná.

Fonte: Arquivo MBV. Elaborado pelas autoras (2023).

### 3.2. Atuação do MBV no Jardim Itatiaia, Campinas/SP

Em Campinas, a comunidade atendida, indicada por um militante, trata-se de uma ocupação irregularmente uma área no Jardim Itatiaia, composta por cerca de oitenta famílias que, em parte, foram desalojadas de outro lugar para a construção de um condomínio com a promessa de que receberiam uma casa regularizada, o que nunca aconteceu em mais de dez anos de ocupação.

Durante a primeira fase do MBV, que se estendeu até maio de 2021 nessa comunidade, os alimentos para a composição das cestas eram inicialmente adquiridos do coletivo de mulheres do MST de Limeira, mas, devido à distância, passaram a ser comprados na Horta Comunitária do Parque Itajaí, em Campinas.

Para a segunda fase, foi decidido junto às lideranças da comunidade construir uma horta comunitária e constituir uma Associação de Bairro. Ambos os projetos já eram desejos antigos das lideranças, mas as hortas que faziam eram sempre destruídas e, sem suporte jurídico, não conseguiram finalizar e regularizar a Associação.

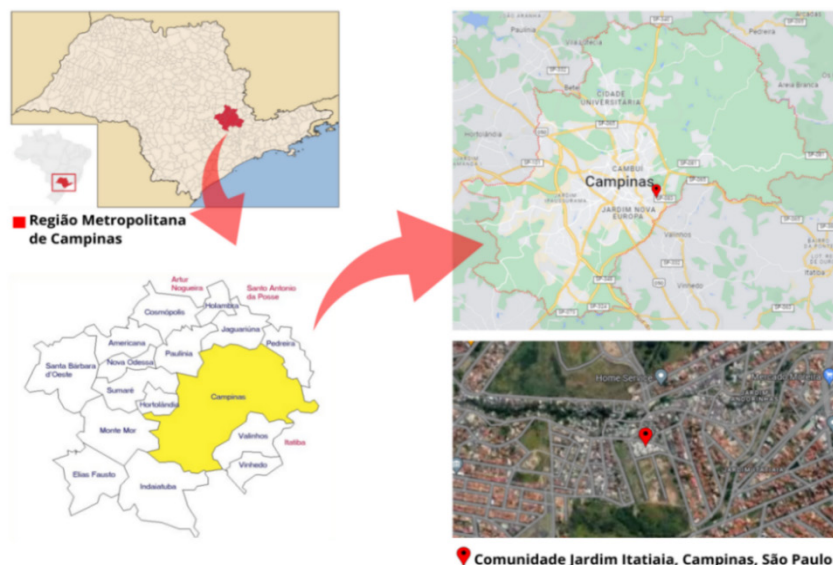


Figura 3 - Mapa da localização da comunidade do Jardim Itatiaia.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Contudo, as lideranças da comunidade também pontuaram sobre a possível dificuldade de mobilizar a população antes que vissem o desenvolvimento concreto dos projetos.

A horta comunitária foi iniciada em maio de 2021 um trecho do terreno de grande extensão ao redor de parte de ocupação após a realização de mutirões de limpeza para a remoção de entulhos que atraíam cobras e escorpiões. Em julho de 2021, aconteceu a primeira colheita. Esta e as colheitas seguintes eram colocadas em caixas e distribuídas pela comunidade com o auxílio das lideranças.

Durante todo o projeto da horta comunitária, os moradores sofreram várias ameaças de destruição da horta por pessoas que diziam representar o proprietário da terra, sendo que algumas se concretizaram. Apesar das destruições, a horta sempre foi reconstruída, fornecendo diversas colheitas para a comunidade<sup>5</sup>.

Em relação à Associação de Bairro, ao longo de 2021 foram realizadas reuniões com as lideranças e alguns moradores de modo a alinhar o projeto de sua constituição. A oficialização da associação ocorreu por meio de uma Assembleia de constituição de Associação de Bairro, em novembro de 2021, que contou com a presença de membros do MBV de Campinas e da Capital, um vereador de Campinas do PSOL que auxiliou com a obtenção de informações sobre o terreno, E cerca de 30 moradores e lideranças da comunidade. Posteriormente houve o registro formal do estatuto, contendo o artigo a seguir:

<sup>5</sup> Até a edição deste capítulo, a horta continua sendo mantida pela comunidade.

“Artigo 2º - O objetivo primordial da Associação é a construção do **bem-viver** para tudo e todos que habitam o bairro Jd. Itatiaia em Campinas e seus arredores, resolvendo por meio de decisões coletivas e democráticas a tomada de ações comunitárias voltadas para a melhoria da qualidade de vida dos associados.” (arquivo MBV, **negrito** nosso).



Figura 4 - Fotografias da atuação no Jardim Itatiaia.

Fonte: Arquivo MBV. Elaborado pelas autoras (2023).

### 3.3. Estrutura organizacional do MBV

O modo organizativo do MBV corresponde a estruturas organizacionais horizontais, pois não houve formalização de hierarquias. As tarefas eram distribuídas de acordo com a disponibilidade e habilidades de cada participante, de modo voluntário, sendo que a principal intenção em aplicar esse modo organizativo era a preocupação em ouvir a opinião de todos os participantes e eliminar o autoritarismo (Perez, 2019; Perez, Souza, 2017). Entretanto, este processo refletiu em maior demora nas tomadas de decisões, com reuniões muito extensas, podendo comprometer o andamento das atividades junto às comunidades (Thibes *et al.*, 2020).

Apesar da crítica às estruturas muito hierarquizadas, a autonomia em relação às instituições parlamentares não é unanimidade, visto que o Coletivo Subverta é uma tendência do partido político PSOL (Perez, 2020).

Além disso, a busca pela horizontalidade foi associada por um dos entrevistados do MBV ao compromisso da organização com a descentralização, rompendo com a tradição marxista ao não adotar o centralismo democrático. Observamos, então, a articulação entre as teorias marxistas e as correntes anarquistas nos coletivos vinculados aos partidos políticos.

Com o intuito de garantir que as tarefas fossem cumpridas e que as informações fossem compartilhadas com todo o grupo, alguns membros eram destacados, de forma voluntária e rotativa, sendo chamados de “sujeitos de referência” pelo MBV. Deste modo, foi possível notar a presença de lideranças não formalizadas (Marques; Marx, 2020; Valiengo; Oliveira, 2020).

Outro ponto destacado pela literatura é o uso das TDICs pelos coletivos. Contudo, seu uso não se mostrou central, visto que toda a atuação com as comunidades se deu, majoritariamente, de modo presencial, inclusive as reuniões e assembleias, com contatos pontuais via WhatsApp e/ou ligações. Assim, notamos que o trabalho de base deve ser feito com contato pessoal (Maia, 2013), bem como a construção de democracia participativa (Santos, 2021).

### 3.4. Atuação MBV

Quando perguntados sobre o principal objetivo da atuação do MBV, a maioria dos participantes do MBV entrevistados respondeu que é fomentar o poder popular nos territórios onde tem parceria. Portanto, apesar do discurso sobre o meio ambiente se destacar na atuação do MBV, fato que se confirma em como o grupo é chamado pelas lideranças das comunidades (pessoal do verde para o Jardim Paraná e pessoal da horta para o Jardim Itatiaia), os projetos da horta e cozinha comunitárias também são utilizados como instrumentos para fomentar a auto-organização política das comunidades. Sendo assim, sugere que a atuação se enquadra na proposta de transição do “bem viver” baseada na “noção de autocentramento” (Acosta, 2017).

Perguntados se havia diferenças entre a parceria com o MBV e com outras organizações, os moradores do Jardim Paraná entrevistados mencionaram que as parcerias com outras organizações são mais mecânicas, direcionam o ICP, e de caráter assistencial, enquanto a parceria com o MBV leva em consideração a opinião do ICP, com decisões sendo tomadas em conjunto, além de ser um projeto de capacitação e informação. Já os entrevistados do Jardim Itatiaia disseram que as outras ações são mais pontuais, enquanto o MBV tem uma proposta de trabalho integrado e contínuo, além de afirmar que o movimento não desistiu da comunidade, como fizeram outras organizações.

Uma falha apontada por alguns dos entrevistados, tanto moradores quanto participantes do MBV, refere-se à comunicação do MBV com a comunidade. Para estes entrevistados, há uma dificuldade dos movimentos advindos da academia em

dialogar com a periferia e despertar o interesse da população. Esta já é uma crítica feita à composição do PSOL, formado majoritariamente por uma classe média universitária que não consegue dialogar com as periferias (Solano, 2016). Para um dos moradores do Jardim Paraná, somente uma convivência mais próxima pode quebrar essa barreira.

### 3.5. Contribuições para as comunidades

Unanimamente, os participantes do MBV entrevistados acreditam que a principal contribuição do projeto para as comunidades é mostrar como se organizar coletivamente, convergindo com o principal objetivo do projeto apontado por eles, conforme descrito no item anterior. Entretanto, afirmaram que ainda é uma atuação pequena, com poucos e pequenos avanços. A partilha de saberes também foi citada como contribuição.

Para os moradores do Jardim Paraná, as contribuições do projeto foram os relacionamentos e amizades criadas e mantidas e os aprendizados adquiridos, citando como exemplos uma horta que fez na própria casa e a redução no consumo de carne.

Já as contribuições para a comunidade do Jardim Itatiaia mencionadas foram: a transformação de um terreno, apoio com demandas emergenciais como compra de cesta básica e remédios para moradores, auxílio na organização de eventos na comunidade, a aproximação entre moradores que antes não se conheciam, e estão começando a se conhecer, e maior participação de moradores nas assembleias da Associação de Bairro.

[...] na última reunião que a gente fizemos aqui teve bastante gente que já veio também, e já ficou já bem, bem... gostaram né, do que a gente tava fazendo. Então já tá vindo umas pessoas que eu jamais pensei que ia vir né, participar, tão vindo participar, tão perguntando se tá andando, pergunta se tá precisando de alguma coisa, geralmente quando a gente vai fazer alguma coisa assim, algum evento para nossas crianças, que geralmente a gente faz mais com as crianças, aí a comunidade toda se une, tudo através desses empurrãozinhos, dessas reuniões, de abrir um pouco a mente da população, porque como eles estão sem fé né, sem acreditar, devido a várias e várias promessas, então aí a gente está mostrando pra eles que tá dando tudo certo. Aí então, tem bastante gente que tá acreditando. [...] (Participante 13, entrevista realizada em 23/05/23)

Esta fala de uma líder comunitária aponta indícios de que o objetivo de fomentar o poder popular está sendo construído junto à comunidade do Jardim Itatiaia. Como ensinou Martin-Baró (2006), devemos potencializar as virtudes populares e relembrar as comunidades de sua força coletiva.

### 3.6. Entendimentos sobre o “bem viver”

De modo geral, os participantes do MBV entrevistados compreendem que o “bem viver” trata de uma outra concepção de vida e de relação dos seres humanos entre si e com a Natureza, de forma mais respeitosa e que considere o contexto de cada local, valorizando a diversidade.

Deste modo, a centralidade do entendimento sobre o “bem viver” converge tanto com a atuação do MBV, ao focar nas questões ambientais e demonstrar preocupação com ações que considerem o contexto das comunidades, quanto com os estudos sobre os coletivos que indicam a predominância de pautas em torno das clivagens sociais e experimentação de novas formas de sociabilidade, ou seja, com centralidade no debate decolonial (Perez; Souza, 2017; Coimbra; Morais, 2020; Faria, 2020; Marques; Marx, 2020; Martins, 2020; Monaco, 2020; Thibes *et al.*, 2020; Valiengo; Oliveira, 2020).

### 3.7. Entendimentos sobre coletivos e movimentos sociais

Os entendimentos dos entrevistados em relação a movimentos sociais e coletivos convergiram com o que os estudos sobre coletivos têm demonstrado. Durante as entrevistas, foram citados que os movimentos sociais possuem estrutura mais hierarquizada e atuam em torno de causa específica e os coletivos possuem estruturas horizontais e atuação mais ampla, com projeto político (Maia, 2013; Marques; Marx, 2020). Além disso, os movimentos sociais foram associados aos movimentos de massas e os coletivos como organizações ligadas aos partidos políticos.

Portanto, a adesão ao termo coletivo demonstra relacionar-se com a novidade e repercussão do termo (Perez; Souza, 2017). Já o vínculo ou relação com partidos políticos relaciona-se com a teoria utilizada pelo grupo para orientar a atuação da organização. Por fim, as características atribuídas aos coletivos parecem relacionar-se ao fenômeno mais amplo do ativismo contemporâneo, situado entre as correntes anarquistas e a militância em organizações mais clássicas (Pleyers, 2018).

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo observou que a atuação do MBV, em conjunto com o Coletivo Subverta, se orienta pela intenção de construção via partido-movimento, como proposto por Boaventura de Souza Santos (2021), em que a atuação institucional e de base acontecem de modo complementar, simultâneo e gradativo.

Outros estudos sobre coletivos apontam para uma atuação centrada no debate decolonial. No caso deste estudo, observamos haver uma articulação entre as teorias marxistas e correntes anarquistas nos coletivos vinculados a partidos políticos ao buscar a construção de controles descentralizados, como orientado pelas correntes

anarquistas, por meio da estrutura horizontal. Deste modo, a utilização do termo coletivo parece estar associada a uma nova configuração de atuação política.

Apesar do discurso e ações serem direcionados, majoritariamente, às questões ambientais, os projetos de cozinha e horta comunitárias do MBV são utilizados como instrumentos para fomentar a auto-organização da população das comunidades parceiras.

O estudo apresenta limitações no que tange ao alcance de seus resultados, pois trata-se de um estudo de caso. Assim, recomendamos a realização de novos estudos sobre a atuação de coletivos inspirados no pensamento decolonial.

## REFERÊNCIAS

- Acosta, A. *O bem viver: uma oportunidade para imaginar outros mundos*. 2. ed. São Paulo: Elefante, 2017.
- Angileli, C. M. M. M. *Chão*. 2012. Tese (Doutorado em Paisagem e Ambiente) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- Ayres, L. Thematic coding and analysis. In: Given, L. M. *The SAGE Encyclopedia of Qualitative Research Methods*. Thousand Oaks: SAGE Publications Inc., 2008, p. 867-868.
- Bardin, L. *Análise de conteúdo*. Tradução: Luís Antero Reto, Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016.
- Cardoso, R. C. L. Aventuras de antropólogos em campo ou como escapar das armadilhas do método. In: *A aventura antropológica: teoria e pesquisa*. Ruth Correa Leite Cardoso (Org.) 4. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2004.
- Coimbra, K. E. R.; Morais, M. D. C. de. Coletivismo juvenil em Teresina: desenhando um panorama a partir das mídias sociais Instagram e Facebook. In: Gohn, M. da G.; Pentead, C. L. de C.; Marques, M. de S. (Org.) Os coletivos em cena: experiências práticas e campo de análise. *Simbiótica. Revista Eletrônica*, [S. l.], v. 7, n. 3, jul.-dez., p. 161-195, 2020.
- Faria, F. de. Epistemologia emancipatória de coletivos políticos. In: Gohn, M. da G.; Pentead, C. L. de C.; Marques, M. de S. (Org.) Os coletivos em cena: experiências práticas e campo de análise. *Simbiótica. Revista Eletrônica*, [S. l.], v. 7, n. 3, jul.-dez., p. 33-48, 2020.
- Fontanella, B. J.; Luchesi, B. M.; Saidel, M. G.; Ricas, J.; Turato, E. R.; Melo, D. G. Amostragem em pesquisas qualitativas: proposta de procedimentos para constatar saturação teórica. *Cad. Saúde Pública*, 27, 2, 389-394, 2011.
- Gil, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisas*. São Paulo: Atlas, 2002.
- Gohn, M. da G.; Pentead, C. L. de C.; Marques, M. de S. (Org.) Os coletivos em cena: experiências práticas e campo de análise. *Simbiótica. Revista Eletrônica*, [S. l.], v. 7, n. 3, jul.-dez., p.01-07, 2020.
- Gohn, M. G. Marcos referenciais teóricos que tem dado suporte às análises dos Movimentos Sociais e Ações Coletivas no Brasil - 1970-2018. *Revista Brasileira de Sociologia*, v. 06, n. 14, Set-Dez/2018.

- Graeber, D. *O anarquismo no século 21 e outros ensaios*. Tradução: Heitor Magalhães Corrêa. Coletivo Coisa Preta. [20--]. Disponível em: <https://coisapreta.noblogs.org/files/2017/01/anarquismo-no-seculo-21-David-Graeber.pdf>. Acesso em 11 jul. 2023.
- Gudynas, E. Buen vivir: germinando alternativas al desarrollo. *Revista América Latina en Movimiento (ALAI)*, n. 462: 1-20, Quito, Fevereiro, 2011.
- Instituto Caminho da Paz - Transforma ZN. Transformazn.com.br. Disponível em: <https://transformazn.com.br/ong/instituto-caminho-da-paz>. Acesso em: 11 jan. 2023.
- Maia, G. L. A juventude e os coletivos: como se articulam novas formas de expressão política. *Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM*, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 58-73, 2013.
- Marques, M.; Marx, V. Os coletivos em cena. Algumas contribuições para o debate. In: Gohn, M. da G.; Penteadó, C. L. de C.; Marques, M. de S. (Org.) Os coletivos em cena: experiências práticas e campo de análise. *Simbiótica. Revista Eletrônica*, [S. l.], v. 7, n. 3, jul.-dez., p. 08-32, 2020.
- Martins, M. G. dos S. Coletivos quebrando o silêncio: mulheres feministas e evangélicas na luta contra a violência de gênero e em favor à legalização do aborto. In: Gohn, M. da G.; Penteadó, C. L. de C.; Marques, M. de S. (Org.) Os coletivos em cena: experiências práticas e campo de análise. *Simbiótica. Revista Eletrônica*, [S. l.], v. 7, n. 3, jul.-dez., p. 08-32, 2020.
- Martín-Baró, I. Hacia una psicología de la liberación. *Revista electrónica de Intervención Psicosocial y Psicología Comunitaria*, v. 1, n. 2, p. 7-14, 2006.
- Monaco, H. M. Acolhimento como ativismo: ações de um coletivo bissexual na criação de espaços 'monodissidentes'. In: Gohn, M. da G.; Penteadó, C. L. de C.; Marques, M. de S. (Org.) Os coletivos em cena: experiências práticas e campo de análise. *Simbiótica. Revista Eletrônica*, [S. l.], v. 7, n. 3, jul.-dez., p. 228-251, 2020.
- Neto, O. C. O trabalho de campo como descoberta e criação. In: MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). *Pesquisa Social. Teoria, método e criatividade*. 21. ed. Petrópolis: Vozes, 2002.
- Perez, O.; Souza, B. M. Coletivos universitários e o discurso de afastamento da política parlamentar. *Educ. Pesqui.*, São Paulo, v. 46, e217820, 2020.
- Perez, O. C. Relações entre coletivos com as Jornadas de Junho. *Opinião Pública*, vol. 25, nº 3, 577-596, 2019.
- Perez, O. C.; Souza, B. M. Velhos, novos ou novíssimos movimentos sociais? As pautas e práticas dos coletivos. In: *41º Encontro anual da ANPOCS*. Caxambú-MG, Outubro de 2017.
- Pleyers, G. *Movimientos sociales en el siglo XXI: perspectivas y herramientas analíticas*. 1. ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CLACSO, 2018.
- Ricci, R. Identidades de esquerda. O que é ser de esquerda no século XXI? *REA*, no. 99, 5-12, 2009.
- Santos, B. DE S. Para além do pensamento abissal: das linhas globais a uma ecologia de saberes. *Novos Estudos Cebrap*, v.79, p.71-94, 2007.
- Santos, B. de S. *Quinze teses sobre o partido-movimento*. 2021. Disponível em: <https://outras-palavras.net/crise-civilizatoria/quinze-teses-sobre-o-partido-movimento/>

- Solano, E. Brasil: la caída del PT y el ascenso conservador. *Nueva Sociedad*|*Democracia y política en América Latina*, n. 266, 2016.
- Thibes, M. Z.; Pereira, N. B.; Segurado, R.; Chicarino, T. S. Movimentos sociais e coletivos no Brasil contemporâneo: horizontalidade, redes sociais e novas formas de representação política. *In: Gohn, M. da G.; Penteadó, C. L. de C.; Marques, M. de S. (Org.) Os coletivos em cena: experiências práticas e campo de análise. Simbiótica. Revista Eletrônica*, [S. l.], v. 7, n. 3, jul.-dez., p. 49-73, 2020.
- Valiengo, C. B.; Oliveira, M. J. de. Coletivos e o ciclo de protestos dos anos 2010: reflexões sobre horizontalidade e as tecnologias digitais da informação e comunicação. *In: Gohn, M. da G.; Penteadó, C. L. de C.; Marques, M. de S. (Org.) Os coletivos em cena: experiências práticas e campo de análise. Simbiótica. Revista Eletrônica*, [S. l.], v. 7, n. 3, jul.-dez., p. 74-97, 2020.



# Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), políticas públicas de educação ambiental e o currículo da cidade de São Paulo

*Patrícia de Oliveira Ramos  
Sueli Angelo Furlan*

## **Resumo**

Dentre os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU, está o ODS 4 (Educação de Qualidade para Todos), cuja meta 4.7 ratifica a importância da Educação Ambiental (EA). Partindo dessa premissa, e buscando uma ação inovadora, em 2018, o município de São Paulo inseriu os ODS no currículo do ensino fundamental. Considerando que os ODS têm sinergias com as políticas de Educação Ambiental (EA) no Brasil, o presente trabalho buscou analisar se essa iniciativa contribuiu para a implementação da Política de EA. Para tal, foi feita uma leitura do Currículo da Cidade, buscando entender de que maneira os ODS foram incluídos. Entrevistamos 19 educadores da rede municipal de São Paulo e observou-se que o Currículo da cidade é orientador e abrangente, garantindo a autonomia dos professores quanto à sua implementação, além da adaptação ao contexto em que cada escola da rede está inserida. As entrevistas mostraram que, apesar do conhecimento dos ODS ainda ser superficial na maioria dos casos, nota-se que os ODS já são uma realidade na vida do professor, seja pela presença no currículo ou pela obrigatoriedade de citá-los em seus planos de aulas. Entretanto ainda falta

engajamento e um senso geral de pertencimento sobre a agenda 2030 da ONU. Por outro lado, observa-se que a EA já ocorre e que os ODS no currículo podem fortalecê-las e organizá-las, tendo em vista que atualmente tais práticas estão geralmente atreladas a pessoas (professores particularmente engajados) e não a processos consolidados no ambiente escolar.

**Palavras-chave:** Objetivos do Desenvolvimento Sustentável; Currículo; Educação Ambiental; Políticas Públicas; Plano Nacional de Educação Ambiental; SDG 4.

Este trabalho é baseado na Dissertação de Mestrado defendida em 14 de outubro de 2022 por Patrícia de Oliveira Ramos, no Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (Procam) do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, intitulada “Objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), educação ambiental e o currículo da Cidade de São Paulo” (Ramos, 2022).

## 1. INTRODUÇÃO

Em setembro de 2015, por ocasião da Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, realizada na sede da ONU, em Nova York, 196 líderes mundiais aprovaram a agenda da Organização das Nações Unidas (ONU) para 2030. Composta por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (aqui denominados ODS). A Agenda visa unir o desenvolvimento global com objetivos socioambientais, passando pelo fortalecimento da paz universal e o combate à pobreza em todas as suas formas, incluindo os desafios da educação entre outros aspectos.

Os 17 objetivos se desdobram em 169 ambiciosas metas que deverão ser alvo dos países signatários (PNUD Brasil, 2018). Segundo o documento que formaliza os ODS, *Transformando Nosso Mundo, A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*, as metas são integradas, transformadoras, universais, e voltadas para as pessoas, considerando as diversas condições políticas, níveis de desenvolvimento e prioridades de cada país (ONU, 2015).

A Educação é um dos temas abordados pela Agenda 2030 e assume grande importância entre os demais objetivos. O assunto é abordado no Objetivo 4: *Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos*. A partir dele, entende-se que, para dar resposta aos desafios da crise ambiental global, há que se fazer uso dos processos educativos que potencializem as dinâmicas mobilizadoras e participativas necessárias à mudança (Schmidt; Guerra; Pinto, 2017). Dentre as metas estabelecidas para este objetivo, cabe referenciar a meta 4.7 que reflete, claramente, a orientação da ONU para a inclusão da temática da sustentabilidade na educação: “garantir que todos os alunos adquiram conhecimentos e habilidades necessárias para promover o desenvolvimento sustentável, inclusive, entre outros, por meio da educação para o desenvolvimento sustentável” (ONU, 2015).

Sob o ponto de vista da UNESCO, a “Educação Ambiental” (EA) e “Educação para a Sustentabilidade” (EDS). A definição de Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) são semelhantes nas definições constantes da Política Nacional de EA. Ambas indicam a importância do desenvolvimento de competências e habilidades chave para a atuação responsável em relação ao meio ambiente. Para Robotton (2012), a apresentação do conceito de EDS pela ONU visava trazer mais atenção ao tema, enquanto aumentava o seu alcance para uma abrangência mais crítica, o que também pode ser observado nas políticas brasileiras.

Entretanto, alguns autores acreditam que os dois conceitos não podem ser tratados como sinônimos. Para Grandisoli (2018), esses conceitos são complementares no sentido que influenciam um ao outro enquanto evoluem. Segundo o autor, o conceito de sustentabilidade por trás da EDS trata da crítica aos modelos de produção e consumo e instiga o questionamento em relação às diferenças perceptíveis em escalas geográficas, de justiça e gênero, entre outros aspectos, sempre sob a ótica do desenvolvimento econômico. Já a EA tem fundamentação distinta, assumindo que o termo meio ambiente é o centro das preocupações, tendo como pano de fundo uma formação crítica e emancipatória.

Para o contexto brasileiro, apesar dessa ausência de criticidade sobre as EDS, Gradi-soli argumenta que a EA vem evoluindo e se aproximando das temáticas pertinentes às EDS, mas sem perder seus alicerces e sem que haja necessidade de mudanças nas políticas públicas e práticas de EA. Assim, a agenda 2030 (cujos preceitos de educação são baseados nos conceitos de EDS) não conflitaria com as Políticas Públicas de EA no Brasil. Pelo contrário, as duas abordagens seriam complementares e sinérgicas.

Apesar das diferenças entre EDS e EA indicadas anteriormente, nota-se que a definição de EA na Política Nacional de EA do Brasil (Lei 9795/99, BRASIL, 1999) tem grande afinidade com a meta 4.7 supracitada e com os conceitos implícitos nos ODS como um todo. Segundo a política, entende-se por esse objeto “processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos e habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade” (Brasil, 1999).

Para Leicht *et al.* (2018), a Agenda 2030 lança um programa ambicioso para a educação mundial, no qual a Educação para o Desenvolvimento Sustentável pode ser vista como meio de se alcançar todos os ODS. Por outro lado, os ODS podem ser usados como referências para os conteúdos de EA nas escolas. Nesse sentido, em 2017, a prefeitura de São Paulo considerou os ODS uma oportunidade para inserir os temas de sustentabilidade no currículo escolar do Ensino Fundamental das escolas da rede municipal de maneira transversal. Conforme o texto curricular (São Paulo, 2019), essa

foi uma ação pioneira, pois foi o primeiro registro de uso dos ODS de maneira formal em um documento da política curricular de educação no Brasil. Além disso, o novo currículo estabeleceu uma relação direta entre os 17 objetivos da Agenda 2030 e os objetivos de aprendizagem e desenvolvimento do ensino fundamental. Mas como essa inserção dos ODS no currículo pode contribuir para as práticas de EA? Esta é a pergunta que esta pesquisa investigou.

### *Os ODS são uma oportunidade para a EA?*

Nos últimos anos alguns autores vêm apontando as dificuldades na implementação da EA nas escolas brasileiras. Loureiro (2003), que defende uma “EA Transformadora” menciona a influência de aspectos muito convencionais sobre esse campo de conhecimento no Brasil. Um diagnóstico participativo promovido pela ANPPEA (Articulação Nacional de Políticas Públicas de EA) apontou, em 2014, fragilidades na formação de profissionais que atuam diretamente com EA e carência de institucionalização do tema. Além disso, Loureiro (2003), Silva e Bernardes (2016) e Medina (2001), apontam fragilidades nas escolas brasileiras, apesar da grande abrangência do tema em instituições do ensino fundamental indicada por Veiga, Amorim e Blanco (2005), em que 91% ministravam de alguma maneira esse tipo de ensino em 2004.

O uso de ODS como referência poderia contribuir para o rompimento da herança de uma EA fragmentada e reducionista, sem caráter emancipatório, facilitando a aplicação da EA de maneira transversal e no desenvolvimento de competências, conforme pregam as Políticas federal estadual e municipal. De acordo com Kioupi and Voulvoulis (2019), construir uma visão comum sobre sustentabilidade direcionada pelos ODS pode ajudar educadores e estudantes a trabalhar juntos para desenvolver as práticas pedagógicas apropriadas e um currículo adequado. A agenda 2030 seria uma oportunidade para revisitar a educação ambiental como uma ferramenta sistemática para a transformação social.

### *A política de EA em São Paulo*

Considerando-se um recorte estadual e municipal, destacam-se as políticas estadual e municipal de São Paulo para a EA como os principais documentos que norteiam as ações ao redor do tema. Do mesmo modo que ocorreu na escala federal, no âmbito municipal e no estadual observa-se que as políticas públicas foram conduzidas pela parceria entre as Secretarias de Educação e do Meio Ambiente. Na esfera federal, isso ocorreu mais fortemente a partir de 1998, quando os Parâmetros Curriculares Nacionais indicaram o tema transversal Meio Ambiente para o Ensino Fundamental e Médio.

No estado de São Paulo, a Lei 12.780/2007 institui a Política Estadual de EA, que é bastante coerente com a Política Nacional, porém incluiu mais fortemente os aspectos sociais em suas diretrizes (São Paulo, 2007).

No município de São Paulo, a Política Municipal de EA (Lei 15.967/2014) também está alinhada com as Políticas Federal e Estadual, enfatizando a transdisciplinaridade e a interdisciplinaridade dentro das escolas para a implementação das ações sobre o tema. Além disso, também deve-se destacar na Política Municipal as orientações bastante ambiciosas quanto à formação dos profissionais de educação das escolas da rede municipal e da rede privada para serem capazes de atenderem aos princípios da política.

### *As políticas públicas para a EA no contexto do currículo do ensino fundamental no Brasil*

Os aspectos relativos à EA também se apresentam na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Ministério da Educação, 2017), que aponta a educação como agente de transformação voltado, entre outros aspectos, para a preservação da natureza. Apesar de não citar o termo *EA* explicitamente, a temática da preservação da natureza indica a preocupação ou, ao menos a intensão, de incluir o tema de sustentabilidade nos currículos escolares.

Nesse sentido, cabe destaque aqui à BNCC quanto ela cita seu alinhamento com a agenda 2030 da ONU (referente aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - ODS). Essa relação pode ser considerada como um ponto relevante para a análise pretendida no presente estudo, tendo em vista que, em nível federal, já se correlaciona os ODS (e seu peso em relação às questões de sustentabilidade/meio ambiente), com o currículo escolar.

Além dos ODS, o texto de introdução da BNCC também aponta as bases legais que embasam o documento e é interessante observar que a maioria dessas referências também cita, mesmo que indiretamente, a EA. São elas:

- A Lei de Diretrizes e Bases (LDB) - Lei 9.394/1996, que não é explícita em relação à EA, mas tem alguns pontos em seus princípios e objetivos alinhados com os princípios e objetivos da EA.
- O Plano Nacional Educação (PNE) - Lei 13.005/2014, que menciona no art. 2º, como uma de suas diretrizes, a “*promoção dos princípios do respeito aos direitos humanos, à diversidade e à sustentabilidade socioambiental*”, mas não menciona especificamente a EA (MEC, 2014, art 2º).

Outro documento legal importante no contexto da EA no Brasil, é o Parecer do Conselho Nacional de Educação (CNE/CP nº 14/2012) e a Resolução CNE/CP nº

2/2012, que dispõem sobre o estabelecimento das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental (DCNEA). Alinhado com a BNCC, o Parecer 14/12 indica a importância da valorização da pluralidade e das diferenças individuais, sociais étnicas e culturais no tratamento pedagógico da EA. O parecer (assim como a Resolução CNE/CP 02/12) indica, ainda, que a inserção da EA no Currículo pode ocorrer pela transversalidade, inserida no conteúdo de disciplina que esteja inserida no currículo ou pela combinação dos dois. Por fim, assim como a Política Nacional de EA, o parecer indica a necessidade da inserção dos temas relacionados à EA na formação dos profissionais de educação (CNE, 2012).

Importante mencionar que, do ponto de vista da integração curricular, de acordo com Lopes e Macedo (2011), os temas transversais no currículo são um meio de abordar a informação a ser ensinada correlacionando os diversos conteúdos distintos. Assim, temas que estejam alinhados com o cotidiano dos alunos são considerados no currículo “atravessando” todas as disciplinas. No Brasil, em 1996, o Meio Ambiente foi inserido como um dos temas transversais a partir dos Padrões Curriculares Nacionais (PCNs – Brasil, 1997).

O PCN para os primeiros anos do ensino fundamental, de 1997, e o PCN do ensino fundamental 2 (1997), apesar de documentos serem anteriores à Política Nacional de EA (de 1999), trazem o Meio Ambiente como um dos seus temas Transversais.

## 2. METODOLOGIA

Inicialmente foram levantados dados de campo junto a escolas do município de São Paulo. Ao todo, foram entrevistados 19 educadores, entre diretores, coordenadores pedagógicos e professores de 5 escolas da rede municipal de São Paulo. Os professores selecionados foram do componente Ciências da Natureza. Para a escolha das escolas, o Núcleo de EA da Secretaria Municipal de Educação foi consultado para que indicasse as que poderiam ser referência no tema de EA. Foi então apontada a Diretoria Regional de Educação (DRE) do Butantã, onde há um Grupo de Trabalho (GT) voltado para as questões de sustentabilidade. As entrevistas foram realizadas com base em um rol de perguntas abertas e fechadas. A escolha dos questionamentos considerou a busca pelas seguintes informações: o alcance dos ODS dentro das escolas paulistanas e a potencialidade dos ODS em relação às políticas públicas para EA. Ao todo organizamos 23 questões que podiam ser tratadas em ordem ou não, de acordo com o andamento da conversa entre entrevistado e pesquisador. As perguntas foram organizadas em 4 temas:

**Tema 1** – Currículo e/ou Projeto Político Pedagógico da escola;

**Tema 2** – ODS

**Tema 3** – Educação Ambiental

#### **Tema 4 – Relação dos ODS com da EA.**

As repostas obtidas nas entrevistas foram analisadas de maneira qualitativa baseada nos temas predeterminados e nas afinidades encontradas nas diversas entrevistas realizadas.

#### *Estudo do currículo da cidade*

Definir currículo é uma tarefa árdua, tendo em vista que há diversas teorias sobre o tema que dependem da concepção de aprendizagem. Conforme Pacheco (2017), “Currículo é um termo – e também um conceito – contestado”. Para fins de contextualização, são apresentadas algumas concepções e principalmente as ideias de Pacheco (2005) e Sacristan (2000), tendo em vista que esses autores são fundamentos teóricos no qual se baseia o *Currículo da Cidade*.

Inicialmente, deve-se ter em conta que o currículo reúne os conteúdos culturais, organizados de forma peculiar, para compilar os temas que serão aprendidos, de acordo com as condições administrativas a que está submetido (Sacristan, 2000).

Para Goodson (1995), diante da sua evolução do ponto de vista social, os objetos de estudo devem considerar o contexto social da escola, sendo o currículo sempre provisório e passível de reconstrução de acordo com as condições do meio em que são implementados. Sacristan (2000) indica que o currículo não pode ser indiferente ao contexto no qual foi desenvolvido. Muitas vezes seguem/registram as práticas mais comuns em sala de aula, como se o ensino/aprendizagem ocorresse antes dos próprios, o que ocasiona uma constante evolução entre o *currículo formal* e o *aquela da prática* (Goodson, 1995).

Lopes e Macedo (2011), assim como Goodson (1995), reconhecem a importância de desenvolver o tema em duas frentes complementares: a produção e a implementação, sendo que a segunda será fruto das interações constantes entre professores e estudantes. Indo mais além, Lopes e Macedo (2011) também destacam a ausência nos currículos formais da sua importante relação com o contexto social em que são aplicados. Por fim, os autores ressaltam a força que este objeto tem em atribuir sentidos e direcionar o pensamento e o comportamento das pessoas, sendo uma significativa demonstração de poder ao influenciar o educando.

Importante mencionar também a visão de Pacheco (2017), que o currículo é um processo administrativo. Segundo o autor, quando provido pelo estado, ele não é apenas um texto político, mas também uma ferramenta na busca de padronização e mensurabilidade, que pode vir a priorizar o resultado, em detrimento do processo. Na visão de Sacristan (2000), quando o currículo é desenvolvido no âmbito dos agentes que governam o sistema educativo, eles irão atender às demandas do gestor. Essa visão vai em direção oposta à teoria dos próprios autores de que o currículo deve ser plural e vivo, entretanto demonstra bastante pragmatismo e senso prático no que se refere ao

cumprimento de metas educacionais tão presentes nos dias de hoje. Pacheco (2017) ainda complementa que o processo de “gestão do currículo” aproxima o organizacional e o curricular e é similar em diversos países, porque tem como conceito base a centralização para o controle do estado sobre o conhecimento. De maneira complementar, Sacristan (2000) afirma que “O sistema educativo serve a certos interesses concretos e eles se refletem no currículo.” E que será por meio do currículo que serão realizadas as funções da escola como uma instituição.

A conceituação apresentada no *Currículo da Cidade* embasada nas ideias de Pacheco (2005) e Sacristan (2000) condiz com as definições indicadas acima, pois aponta para currículos plurais, orientadores e passíveis de revisão constante que dão significativa importância à atuação dos professores e alunos diante da formalização escrita.

### *Currículo da cidade*

Nessa sessão, será apresentada a leitura do Currículo do Ensino Fundamental do Município de São Paulo – *Currículo da Cidade* (SÃO PAULO, 2019) – *Ciências Naturais*, com foco na abordagem dada aos ODS.

Antes de avançar no tema, cabe ressaltar, entretanto que, conforme apresentado por Lopes e Macedo (2011), qualquer leitura de currículo é incompleta, pois ela não aponta as práticas que serão implementadas em sala de aula, tão pouco o contexto social de cada escola onde o currículo será efetivado. Além disso, o contexto escolar do município de São Paulo também não pode ser esquecido, pois, segundo Sacristan (2000), analisar currículos deve contemplar o estudo do contexto em que estão considerando as práticas educativas e os resultados.

A atualização do *Currículo da Cidade* (SÃO PAULO, 2019) contou com a contribuição de mais de 50 mil atores, entre estudantes e professores, ao longo do ano de 2017 para traçar o perfil do aluno que a rede de ensino pretende formar. A construção do currículo foi viabilizada por meio de seminários e consultas que envolveram diversos níveis da equipe da Secretaria de Educação do Município de São Paulo. O Currículo foi construído de modo que fosse possível considerar os diferentes contextos presentes na cidade de São Paulo, alinhado com as premissas de Lopes e Macedo (2011).

O *Currículo da Cidade* se apoia nos alicerces da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) – BRASIL, 2017, que contemplam o desenvolvimento de 10 competências gerais (desdobradas para a educação infantil, ensino fundamental e ensino médio), onde estende-se por competência a mobilização de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para resolver demandas complexas. A base teórica do currículo se fundamenta nas concepções de currículo de (Pacheco, 2005), como currículo orientador, plural, não linear, permanente e não acabado, que tem os professores como protagonistas, e é centrado nos estudantes.

Partindo desses preceitos, o *Currículo da Cidade* do Ensino Fundamental foi organizado em três ciclos de três anos cada um (Alfabetização, Interdisciplinar e Autoral) e apresenta uma Matriz de Saberes, os Eixos Estruturantes, os Objetos de Conhecimento e os Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento de cada Componente Curricular.

### *Inserção dos ODS no currículo da cidade*

Segundo o sítio eletrônico da secretaria de Educação do Município, a intenção por trás da incorporação dos ODS no *Currículo da Cidade* tem um aspecto inovador e emancipatório não só sob o ponto de vista o currículo formal, mas também no dia a dia das escolas e salas de aula (São Paulo, s/d).

Na carta de editorial do *Currículo da Cidade*, os ODS são citados na Matriz de Saberes que permeará todo o currículo. A matriz tem como uma de suas referências os ODS da Unesco, que, segundo o próprio texto, “buscam contribuir para uma sociedade mais inclusiva, democrática, próspera e sustentável para todos” (São Paulo, 2019, página de apresentação).

No desenvolver do capítulo introdutório há referências a temas que são inspiradores do *Currículo da Cidade*, onde inclui-se direitos humanos, meio ambiente, sustentabilidade, avanços tecnológicos, política, entre muitos outros. O alinhamento do conteúdo desses temas com o conceito ligado aos ODS é bastante forte, por isso, segundo o documento, para considerar essas temáticas numa ação “inovadora emancipatória”, foram usados os ODS.

Nos capítulos introdutórios, observa-se um grande peso dado aos ODS e a importância que eles podem adquirir além da sala de aula e do próprio currículo, indo até o Projeto Político Pedagógico da Escola. Entretanto, não são apresentados os meios como isso pode ser feito. Os únicos instrumentos oferecidos pelo currículo que poderia ser usado para tal é a Matriz de Correspondência entre as Competências-Chave da Educação para o Desenvolvimento Sustentável e os Quadros dos Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento. A impressão que se tem é que essa tabela foi montada após a conclusão do currículo, e que os princípios da Matriz de Saberes foram “encaixados” junto às competências estabelecidas pela ONU, sem uma correlação claramente explicada. Vejamos o exemplo da primeira competência: Competência de pensamento sistêmico, ligada aos princípios do Pensamento Científico, Crítico e Criativo; e Empatia e Colaboração. Não há uma justificativa de como essa relação foi pensada.

Já os Quadros dos Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento, apresentados na Parte 2 do *Currículo da Cidade* são organizados pelos 9 anos do ensino fundamental, divididos em Eixo, Objetos do Conhecimento, Objetivos de Aprendizagem e

Desenvolvimento, e ODS. São 9 quadros (1 para cada ano), que consideram os aspectos principais do currículo. Em cada quadro há uma correspondência entre os ODS e os objetivos de aprendizagem.

A leitura desses nove Quadros de Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento indica que há uma inconstância na associação dos ODS aos objetivos. Alguns objetivos podem se relacionar com mais de um ODS, mas por outro lado, muitos deles não são relacionados com nenhum dos ODS. Os ODS 1 (Erradicação da Pobreza), 4 (Educação de Qualidade), 8 (Emprego Digno e Crescimento Econômico), 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), e 17 (Parcerias em Prol das Metas) não são citados em nenhum ano. Já os ODS 15 (Vida na Terra) e 3 (Boa Saúde e Bem-Estar) são os únicos que aparecem associados aos objetivos de todos os anos. Observa-se, ainda, que o 2º ano é aquele associado a menos objetivos (apenas 5). Já o 4º, 6º, 7º e 8º se relacionam a 8 ODS.

Apesar da maioria das relações entre ODS e Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento ser clara e direta, como por exemplo o Objetivo do 5º ano, **(EF05C15) Investigar o papel das vacinas como forma de prevenção e erradicação de doenças**, relacionado com o ODS 3 (*Boa Saúde e Bem-Estar*), há algumas correlações que não são tão explícitas, como exemplo, a relação, no Objetivo do 1º ano **(EF01C07) Reconhecer o uso de materiais e recursos naturais em diferentes atividades do cotidiano, identificando essas diferenças**, com o ODS 15 (*Vida sobre a Terra*). Não há um texto tutorial que apoie os educadores no entendimento dessas relações para que possam se apropriar das mesmas.

O último capítulo de currículo de ciências naturais aponta uma introdução à investigação em sala de aula de ciências naturais. Também nesse capítulo, se fala apenas da alfabetização científica, da importância das ações práticas e experimentais na sala de aula, mas não há nenhuma menção de como os ODS se encaixariam nesse contexto de sala de aula.

Nesse sentido, na parte 2 do *Currículo da Cidade*, é feita uma menção à sua materialização que pode ser protagonizada por educadores e estudantes por meio de projetos autorais e ações de compartilhamento com outros atores da comunidade escolar, de acordo com os níveis de conhecimento já adquiridos. O texto não explica como isso poderia ser realizado, mas faz uma referência ao documento de *Orientações Didáticas do Currículo da Cidade* (São Paulo, 2019b) no qual poderiam ser consultadas formas mais detalhadas para a prática escolar.

O texto das *Orientações Didáticas do Currículo da Cidade* (São Paulo, 2019b) é bastante abrangente, trazendo alguns poucos exemplos de ações e práticas que poderiam ser implementadas em sala de aula, mas não há uma sistematização do conhecimento para que os professores se apropriem dos ODS com mais facilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, serão apresentados os resultados obtidos durante a realização das entrevistas com profissionais de ensino fundamental da rede do município de São Paulo.

As entrevistas buscaram registrar narrativas desses profissionais de educação, de modo que eles pudessem mostrar seu conhecimento sobre os ODS e as políticas públicas de EA. Além disso, também foram colhidos relatos sobre as ações de EA implementadas nas escolas e como a inclusão dos ODS no currículo da cidade de São Paulo têm influenciado o dia a dia da escola.

### 4. CURRÍCULO OU PPP DA ESCOLA

Todos os entrevistados mencionam que as escolas têm seu Projeto Político Pedagógico. Além disso, o PPP é complementado pelo Plano de Aulas que são elaborados pelos professores. Todos os PPPs e Planos de Aula são elaborados com base no *Currículo da Cidade* e adaptados ao contexto escolas. Alguns entrevistados destacaram que o caráter amplo e generalista do currículo da cidade permite que cada escola e cada professor atue segundo seus conhecimentos e práticas, reforçando sua autonomia.

### 5. OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)

Com exceção de um entrevistado, todos conhecem os ODS, mas não sabem detalhes sobre o tema. De maneira geral, eles sabem que são 17 objetivos, ligados a ONU. Não sabem mencionar todos os temas abordados e tampouco sabem detalhar o desdobramento dos ODS ou suas metas.

Todos os entrevistados reconhecem que a inserção dos ODS no currículo é relevante e pode trazer benefícios para o contexto da educação na rede do município de São Paulo.

Três motivos principais são indicados para isso: (i) Permite que os professores ampliem o seu repertório e tenham contato com novos assuntos que podem ser abordados em sala de aula em toda a rede. Como são bastante abrangentes, cada professor pode abordar os temas do seu jeito; (ii) “põe na mesa” conceitos e temas relacionados à questão da sustentabilidade o que permite ampliar o diálogo sobre o assunto com todos os professores, incluindo aqueles que não tinham interesse ou conhecimento prévio sobre o assunto e (iii) garante respaldo para os professores que já vinham realizando práticas relacionadas às questões de sustentabilidade e EA nas escolas, mas que se sentiam “solitários na luta” ou que não tinham apoio de coordenação, diretoria ou mesmo de outros colegas.

Sobre as formações fornecidas pela prefeitura, os professores mencionaram contatos superficiais com o tema e alguns até reclamaram da falta de mais formações específicas.

A maioria teve conhecimento sobre os ODS em reuniões internas de cada escola de formação de professores ou em cursos optativos que foram escolhidos pelo próprio professor. Pela fala dos professores, entretanto, essas formações não foram suficientes para uma apropriação do tema e se sintam mais seguros para tratá-lo em sala de aula. Tampouco houve a realização da ideia inicial da prefeitura de que os professores que participassem do curso seriam multiplicadores do tema em suas escolas.

Os entrevistados não veem mudanças significativas na rotina da escola desde a inserção dos ODS no currículo. Alguns entrevistados ressaltaram que não houve mudanças porque a escola já trabalhava temas relacionados às questões de sustentabilidade e EA e que a inserção dos ODS no Currículo da Cidade serviu para respaldo dessas ações e para “organizar o debate” em torno delas.

## 6. EDUCAÇÃO AMBIENTAL

O entendimento dos entrevistados sobre EA é bastante diverso. Cada professor tem sua interpretação do tema: Dentre as visões apresentadas, quatro entrevistados relacionam a EA com o ensino de conceitos que apontem para os estudantes que o ser humano não está separado do meio ambiente. Outros entrevistados, consideram que a EA tem foco no ensino de que os estudantes reflitam sobre os impactos do que se faz e que tenham atitudes e ações que tornem o meio ambiente melhor e para que as ações do homem sejam menos predatórias possível. A maioria dos entrevistados não conhecem ou conhecem muito pouco das políticas de EA federal, estadual e municipal. Sobre as referências para desenvolvimento da EA na escola, de maneira geral, os entrevistados usam fontes variadas como referências para a temática ambiental, contemplando sites, livros, livros didáticos e até a contribuições de especialistas ou outros professores de fora da escola. Três entrevistados citaram que o *Currículo da Cidade* pode ser usado como uma referência para o desenvolvimento da EA na sala de aula e as formações da prefeitura também aparecem como referência em duas respostas.

Entre as práticas na escola, ligadas à EA, a mais popular é a horta escolar (essa prática foi citada em todas as escolas representadas nessa pesquisa). A alimentação além da horta também tem destaque com ações como aulas de culinária e outras ações na cozinha das escolas. Saídas para parques e praças próximos à escola, envolvendo mobilizações como plantio ou desenvolvimento de hortas nesses locais também foram mencionadas. Além dessas ações sistemáticas dentro da escola, muitas outras ações pontuais foram indicadas, como festas temáticas, idas a feira, minhocários, plantios dentro da escola, compostagem e catalogação de espécies da escola. Essas práticas são, em sua maioria, desenvolvidas no contraturno da escola, para aqueles alunos com horário estendido que participam de “projetos”. Entretanto, não foi possível perceber que essas ações ocorram de maneira sistêmica (ou seja, com frequência e dentro do

planejamento da rotina escolar e alcançando todos os alunos). Portanto, aparentemente, a EA segue sendo tratada como um tema adicional na escola. Além disso, a diversidade das práticas identificadas nas escolas, aponta para a adaptabilidade do Currículo da Cidade para o contexto de cada instituição.

As duas principais dificuldades apontadas pelos entrevistados para a abordagem da EA na escola são: (i) falta de recursos - os repasses da prefeitura para as escolas são baixos e falta verba para trabalhos de campo ou para materiais especiais que muitas vezes os professores adquirem com recursos próprios; (ii) a segunda justificativa é que os professores engajados nos temas e ações ligadas à EA não vem o suporte e engajamento dos outros professores (seus colegas) da escola, seja por falta de interesses desses outros professores ou por falta de conhecimento do tema. O trabalho acaba adquirindo um caráter quase que pessoal, estando vulnerável caso o professor “líder” se ausente da escola.

## 7. EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ODS

De maneira geral, os entrevistados reconhecem uma relação significativa entre os ODS e a EA. Palavras como sistematização, concretização e referência são usadas para descrever essa relação. Nesse sentido, três professores reconhecem que os ODS apoiam as discussões de EA na escola. Dois professores mencionaram que os ODS podem ser instrumentos para a concretização da EA. Importante notar que a descrição da relação sempre menciona que a EA já é algo consolidado e os ODS complementam o trabalho que já está sendo realizado. Um ponto de destaque é que o ponto de vista de um professor que entende que os ODS acabam sendo redundantes em relação à EA. Segundo ele, na verdade, a agenda da ONU trataria dos mesmos assuntos com uma nova roupagem, apenas para seguir a moda.

As opiniões sobre a inclusão do ODS no Currículo da Cidade indicam que a maioria dos professores acham que a ação pode contribuir para a implementação da Política de EA. Desse grupo, alguns professores indicam que essa contribuição ocorre porque os ODS têm caráter norteador, integrador e até convidativo para que os temas relacionados à EA sejam tratados pelos professores que ainda não se engajam com o tema e até em grupos de trabalho dentro da escola.

Por fim, a opinião dos entrevistados sobre a potencialidade dos ODS nos currículos para sanar as controvérsias relacionadas à EA, indicadas pelos professores, a maioria indicou que os ODS podem ajudar a resolver alguns dos entraves encontrados atualmente, mas provavelmente não irá resolver as questões como falta de engajamento dos professores.

### *Análise da inserção dos ODS no currículo*

A leitura do *Currículo da Cidade* mostrou que o documento tem afinidades com os ODS não apenas quando os menciona de maneira explícita, mas também porque seus

temas inspiradores estão muito alinhados com os conceitos que também embasam os ODS (direitos humanos, meio ambiente, sustentabilidade, avanços tecnológicos, política, entre outros).

Esse alinhamento traria para a dinâmica de sala de aula, segundo os entrevistados, os conceitos que norteiam também a Educação Ambiental.

Em um contexto em que a maioria dos professores desconhece as Políticas de Educação Ambiental vigentes, essa pode ser uma porta se abrindo para a trazer luz ao tema.

Durante as entrevistas, identificou-se que os professores (que são os construtores do currículo na prática) percebem que a inclusão dos ODS no currículo viabilizaria a sistematização e concretização para a Educação Ambiental que já é realizada na escola, mas não tem nenhum embasamento sistêmico.

Entretanto, do ponto de vista prático, as citações dos ODS no documento se apresentam de maneira generalista, sem que haja aprofundamento das suas relações feitas entre os Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento.

Mesmo no documento de *Orientações Didáticas* que apoia a implementação do *Currículo da Cidade*, as indicações de como o tema deverá ser abordado são muito genéricas. A publicação mais recente com as *Diretrizes para Aprendizagem dos ODS no Currículo da Cidade* (2020), traz um material um pouco mais prático, mas esse documento ainda é muito recente e não foi possível analisar sua penetração (sua publicação foi posterior à realização das entrevistas).

O caráter generalista do currículo é visto como um ponto positivo pelos entrevistados, tendo em vista que ele garante a autonomia dos professores e escolas, de acordo com o conhecimento prévio dos alunos (Goodson, 1995). Deve-se lembrar que a cidade de São Paulo é a maior cidade da América Latina, com 11,4 milhões de habitantes (IBGE, 2022) espalhados em territórios educativos diversos, com influências de todas as partes do país e com muitas influências de imigrantes estrangeiros.

Entretanto, quando se trata de um tema novo como os ODS, os educadores necessitam de embasamento para um melhor entendimento e apropriação. Cursos e formações específicos sobre os ODS e o *Currículo da Cidade* poderiam ser uma referência para orientar os professores, permitindo a aplicação dos ODS na prática escolar e no Projeto Político Pedagógico de cada escola. Entretanto, segundo os entrevistados, os esforços das escolas, da DRE e da prefeitura, até o momento só deram aos professores um conhecimento inicial sobre os ODS. Essas ações ainda não foram suficientes para alcançar todos os professores de maneira que eles se apropriassem do tema.

Pelos resultados das entrevistas realizadas, o que se observa sobre a prática das escolas é que hoje e já há alguns anos, as escolas do município de São Paulo já vêm realizando ações ligadas à EA.

Essas ações e muitas outras já realizadas pela escola já representam a inserção dos ODS no dia a dia da comunidade escolar, mesmo que isso ainda não tenha sido totalmente formalizado ou que esteja atrelado a alguns professores em especial. O papel importante que a inserção dos ODS no currículo parece estar cumprindo nesse momento é trazer essas ações para luz para serem discutidas e vistas por todos os educadores. Ela está estimulando a comunidade escolar para que ela perceba e organize o que já vem fazendo em termos de EA.

Quando estiverem plenamente difundidos e compreendidos pela comunidade escolar, os ODS no currículo, segundo o entendimento dos entrevistados, podem ser um elemento sistematizador que poderá facilitar e instigar novos atores (outros professores, coordenadores e diretores além daqueles já engajados) a se envolver mais com os assuntos ligados à EA. Para Sacristan (2000), o currículo terá sua força baseada na ação do professor e é por isso que as formações de professores devem alcançar a todos.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho descreve a evolução da pesquisa e as análises relacionadas à iniciativa inovadora do município de São Paulo que inseriu no currículo do Ensino Fundamental, em 2018, os ODS como referências atreladas aos *Objetivos de Aprendizagem e Desenvolvimento* de cada um dos 9 anos desse ciclo escolar. O chamado *Currículo da Cidade*, apresentou os objetivos da agenda 2030 da ONU de maneira aberta e orientadora, permitindo que a comunidade escolar de cada instituição de ensino desenvolvesse suas próprias práticas para inseri-los no dia a dia da sala de aula.

Considerando a similaridade entre as premissas da agenda 2030 da ONU e das Políticas Públicas de EA no Brasil e em São Paulo, e as falas dos educadores entrevistados, foi possível reconhecer, preliminarmente, que a inclusão dos ODS no Currículo do Ensino Fundamental de São Paulo pode ser uma contribuição para perceber e incorporar novos caminhos para os instrumentos de Políticas Públicas de EA. Isso porque, segundo os entrevistados e Loureiro (2003), Silva e Bernardes (2016) e Medina (2001), as práticas de Educação Ambiental já são realizadas nas escolas, mas ainda têm fragilidades porque não estão sistematizadas e, muitas vezes estão ligadas a alguns professores em especial.

Nesse contexto, fica clara a importância dos atores envolvidos no processo de aplicação dessa nova diretriz. Conforme Sacristán (2000) afirma, os professores são importantes para a consolidação do currículo na prática e precisam se apropriar do tema dos ODS para que possam multiplicá-los e, conseqüentemente, agir na direção da Educação Ambiental. Para tal, formações mais abrangentes e completas são necessárias de modo que possam alcançar toda a rede de professores. Assim, os ODS podem

funcionar como elemento organizador da Educação Ambiental nas escolas do município, permitindo que mais professores se engajem no tema, sejam autores de novas práticas e que as práticas atuais ganhem luz e reconhecimento.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN): meio ambiente, saúde*. Brasília, 1997.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e dá outras providências.
- BRASIL. Ministério de Educação e Cultura Brasil. Plano Nacional Educação (PNE) – Lei nº 13.005/2014.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2017.
- BRASIL. Lei nº 9394/96 de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Presidência da República.
- CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. Res. nº 2, DE 15/06/2012, estabelece as diretrizes curriculares nacionais para a EA. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/rcp002\\_12.pdf](http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/rcp002_12.pdf). Acesso em: 1º dez. 2019.
- CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. Parecer Homologado (CNE) CNE/CP nº 14/2012. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/maio-2012-pdf/10955-pcp014-12/file>. Disponível em: 18 jul. 2022.
- GOODSON, I. F. *Currículo: teoria e história*. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 1995.
- GRANDISOLI, E. A. C. Projeto Educação para a Sustentabilidade: transformando espaços e pessoas. Uma experiência de sete anos no ensino médio. Universidade de São Paulo, 2018.
- KIOUPI, V.; VOULVOULIS, N. Education for sustainable development: a systemic framework for connecting the SDGs to educational outcomes. *Sustainability*, n.11, p. 2019.
- LEICHT, A. *et al.* “From Agenda 21 to Target 4.7: the development of Education for Sustainable Development”. In: LEICHT, A.; HEISS J.; BYUN, W. J. *Issues and trends in education for sustainable development*. UNESCO Publishing, 2018.
- LOPES, A. C.; MACEDO, E. Contribuições de Stephen Ball para o estudo de políticas de currículo. *Políticas educacionais: questões e dilemas*. São Paulo: Cortez, 2011, p. 248-282.
- LOUREIRO, C. F. B. “Premissas teóricas para uma EA transformadora”. *Ambiente e Educação*, Rio Grande, 8: 37-54, 2003.
- ONU. *Transformando nosso mundo: A Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável*, 2015.
- MEDINA, N. M. “A formação dos professores em Educação Fundamental”. In: MEC/Secretaria de Educação Fundamental. *Panorama da EA no Ensino Fundamental*. Brasília, 2001.
- PACHECO, J. A. *Escritos curriculares*. São Paulo:Cortez, 2005.
- PACHECO, J. A. “Currículo e gestão: Perspectivas de integração em tempos de accountability”. *Revista de Estudos Curriculares*, nº 8, vol. 1, 2017. Instituto de Educação da Universidade do Minho, Centro de Investigação em Educação, Portugal, 2017.

- PNUD BRASIL. *Os objetivos de desenvolvimento sustentável dos ODM aos ODS*. s/l, 2018. Disponível em: <http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/post-2015.html>. Acesso em: 07 dez. 2019.
- ROBOTTOM, Ian 2012, Changing discourses in EE/ESD: a role for professional self-development. *In: International handbook of research on environmental education*, Routledge, New York, N.Y., pp.156-162.
- SACRISTÁN, J. G., *O currículo: uma reflexão sobre a prática*. Trad. Ernani F. da F. Rosa, 2000. SÃO PAULO (Estado). *Lei nº 12.780, de 30/11/2007*. Institui a política estadual de EA. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/norma/74690>. Acesso em: 08 dez. 2019.
- SÃO PAULO (município). *Lei nº 15.967, de 24/01/2014*. Dispõe sobre a política municipal de EA de São Paulo e dá outras providências. Disponível em <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=264956>. Acesso em: 14 dez. 2019.
- SÃO PAULO (município). Secretaria Municipal de Educação. Coordenadoria Pedagógica. *Currículo da cidade: Ensino fundamental: componente curricular: ciências da natureza*. 2.ed. São Paulo: SME/COPED, 2019a.
- SÃO PAULO (SP). Secretaria Municipal de Educação. Coordenadoria Pedagógica. Diretrizes de aprendizagem dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) no currículo da cidade de São Paulo. São Paulo: SME/COPED, 2020.
- SÃO PAULO (município). Secretaria Municipal de Educação. Coordenadoria Pedagógica. *Orientações didáticas do currículo da cidade: ciências naturais*. 2.ed. São Paulo: SME/COPED, 2019b.
- SCHMIDT, L.; GUERRA, J.; PINTO, J. R. “EA no contexto da CPLP: um desafio urgente”. *Ambientalmente sustentável*, 23-24, 11-23, 2017.
- SILVA, S. G. S.; BERNARDES, L. G. “Uma visão sobre a EA em escolas públicas e particulares da cidade de Manaus”. *Revista Brasileira de EA*, São Paulo, v. 11, n. 4, pp. 90-99, 2016.
- VEIGA, A.; AMORIM, E.; BLANCO, M. “Um retrato da presença da educação ambiental no ensino fundamental brasileiro: o percurso de um processo acelerado de expansão”. *In: MEC. Série Documental Textos para Discussão*, Brasília, 2005.



VI – RESÍDUOS, POLUIÇÃO  
E GOVERNANÇA AMBIENTAL  
INTEGRADA



# Gestão de resíduos sólidos urbanos: visão a partir do Sul Global

*Gustavo Setsuo Hidaka  
Sylmara L. F. Gonçalves Dias*

## **Resumo**

Este capítulo é resultado de uma pesquisa de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (Procam) e tem por objetivo discutir os desafios da gestão de resíduos sólidos urbanos contextualizada à realidade dos países do Sul Global, destacando-se as particularidades socioeconômicas e políticas desses países. Para isso, faz-se uso do subsídio teórico dos conceitos de “espaço dividido”, de Milton Santos, e de “pensamento abissal”, de Boaventura de Sousa Santos. O capítulo parte de uma contextualização ampla sobre a necessidade da gestão de resíduos sólidos urbanos no contexto do Sul Global, alicerçada por três fatores-chave, a saber, a aceleração global do crescimento urbano, a reprodução do consumo para o Sul Global e os impactos negativos ao ambiente e à saúde humana causados pela sua má gestão. Em seguida, são discutidos os conceitos de gestão de resíduos sólidos contextualizados com a realidade material e os desafios enfrentados pelos países do Sul. Por fim, é feita uma discussão sobre o papel atual da gestão de resíduos dado o quadro amplo de geração de resíduos, destinação e reciclagem, levando em conta suas limitações e potencialidades.

**Palavras-chave:** Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos; Sul Global; Reciclagem.

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos é uma problemática universal que afeta todas as cidades, empresas e da sociedade como um todo (Hoornweg; Bhada-Tata, 2012) e sua má gestão pode contribuir para o aumento das externalidades, afetando tanto a saúde do ambiente como das pessoas. Apesar de o resíduo ser uma pauta de preocupação global, há diferenças em como esta questão atinge os países ao redor do globo. No Brasil, apesar de o serviço de gestão de resíduos ser responsabilidade dos municípios, as dinâmicas que envolvem os atores deste campo extrapolam os limites do território municipal e, em muitos casos, do território regional, nacional, chegando a alcançar os níveis transfronteiriço e internacional.

Este capítulo, portanto, tem por objetivo discutir desafios da gestão de resíduos sólidos urbanos no contexto sociopolítico do Sul Global, reconhecendo dinâmicas heterogêneas, especificidades locais bastante distintas, ainda que coexistam algumas similaridades com o Norte. O Sul Global é definido por Sousa Santos (2007, p. 79) como “os países das regiões periféricas e semiperiféricas do sistema-mundo moderno”. A divisão Norte-Sul Global, portanto, enfatiza hierarquias epistemológicas, políticas e econômicas e não se relaciona à divisão geográfica. Nesse sentido, a interpretação da problemática dos resíduos urbanos com foco no Sul Global buscou subsídios nos conceitos “espaço dividido,” de Milton Santos (2013), e “pensamento abissal”, de Boaventura de Sousa Santos (2007). Assim, para responder ao objetivo proposto, este capítulo está dividido em três partes: a primeira busca formar uma justificativa da necessidade emergente da gestão de resíduos sólidos urbanos, a segunda introduz a gestão de resíduos sólidos urbanos e a terceira aprofunda a relação entre a gestão de resíduos, a destinação e a reciclagem.

## 2. GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: SERVIÇO PÚBLICO ESSENCIAL E ALTAMENTE COMPLEXO

Para ampliar o entendimento sobre a gestão dos resíduos sólidos urbanos, partiu-se da seguinte questão: por que a gestão de resíduos sólidos urbanos é necessária? Dada a complexidade das áreas urbanas, a resposta leva em conta uma série de fatores. A seguir damos destaque a três deles.

Um primeiro fator-chave concerne à aceleração global do crescimento urbano, exacerbado desde a segunda metade do século XX. Esse aumento, atualmente, é mais pronunciado nos países do Sul Global. Por exemplo, a taxa estimada de crescimento urbano nos países mais desenvolvidos entre 2018 e 2030 é de cerca de 6%, enquanto nos países menos desenvolvidos é de 27,5% (ONU, 2019). O crescimento vertiginoso e não planejado atrai novas pessoas e é comum que parte considerável da nova população urbana não encontre empregos formais e permanentes. A falta de empregos é

ainda sobreposta pela modernização das cidades: o investimento constante em tecnologias restringe a demanda por mão de obra. M. Santos (2013) afirma que as cidades são consideradas locais privilegiados para o impacto das modernizações tecnológicas. Estas modernizações não se instalam cegamente, mas nos pontos do espaço que oferecem rentabilidade máxima. O autor ainda acrescenta que a incapacidade das cidades na oferta de trabalho a todos leva a parcela dos cidadãos urbanos ser considerada “excessiva”.

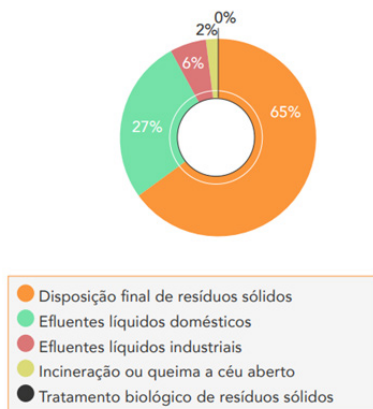
Neste contexto, entende-se a crise urbana como um epifenômeno de uma crise global (Santos, 2013; Davis, 2006). Isto se reflete em uma divisão socialmente construída que atua tanto em âmbito global quanto local. Sousa Santos (2007) afirma que linhas cartográficas “abissais” que dividiam o Velho e o Novo Mundo na era colonial subsistem estruturalmente no pensamento moderno ocidental. Essa “linha divisória” pode ser observada nos ambientes urbanos, em que “a opressão e a dominação, no sentido de perpetuar as desigualdades, criaram esses espaços excluídos, em que tudo parece sob risco, transitório e descomprometido” (Gutberlet, 2008 p. 30). Para Sousa Santos (2007) esta visão permanece nas relações políticas e culturais excludentes mantidas no sistema mundial contemporâneo, sendo refletidas em espaços divididos (Santos, 2013), territórios desiguais de uma mesma cidade.

O processo de urbanização, mediante a transferência do Norte para o Sul Global, condiciona os indivíduos a mudanças comportamentais. A reprodução do consumo para o Sul Global é o segundo fator-chave para se discutir a questão da gestão de resíduos sólidos urbanos nos países emergentes e periféricos. Os meios de comunicação relacionam o consumo ao progresso e desenvolvimento e, ao fazê-lo, reproduzem o modo de vida dos países do Norte (Gutberlet, 2008; Bauman, 2008). Dada a desigualdade prevalente nas cidades, parcela considerável da população urbana não tem acesso a este tipo de estilo de vida.

Nesta perspectiva, M. Santos (2013) divide a sociedade urbana entre aqueles que têm acesso às mercadorias e serviços numa base permanente e aqueles que, embora tenham as mesmas necessidades, não estão em situação de satisfazê-las, devido ao acesso esporádico ou insuficiente ao dinheiro. A transição para o estilo de vida consumista em conjunção com a expansão urbana tem levado ao uso intensivo em recursos, que desencadeia uma mudança ambiental global e ainda traz ameaças à segurança humana (Gutberlet, 2008).

O descarte intensivo de resíduos oriundo da cultura consumista desencadeia uma mudança socioambiental que gera impactos à segurança humana em âmbito global e local. O terceiro fator-chave é referente aos impactos negativos ao ambiente e à saúde humana associados à geração crescente dos resíduos e à falta da provisão de serviços adequados principalmente nos países do Sul Global. Como exemplo, no Brasil, o setor

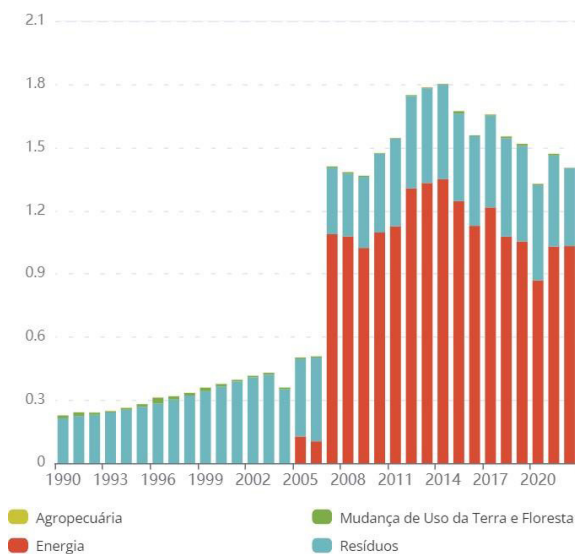
de resíduos, conforme o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), foi responsável pela emissão de 91,3 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> no Brasil (Observatório do Clima, 2023). A distribuição de emissões do setor de resíduos está mostrada no Gráfico 1.



**Gráfico 1** – Distribuição de emissões de GEE no setor de resíduos sólidos

Fonte: Plataforma SEEG, Observatório do Clima (2023).

Na Índia, as emissões através de aterros sanitários têm sido a terceira maior fonte de emissão de gases do efeito estufa no país (Gutberlet, 2008). No município de São Paulo, os resíduos estão entre as duas principais atividades emissoras de gases do efeito estufa (GEE), representando cerca de 26% do total de emissões no ano de 2020 (Observatório do Clima, 2023), conforme o Gráfico 2.



**Gráfico 2** – Atividades emissoras de GEE no município de São Paulo (SP)

Fonte: Observatório do Clima (2023), Plataforma SEEG.

Outro impacto global que atualmente é fonte de diversos debates é a poluição por plástico. Jambeck *et al.* (2015), em pesquisa com 192 países costeiros, estimam que de 4,8 a 12,7 milhões de toneladas de plástico geradas por estes países tenham sido dispostas no oceano no ano de 2010. No que tange ao mercado interno brasileiro, Alencar *et al.* (2023) estimaram uma entrada anual de 10,33 milhões de toneladas métricas (Mt) de plástico. Em todo o mundo, pelo menos 2.249 organismos marinhos diferentes interagem com o lixo plástico de alguma forma (Fundação Heinrich Böll, 2020). Os impactos do plástico nesses animais são diversos: emaranhamento, contaminação por substâncias tóxicas que podem se acumular nos plásticos, os diversos impactos à fauna e ao ambiente marinho relacionados aos microplásticos, entre outros (Fundação Heinrich Böll, 2020).

Além disso, chama atenção as consequências da acumulação de resíduos por falta de provisão dos serviços públicos (atração de vetores, entupimento de bueiros e enchentes, entre outros) especialmente nas zonas periféricas das cidades, e os problemas ambientais e de saúde associados à proximidade a empreendimentos para tratamento ou disposição de resíduos sólidos. Neste último caso, destaca-se riscos aumentados para doenças como câncer e anomalias congênitas em populações que residem próximas a aterros (Giusti, 2009; Gouveia, 2012) e a emissão de toxinas como dioxinas, furanos e metais pesados em incineradores de resíduos (Gutberlet, 2008). Aliás, a incineração dos resíduos, uma tecnologia comum nos países desenvolvidos, gradualmente vem retomando espaço nos países do Sul Global.

Neste contexto se insere a máxima “não no meu quintal” (“*not in my backyard*”). O termo diz respeito à oposição da comunidade local devido ao medo de possíveis efeitos adversos à saúde, a associação dessas instalações com odores, ruídos, visuais intrusão e redução do valor da terra e da propriedade (Giusti, 2009). Esta resistência somada ao preço da terra, que é muito mais valorizada nos centros urbanos (Campos; Mercedes, 2014), afastam este tipo de empreendimentos dos centros econômicos. A distribuição espacial dos impactos locais é demarcada pelas “linhas abissais” (Santos, 2007), nas quais a falta de acesso aos serviços e a instalação de empreendimentos poluentes é concentrada em áreas menos valorizadas economicamente, na periferia das cidades (Gutberlet, 2008). As ameaças à saúde humana da população local devido à proximidade a aterros, lixões e incineradores têm sido relatadas como riscos aumentados para diversos tipos de câncer, anomalias congênitas, baixo peso ao nascer, complicações na gravidez em populações localizadas próximas a esses locais (Giusti, 2009; Gouveia, 2012).

### 3. MODELOS, CONCEITOS, PADRÕES DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: DESAFIOS AMPLIADOS NO SUL GLOBAL

A origem da gestão de resíduos sólidos urbanos enquanto serviço público está associada à saúde pública, “[...] na necessidade de limpeza e higiene, mudança de hábito

enunciada pelos médicos sanitaristas no contexto de conformação das primeiras cidades” (Wirth; Oliveira, 2016 p. 218). O enfoque dado ao resíduo sólido era essencialmente de afastar o mesmo do território considerado urbanizado. As primeiras definições de gestão de resíduos sólidos, seguindo esta perspectiva, são conhecidas na literatura como visões “padrão” ou “tradicionais”. Essa abordagem define gestão de resíduos sólidos como o “controle de atividades relacionadas a resíduos com o objetivo de proteger o meio ambiente, a saúde humana e a conservação de recursos” (Price; Joseph, 2000, p. 90 *apud* Gutberlet, 2008).

Ao passo que a vida nas cidades se torna gradualmente mais complexa, o escopo público para a gestão de resíduos fica mais heterogêneo. Essa mudança, marcante nas décadas de 1970 e 1980, marca um enfoque dado aos resíduos sólidos municipais: no lugar de enxergá-los como “lixo”, algo a “varrer” das cidades para evitar doenças, passou-se a enxergá-los também como “recursos”, com valor agregado que podem ser reintegrados à cadeia produtiva. Deixa de haver, portanto, um fluxo único de resíduos (dos domicílios para fora da cidade), para diversos fluxos com destinações diferentes de acordo com os diversos tipos de resíduos sólidos municipais coletados. É neste contexto que se tem origem o conceito de gestão integrada de resíduos sólidos (GIRS).

Em síntese, a gestão integrada de resíduos sólidos (GIRS) pode ser definida como “a seleção e aplicação de técnicas, tecnologias e programas para o gerenciamento de resíduos com objetivos e metas” (Tchobanoglous; Kreith, 2002 p. 1.8). A Figura 1 apresenta um modelo de gestão integrada de resíduos, em sua complexidade de processos e atores, proposto por Chen, Geng e Fujita (2010).

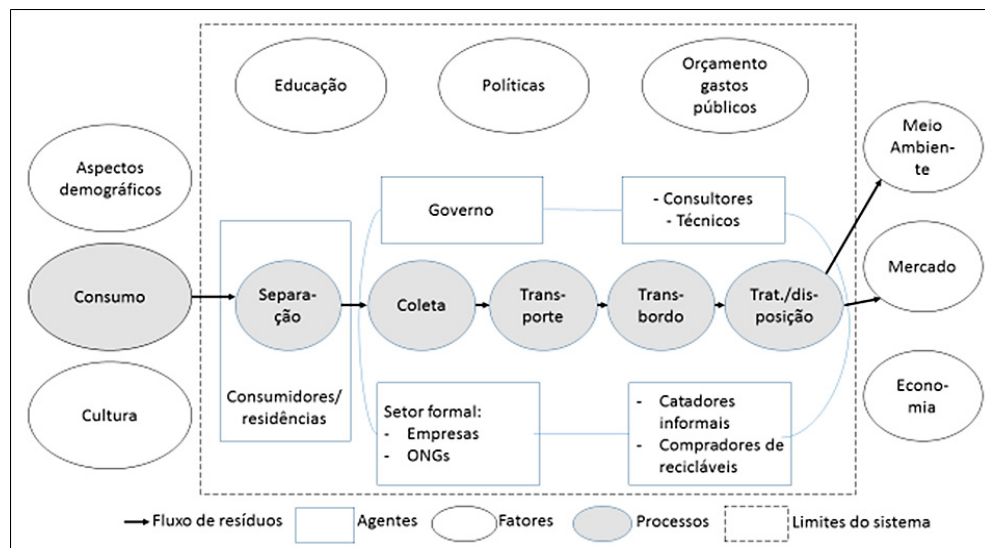


Figura 1 - Modelo de gestão integrada de resíduos sólidos.

Fonte: Chen, Geng e Fujita (2010, p. 723).

Reflexo da aceitação do modelo de GIRS é sua adoção como princípio para subsidiar políticas relacionadas aos resíduos sólidos. No entanto, há diferenças significativas na gestão integrada de resíduos sólidos dos países do Norte e do Sul global. Nos países do Sul, além dos problemas relacionados à prevenção, a própria gestão dos resíduos apresenta características específicas. Em revisão da literatura, Guerrero, Maas e Hogland (2013) identificaram problemas operacionais particulares da gestão de resíduos dos países emergentes e periféricos, tais como os sistemas inapropriados de coleta; a roteirização da coleta mal planejada; a falta de informação dos cidadãos sobre a agenda da coleta; a infraestrutura insuficiente; as estradas e vias públicas inapropriadas e número inadequado de veículos para coleta.

Nos países do Sul há tendência de os catadores realizarem as atividades de coleta e segregação dos materiais. Os catadores são “cidadãos com baixa ou nenhuma renda, que coletam materiais dispersos por toda a cidade ou concentrada em lixões” (Troschinetz; Mihelcic, 2009, p. 919). Na literatura, o setor de atuação dos catadores é chamado informal<sup>1</sup>. Atualmente, nos países desenvolvidos, onde há ampla infraestrutura para oferta formal do serviço de limpeza urbana de maneira centralizada, há também a incidência de catadores. São exemplos casos como Berkeley, Califórnia (Vergara; Tchobanoglous, 2012), Tóquio e Los Angeles (Santos, 2003). Porém, a atuação dos catadores é predominante nos países do Sul Global, sendo responsável por parte considerável das taxas de recuperação de materiais recicláveis. Em cidades como Delhi (Índia), Quezon (Filipinas) e Moshi (Tanzânia), o setor informal é responsável por de 50 a 100% das atividades relacionadas aos resíduos sólidos na cidade (ONU, 2010).

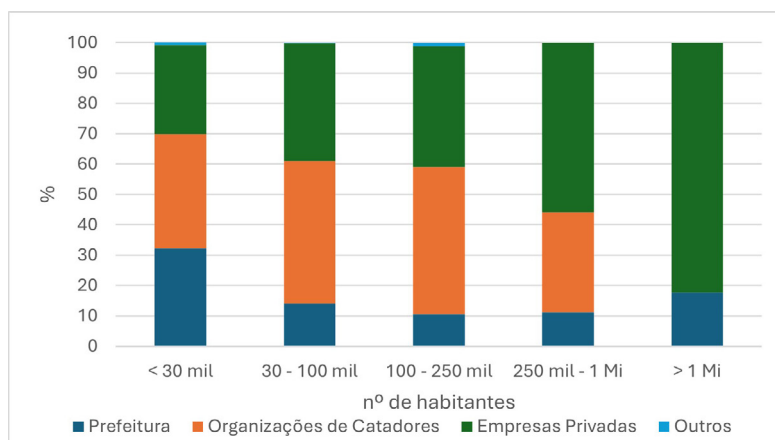
A atuação destes trabalhadores, porém, não é planejada e estruturada, mas sim sintoma de um volume crescente de resíduos recicláveis sendo gerados, combinado com o alto desemprego. Este enorme contingente de trabalhadores é explorado, precarizado e dependente desse recurso (Gutberlet, 2008; Burgos, 2008; Lima *et al.*, 2011; Vallin; Gonçalves-Dias, 2018).

A despeito dessa alta informalidade presente nos sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos, percebe-se um movimento de replicar soluções sociotécnicas dos países do Norte, pouco ou nada adaptadas ao contexto local do Sul Global. Nisso, há a conotação de “modernização como ocidentalização”, na qual as soluções se baseiam em “linhas de centralização, tecnologias avançadas, escalas maiores, maior envolvimento

---

1 Ressalta-se a diferença entre o termo “informalidade” utilizado na literatura científica deste contexto e o termo utilizado em sua definição econômica convencional. Enquanto convencionalmente a informalidade diz respeito a algo sem registro ou algum empreendimento que não paga taxas, há empreendimentos considerados informais no campo da reciclagem que são devidamente registrados. A informalidade neste campo, portanto, está relacionada à não existência de permissão ou reconhecimento para operar em dado sistema de gestão de resíduos.

do mercado e maior confiança em sistemas especializados” (Scheinberg *et al.* 2011 p. 189). Este tipo de soluções centralizadas é atrativo para empresas privadas com grande capital, que têm assumido cada vez mais a gestão de resíduos sólidos urbanos municipais (Gutberlet, 2008). Dados recentes reforçam essa visão, principalmente no que tange às grandes cidades, que possuem cada vez maior presença da iniciativa privada na prestação de serviços públicos (Gráfico 3). O gráfico, que foca no serviço de coleta seletiva, ilustra como quanto maior o número de habitantes, maior a participação das empresas privadas – e, conseqüentemente, menor a participação das organizações de catadores.



**Gráfico 3** – Agentes operadores dos serviços de coleta seletiva nas cidades brasileiras.

Fonte: Adaptado pelos autores a partir de Brasil (2020).

O aumento da provisão privada de serviços públicos atinge desde os países ricos até os mais pobres, estando em conformidade com a tendência de ideais neoliberais, ancoradas no discurso do aumento da eficiência e economicidade para o setor público através da delegação destes serviços (GAMBI, 2018). Apesar dessa tendência, Gambi (2018) argumenta que não há estudos que comprovem, de forma concreta e real, a eficiência dos serviços públicos prestados por empresas privadas. Na contramão dessa tendência, no Norte Global, destaca-se um movimento de remunicipalização<sup>2</sup> de serviços públicos antes delegados à iniciativa privada (Kishimoto; Petitjean, 2017).

Na perspectiva de M. Santos (2013), a economia das cidades é composta por dois circuitos, sendo o circuito superior como constituído de empresas com tecnologia de “capital intensivo” importado, com as atividades não sendo controladas dentro da

2 Remunicipalização é definida como “a passagem de serviços públicos da privatização em qualquer uma das suas várias formas - incluindo propriedade privada de ativos, terceirização de serviços e parcerias público-privadas (PPPs) - para a propriedade pública, gestão pública e controle democrático” (Kishimoto; Petitjean, 2017, p. 12, tradução nossa).

cidade, mas dentro da estrutura do país ou de países estrangeiros. Já o circuito inferior é baseado em mão de obra numerosa, com atividades integradas localmente: pequenos comércios, produção de bens manufaturados de capital não intensivo, com preços praticados nas transações voltados para o curto prazo, nos quais a acumulação de capital é quase inexistente. A análise de M. Santos (2013) explicita que os circuitos não são processos paralelos autônomos. Ao contrário, são processos com uma gênese comum: a modernização. Portanto, no lugar de haver uma estrutura dicotômica, há uma estrutura dialógica entre os circuitos: uma interdependência entre eles.

Um termo bastante ajustado ao fenômeno da integração entre os circuitos superior e inferior (ou setores formal e informal) é o de “combinações modernizadas” (Guy; Marvin; Moss, 2001), que referem-se a:

[...] complexos sociotécnicos de infraestruturas, instituições e sistemas de pagamento que combinam modelos de larga escala, centralizados, de alta tecnologia e com baixa participação de cidadãos e consumidores, com modelos de pequena escala, descentralizados, menos avançados tecnologicamente e mais participativos (Scheinberg *et al.*, 2011, p. 189).

Apesar de alguns autores enxergarem as combinações modernizadas como promissoras para a resolução do impasse da modernização tecnológica no Sul Global, na prática ainda não há resultados concretos. Velis (2017) considera a compatibilização entre a mão de obra intensiva do setor informal e a inovação tecnológica como um dos principais desafios para a gestão de resíduos sólidos.

Scheinberg *et al.* (2011) afirmam que esta integração assume um caráter preponderantemente físico, não havendo uma integração política e institucional nos municípios. Wilson *et al.* (2012) afirmam que a governança exerce um papel importante para o avanço destes sistemas, neste contexto o uso de tecnologia avançada não resolve problemas de falta de conhecimento e capacidade de gestão dos programas de coleta seletiva pelas autoridades municipais. Funcionando bem ou não, as interações entre a variedade de sistemas formais e informais, públicos e privados existentes nestes países, nasce um sistema misto estável (ONU, 2010).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste capítulo buscou-se evidenciar o papel do sistema econômico global que cria os dois circuitos e as linhas abissais que dividem os espaços urbanos. A mesma lógica que expõe parcela da população a maiores externalidades, submete trabalhadores “excessivos” a trabalhos precarizados. De forma similar, a lógica que induz ao estilo de vida consumista ocidental é a lógica que propõe soluções tecnológicas que tendem a não ser adequadas ao contexto local dos países do Sul Global, além de serem

excludentes em relação aos fluxos informais estabelecidos. Ainda, é esta a mesma lógica em que se baseia um mercado global de resíduos, que transfere externalidades para países periféricos. A manutenção deste modelo de produção e consumo agressivo ao ambiente e à saúde humana, em especial à parcela mais pobre, é uma realidade de difícil reversão em países que tiveram seu ápice de desenvolvimento econômico nas décadas recentes.

Neste capítulo, considerou-se que, atualmente, a gestão de resíduos sólidos é um elemento extremamente necessário (e altamente complexo) devido à conjunção de fatores-chave como urbanização, consumismo e falta de provisão de serviços eficientes para lidar com os impactos negativos gerados pelo circuito da produção-consumo. Dentro destes fatores está intrínseca a desigualdade nos espaços urbanos, onde parcela da população tem menor acesso ao sistema de gestão de resíduos entre outros, ao mesmo tempo que sofre de forma mais sensível as externalidades provocadas por ele. Isso posto, as políticas de prevenção tais quais a redução na geração de resíduos ainda não são uma realidade na maioria dos países do Sul Global. A gestão integrada de resíduos e, especialmente, a reciclagem, acabam por servir este sistema hegemônico ao atuar como uma espécie de indulto discursivo para a manutenção da sociedade de consumo. A sustentação deste modelo se dá pelo trabalho intensivo dos trabalhadores catadores que, mesmo com investimentos e subsídios vindos do setor empresarial ou de políticas públicas, no geral, continuam a trabalhar sob regimes insalubres e, quando existentes mantêm relações precarizadas com o Poder Público local.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, M. V. *et al.* How far are we from robust estimates of plastic litter leakage to the environment. *Journal of Environmental Management*. v. 323, 116195, p. 1-11. 2 out. 2022.
- BAUMAN, Z. *Vida para consumo: a transformação de pessoas em mercadoria*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008.
- BRASIL. *Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2010.
- BURGOS, R. *Periferias urbanas da metrópole de São Paulo: territórios da base da indústria da reciclagem no urbano periférico*. 357 f. Tese (Doutorado em Geografia Humana). Faculdade de Filosofia, Letras, Ciências Humanas, Universidade de São Paulo: São Paulo, 2008.
- CAMPOS, H.K.T., MERCEDES, S.S. A limpeza urbana e a Política Nacional de Resíduos Sólidos: os Impactos no Presente e um Olhar para o Futuro. *In*: Maria Cecília Loschiavo dos Santos, coordenação; Maria Cecília Loschiavo dos Santos, Stuart Walker, Sylmara Lopes Francelino Gonçalves Dias, colaboração. *Design, resíduo & dignidade*. São Paulo: Editora Olhares, 2014.

- CHEN, X.; GENG, Y.; FUJITA, T. An overview of municipal solid waste management in China. *Waste Management*, New York, v. 30, n. 4, p. 716–724, Abr. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.10.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X09004590> Acesso em: 10 jan. 2020.
- DAVIS, Mike. *Planeta favela*. São Paulo: Boitempo, 2006.
- FUNDAÇÃO HEINRICH BÖLL. *Atlas do Plástico: fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos*. Novembro, 2020.
- GAMBI, R. F. R. *A Gestão dos Resíduos Sólidos no Brasil: uma análise crítica das Parcerias Público-Privadas como arranjo emergente*. 316p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.
- GIUSTI, L. A review of waste management practices and their impact on human health. *Waste Manag.*, v. 29 n. 8, 2009, p. 2227-2239.
- GOUVEIA, N. Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental. *Saude soc.* [online]. 1999, vol.8, n.1, p. 49-61. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-12901999000100005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12901999000100005&lng=en&nrm=iso).
- GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciênc. saúde coletiva* [online]. 2012, vol.17, n.6, p.1503-1510. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232012000600014&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232012000600014&lng=en&nrm=iso).
- GUERRERO, L. A; MAAS, G.; HOGLAND, W. Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste management*, 33. 2013.
- GUTBERLET, J. *Recovering resources - recycling citizenship: urban poverty reduction in Latin America*. Nova Iorque: Routledge, 2008.
- HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. What a waste: a global review of solid waste management. Washington, World Bank. *Urban Development Series Knowledge Papers*, n. 15, 2012.
- JAMBECK, J. R.; GEYER, R.; WILCOX C.; SIEGLER, T. R.; PERRYMAN, M.; ANDRADY, A.; NARAYAN, R.; LAW, K. L. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347, p. 768-771, 2015.
- KISHIMOTO, S.; PETITJEAN, O. *Reclaiming public services: how cities and citizens are turning back privatization*. Amsterdam: TNI, 2017, 237 p.
- LIMA, F. P. A; VARELLA, C.V.S.; OLIVEIRA, F. G.; PARREIRAS, G; RUTKOWSKI, J. Tecnologias Sociais da Reciclagem: Efetivando Políticas de Coleta Seletiva com Catadores. *Revista Interinstitucional de Psicologia*, 4, 2, Edição Especial, dezembro, 2011, 131-146.
- M. SANTOS. *Pobreza urbana*. 3. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2013.
- SANTOS, M. C. L. *Cidades de plástico e papelão: o habitat informal dos moradores de rua em São Paulo, Los Angeles e Tóquio*. Tese [Livre Docência] 2003. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- SANTOS, B. S. Para além do pensamento abissal: das linhas globais a uma ecologia de saberes. *Novos estud.* - CEBRAP, São Paulo, n. 79, p. 71-94, nov. 2007.

- SCHEINBERG, A.; SPIES, S.; SIMPSON, M.; MOL, A. Assessing urban recycling in low- and middle-income countries: building on modernised mixtures. *Habitat International*, 35, 2011.
- TCHOBANOGLIOUS G, KREITH F. *Handbook of solid waste management*. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2002.
- TROSCHINETZ, A.; MIHELICIC, J. Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries. *Waste management* (New York, N.Y.), 2009.
- UN- Habitat. *Envisaging the Future of Cities. World Cities Report 2022*. First published, United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), 2022.
- VALLIN, I.C; GONÇALVES-DIAS, S.L.F. Gênero e meio ambiente: dupla jornada de injustiça ambiental em uma cooperativa de mulheres catadoras de materiais recicláveis. In: SINISGALI, P.A; JACOBI, P.R (org). *Caminhos do conhecimento em interdisciplinaridade e meio ambiente*. São Paulo: IEE/USP - Procam/USP, 2018. p. 313-336.
- VELIS, C. A., 2017. Waste pickers in Global South: Informal recycling sector in a circular economyera. *Waste Manage. Res.* 35, 329–331. <https://doi.org/10.1177/0734242X17702024>.
- VERGARA, S. E.; TCHOBANOGLIOUS, G. Municipal solid waste and the environment: a global perspective. *The Annual Review of Environment and Resources*, 37, p. 277–309, 2012.
- WILSON, C.D., RODIC, L., SCHEINBERG, A., VELIS, C.A., ALABASTER, G., 2012. Comparative analysis of solid waste management in 20 cities. *Waste Manage. Res.* 30, 3, 237–254.
- WIRTH, I. G.; OLIVEIRA, C. B. A Política Nacional de Resíduos Sólidos e os modelos de gestão. *Catadores de materiais recicláveis: um encontro nacional*. PEREIRA, B. C. J.; GOES, F. L. (orgs.). Rio de Janeiro: Ipea, 2016, p. 217-245.

# Governança para o monitoramento do lixo no mar: uma abordagem sistêmica multi-stakeholder

Vitória Milanez Scrich  
Alexander Turra

## Resumo

O lixo no mar é um desafio global que demanda abordagens interdisciplinares e governança colaborativa para superar a escassez de dados e a fragmentação de responsabilidades entre setores. A ausência de programas de monitoramento abrangentes sobre o problema, ao longo de todo o seu ciclo de vida, é uma das barreiras na construção de respostas efetivas. A governança colaborativa pode apoiar essa demanda, porém, iniciativas falham ao não empregar abordagens que podem informar quem são os geradores de dados sobre lixo no mar e como o fluxo de informações deve ser coordenado. Esta pesquisa teve como objetivo contribuir para a construção de arranjos efetivos de governança do monitoramento do lixo no mar, por meio da (i) aplicação de técnicas *top-down* e *bottom-up* para identificar, categorizar e priorizar atores relevantes, tendo como estudo de caso o Plano Estratégico de Monitoramento e Avaliação do Lixo no Mar (PEMALM) do Estado de São Paulo; e (ii) da avaliação dos fluxos de informação dentro da rede de atores envolvidos. Os resultados destacam que a identificação de atores feita por uma abordagem participativa (*bottom-up*) possui relevância para ampliar e diversificar o mapeamento de quem deve estar envolvido. Foram identificados os atores centrais e intermediadores com

papel chave na coordenação do monitoramento e para conectar lacunas no acesso e compartilhamento de informação. Como um estudo pioneiro aplicando abordagens das ciências sociais para contribuir com o monitoramento do lixo no mar, fornecemos uma base teórica e analítico-operacional para a estruturação de uma rede de monitoramento eficaz. Com isso, a pesquisa provê subsídios para preencher essa urgente lacuna a partir da abordagem sistêmica necessária para o seu enfrentamento em âmbito estadual, nacional e global. O Capítulo é resultado de uma Dissertação de Mestrado defendida em 2023 no Programa de Ciência Ambiental (Procam) do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo.

**Palavras-chave:** Poluição Marinha; Resíduos Sólidos; Ciclo de Vida; Colaboração Multissetorial; Análise de Redes Sociais.

## 1. INTRODUÇÃO

O oceano é o principal sistema de suporte à vida na Terra, mas vem sendo crescentemente ameaçado por atividades humanas, resultando em problemas ambientais complexos (Rockström *et al.*, 2009; Underdal, 2010). A poluição por resíduos sólidos, ou lixo no mar, é uma dessas crises globais, tendo ultrapassado os limites das chamadas fronteiras planetárias (Rockström *et al.*, 2009; Villarrubia-Gómez *et al.*, 2018; Persson *et al.*, 2022). Seus impactos comprometem a provisão de serviços ecossistêmicos (Newman *et al.*, 2015), afetam negativamente a economia em diversas escalas (Mouat *et al.*, 2010) e colocam em risco a saúde humana e o bem-estar social (Pahl; Wyles, 2017).

Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, 2009), lixo no mar é qualquer material sólido persistente, manufaturado e descartado ou abandonado no ambiente costeiro ou marinho. Estima-se que 8 milhões de toneladas de resíduos sólidos entrem no oceano anualmente (Jambeck *et al.*, 2015), sendo o plástico o principal componente (Turra *et al.*, 2020). As origens do lixo encontrado no mar são consideradas “públicas” ou difusas, relacionadas aos mais variados tipos de atividades humanas (GESAMP, 2016; Potts; Hastings, 2011). Isto evidencia que o lixo no mar é um problema de corresponsabilidade (Veiga *et al.*, 2016) e assim como as suas fontes, as soluções também devem envolver os diversos setores da sociedade (GESAMP, 2019; Hastings; Potts, 2013). Porém, apesar dos inúmeros esforços empreendidos globalmente, observa-se um aumento contínuo da quantidade de lixo no mar (Borrelle *et al.*, 2020), o que evidencia que a meta do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 14.1 — reduzir todos os tipos de poluição marinha até 2025 — ainda representa um desafio significativo para a comunidade internacional (UNEP, 2021).

Três fatores principais contribuem para a ineficácia das respostas ao problema: a ausência de programas robustos de monitoramento ao longo do ciclo de vida dos resíduos (Cheshire *et al.*, 2009; UNEP/NOAA, 2011; Raubenheimer; Urho, 2020); a

falta de articulação entre atores de diferentes setores (Löhr *et al.*, 2017; UNEP, 2019); e a escassez de iniciativas interdisciplinares que dialoguem com avanços das ciências sociais (Gattringer, 2018; Vince; Stoett, 2018). Portanto, enfrentar o lixo no mar exige decisões baseadas em dados e monitoramento consistentes e depende do engajamento de múltiplos setores (March *et al.*, 2022; 2023). Superar esses desafios demanda o preenchimento de lacunas de conhecimento e a adoção de uma abordagem sistêmica e integrada ao longo de toda a cadeia de valor, desde a fonte dos resíduos até o mar (Granit *et al.*, 2017; UNEP, 2019; 2020), sustentada por políticas públicas e pesquisas interdisciplinares (Löhr, 2017; GESAMP, 2019; UNEP, 2019).

### 1.1 O monitoramento do lixo no mar

O monitoramento é etapa essencial para diagnosticar, planejar e revisar estratégias de combate ao lixo no mar (GESAMP, 2019). Contudo, enquanto o combate à poluição marinha tem sido historicamente focado em soluções de fim-de-tubo (Gonçalves-Dias *et al.*, 2012), o monitoramento do problema também tem sido centrado na sua condição final, ou “downstream”, quando o resíduo já está no ambiente costeiro ou marinho (Mannaart *et al.*, 2019). Isso tem gerado lacunas de informação em relação às etapas iniciais da cadeia de resíduos, ou “upstream”, ligadas aos processos de design, produção, operação e consumo (Alencar, 2022; Gonçalves-Dias *et al.*, 2012). Um monitoramento sistêmico e integrado, que identifique os fluxos e os locais mais críticos de poluição, é fundamental para orientar ações preventivas e efetivas (UNEP, 2020; Harris *et al.*, 2023). Para isso, é imprescindível o engajamento de todos os setores da sociedade (Mathews *et al.*, 2019; GPML, 2022).

### 1.2 GOVERNANÇA COLABORATIVA

Dada a distribuição setorial das etapas do ciclo de vida dos resíduos, arranjos colaborativos são essenciais para integrar dados e esforços de combate ao lixo no mar (GPML, 2022). Porém, a fragmentação institucional, a ausência de coordenação e a baixa mobilização são fatores que dificultam o compartilhamento de informações. Nesse sentido, a governança colaborativa — definida como o arranjo governamental que envolve atores não estatais em um processo de tomada de decisão conjunta, com o objetivo de avançar em uma visão compartilhada e desenvolver políticas públicas ou programas (Ansell; Gash, 2008) — pode suprir lacunas informacionais e fortalecer capacidades institucionais (Vince; Hardesty, 2017; Haward, 2018).

A efetividade desses arranjos depende da adequada identificação e mobilização dos atores relevantes (Prell *et al.*, 2008; 2009), uma vez que garantem a representatividade daqueles que têm potencial de contribuir com os aspectos específicos e informações sobre o problema, visando o alcance do objetivo desejado. Estes atores, também referido

aqui como stakeholders, são definidos como qualquer pessoa ou grupo que influencia ou é influenciado por um projeto (ou política pública), direta ou indiretamente, bem como aqueles que podem ter interesses e/ou capacidade de influenciar o seu resultado (Freeman, 2004). A Análise de Atores ou *Stakeholders* (AS) surge, portanto, como ferramenta promissora para mapear expertises e apoiar a construção de governança multissetorial no monitoramento do lixo no mar (Schmeer, 1999; Reed *et al.*, 2009). Além disso, a dinâmica de interação entre os atores influencia diretamente a capacidade de implementação de políticas. A Análise de Redes Sociais (ARS) permite compreender essas relações, identificando fluxos de informação, lacunas de comunicação e oportunidades para fortalecer a rede de governança (Bodin; Crona, 2009; Prell *et al.*, 2008).

No momento do desenvolvimento desta pesquisa, as abordagens de Análise de *Stakeholders* e de Análise de Redes Sociais ainda não haviam sido aplicadas ou documentadas na literatura no contexto do monitoramento do lixo no mar. Esses esforços foram posteriormente sistematizados em Scrich *et al.* (2024) e Scrich *et al.* (2025). Os conceitos e métodos de AS e ARS, portanto, oferecem uma base relevante para a construção de uma governança efetiva, especialmente por contribuírem para suprir a lacuna de programas com envolvimento multissetorial e apoiarem a identificação e mobilização de atores responsáveis pela produção de dados em diferentes escalas territoriais — com destaque para a escala estadual em São Paulo, Brasil.

### 1.3 Estudo de caso: governança colaborativa para o plano estratégico de monitoramento e avaliação do lixo no mar (PEMALM) no estado de São Paulo, Brasil

O Brasil, assim como outros países do Atlântico Sul, carece de um órgão de coordenação regional — como os Programas de Mares Regionais do PNUMA — que promova uma abordagem integrada para o enfrentamento do lixo no mar. Além disso, enfrenta uma lacuna relevante de dados sistematizados sobre o tema (Brasil, 2019). Superar as lacunas de informação é uma das diretrizes do Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar, publicado em 2019 (Brasil, 2019). No entanto, apesar de representar um marco importante nas políticas públicas, o plano não apresentou uma estratégia clara para lidar com as limitações de dados e monitoramento, além de falhar na integração entre os setores no combate ao problema do lixo no mar.

Paralelamente, o estado de São Paulo iniciou, em 2019, a construção do primeiro plano estadual de monitoramento do lixo no mar no Brasil, o Plano Estratégico de Monitoramento e Avaliação do Lixo no Mar (PEMALM, 2021). O processo foi liderado pela Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo e facilitado pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, por meio da Cátedra UNESCO para a Sustentabilidade do Oceano. A construção do plano envolveu três

etapas principais de diálogo com os atores: 1) um workshop presencial em dezembro de 2019; 2) reuniões regionais em fevereiro de 2020; e 3) um workshop virtual em agosto de 2020 (Elliff *et al.*, 2021; Figura 1). Após consulta pública em outubro de 2020, o plano foi lançado em janeiro de 2021, estabelecendo metas específicas de curto, médio e longo prazo, integradas ao Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS, 2020), o que garantiu sua institucionalização como política pública (PEMALM, 2021).

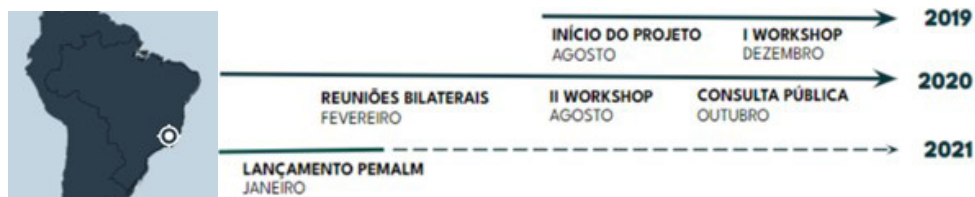


Figura 1 - Linha do tempo da construção do Plano Estratégico de Monitoramento e Avaliação do Lixo no Mar (PEMALM) para o estado de São Paulo.

Fonte: Elliff *et al.* (2021)

Portanto, foi analisado um processo pioneiro de estruturação de governança colaborativa para o monitoramento do lixo no mar, qualificando-a com abordagens das ciências sociais para identificar quem, dentro da agenda do lixo no mar, são potenciais geradores de dados a serem envolvidos no intuito de contribuir para a governança do monitoramento (Scrich *et al.*, 2024). Adicionalmente, buscou-se compreender como se dá a interação entre os atores da rede e a coordenação dos fluxos de informação, visando contribuir com a implementação do PEMALM (Scrich *et al.*, 2025).

## 2. MÉTODOS

### 2.1 Análise de atores (AS)

Uma Análise de Atores (AS) foi realizada *a priori* do processo participativo de construção do PEMALM e consistiu em três etapas: (i) identificação, (ii) categorização e (iii) priorização. Para garantir uma seleção eficaz de atores para o processo participativo, consideramos métodos tanto *top-down* quanto *bottom-up*, conforme recomendado por Durham *et al.* (2014). A identificação de atores envolveu, portanto, dois métodos: consulta a especialistas (*top-down*) e amostragem bola de neve (*bottom-up*).

A consulta a especialistas consistiu em sessões de *brainstorming* realizadas com um grupo de especialistas em resíduos sólidos e lixo no mar para identificar os atores que deveriam estar envolvidos no processo de formulação de política relacionada ao problema em questão. O grupo de especialistas foi composto pelos membros do Grupo de Trabalho sobre Lixo no Mar da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SIMA), que consistia entre dez a quinze pessoas de diferentes

formações na área ambiental e social, distribuídos entre técnicos governamentais e representantes de instituições de pesquisa (Elliff *et al.*, 2021).

Os atores identificados na consulta a especialistas foram contatados por e-mail e convidados a responder um questionário, que permitia indicar novos participantes, seguindo uma abordagem *bottom-up* de amostragem chamada bola de neve (Grimble; Chan, 1995). Esse método é considerado eficaz para captar uma amostra mais representativa, incluindo atores menos familiarizados com o tema (Durham *et al.*, 2014). O questionário ficou disponível por 45 dias, entre novembro e dezembro de 2019, período em que os novos indicados também foram convidados a participar.

Após categorização por setor, os atores foram priorizados pelos especialistas com base na probabilidade de contribuir para o plano de monitoramento e avaliação, considerando sua relação comprovada ou potencial com dados sobre resíduos sólidos ou lixo no mar em São Paulo. Esse potencial foi baseado na atuação conhecida daquele ator na produção ou gestão de informações referente ao tema. A priorização também considerou o limite de cerca de 100 atores, uma vez que esse era a capacidade máxima de participantes na primeira oficina, imposto por restrições de infraestrutura e recursos.

## 2.2 Análise de redes sociais (ARS)

Os atores priorizados foram convidados a participar de entrevistas presenciais ou virtuais para a coleta de dados da Análise de Redes Sociais<sup>1</sup>, por meio de questionários. O questionário continha uma lista com os nomes dos demais atores, e questionava se havia sido estabelecida uma interação entre o ator respondente e os outros atores listados, relacionadas à colaboração ou troca de informações sobre resíduos sólidos e lixo no mar, nos últimos 24 meses. Os entrevistados puderam adicionar à lista outros atores com os quais se relacionaram a respeito do tema.

Os resultados das entrevistas foram processados utilizando o software UCINET (Borgatti *et al.*, 2002) para avaliar métricas da rede; e o software Gephi 0.10.1 foi utilizado para a visualização da rede (Souza & Quandt, 2008). Foram analisadas variáveis estruturais da rede de atores mapeados, e variáveis de composição, que representam atributos individuais dos atores (Wasserman & Faust, 1994). Foram medidas as métricas de ‘centralidade de entrada’ (*in-degree centrality*) e de ‘intermediação’ (*betweenness*), para identificar, respectivamente, os atores mais mencionados por outros e aqueles que atuam como intermediários de informação dentro da rede. A análise seguiu as perguntas da Tabela 1.

---

1 A coleta de dados foi aprovada pelo Comitê de Ética em pesquisa nacional, Plataforma Brasil, sob o número de processo 4.548.300, e pela COTEC, referente à coleta de dados em áreas legalmente protegidas no estado de São Paulo, sob o número de processo 001232/2021-07.

**Tabela 1** – Perguntas de pesquisa e métricas de rede aplicadas, com os efeitos de cada conceito na governança do monitoramento do lixo no mar

Pergunta	Métrica	Interpretação do resultado	Exemplo de interpretação em relação à governança do monitoramento do lixo no mar
Quais oportunidades para desenvolver governança colaborativa emergem da estrutura da rede?	<b>Densidade</b> <i>nível da rede</i> (Wasserman; Faust, 1994)	Varia de 0 (todos isolados na rede) a 1 (todos conectados na rede)	Pode ser benéfica por favorecer a ação conjunta e a coleta colaborativa de dados. No entanto, uma rede colaborativa excessivamente coesa contribui para o reforço de percepções já existentes, dificultando novas ideias (ver Bodin, 2017; Olsson <i>et al.</i> , 2004), o que pode manter vieses e impedir o desenvolvimento de uma perspectiva sistêmica no monitoramento.
	<b>Centralização</b> <i>nível da rede</i> (Scott, 2017)	Centralizadas (entre 1-0,7), descentralizadas (0,6 - 0,4) e distribuídas (0,3 - 0)	Pode ser benéfica, pois nós centrais facilitam o acesso e a coordenação de informações, agilizando os processos ao concentrar a maioria dos vínculos da rede. (ver Bodin, 2017; Bodin & Crona, 2009; Prell <i>et al.</i> , 2009).
Todos os atores têm acesso à informação dentro da rede?	<b>Fragmentação</b> <i>nível da rede</i> (Hannemann & Riddle, 2005)	Redes fragmentadas (entre 1-0,7), balanceadas (0,6-0,4) e conectadas (0,3-0)	Uma rede fragmentada pode reduzir o potencial para respostas coletivas a desafios ambientais complexos (ver Bodin, 2017; Smythe <i>et al.</i> , 2014) e ser prejudicial ao monitoramento do lixo no mar, que exige dados de todas as etapas do ciclo de vida dos resíduos.
Há uma tendência de atores do mesmo setor interagirem mais frequentemente para troca de informações?	<b>Homofilia</b> <i>nível da rede</i> (Bodin, 2017)	Varia entre -1 (homofilia completa: conexões apenas entre atores do mesmo setor) e 1 (heterofilia completa)	Pode ser prejudicial, pois indica que os atores acessam apenas os mesmos tipos de informação e interagem com as mesmas fontes de conhecimento, resultando em informações redundantes (ver Bodin, 2017; Prell <i>et al.</i> , 2009), o que dificulta o avanço de uma perspectiva sistêmica sobre o lixo no mar.

Pergunta	Métrica	Interpretação do resultado	Exemplo de interpretação em relação à governança do monitoramento do lixo no mar
Quais atores exercem papel de ponte?	<b>Centralidade de intermediação (Betweenness)</b> <i>nível do ator</i> (Freeman, 1979)	Classificação dos atores que ocupam essa posição intermediária	Atores que conectam segmentos desconectados atuam como pontes e têm uma visão mais holística do problema, mediando fluxos de informação e facilitando interações entre escalas (ver Rathwell & Peterson, 2012; Bodin & Crona, 2009; Prell <i>et al.</i> , 2009).
Quais atores exercem papel de coordenação?	<b>Centralidade de grau</b> <i>nível do ator</i> (Hannemann & Riddle, 2005)	Classificação dos atores com maior centralidade de grau	Atores com muitos contatos podem ser mobilizados para motivar a rede, coordenar fluxos e difundir rapidamente informações pela rede (ver Prell <i>et al.</i> , 2009).

Fonte: Elaborada pelos autores.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Análise de atores (AS)

As sessões de *brainstorming* entre o grupo de especialistas (*top-down*) resultaram em uma lista de 222 indivíduos, representando 209 *stakeholders* (ou seja, instituições). Um total de 198 indivíduos e 166 *stakeholders* foram identificados através da amostragem bola de neve (*bottom-up*), dos quais 101 (61%) não haviam sido mapeados anteriormente e 65 (39%) já estavam incluídos na lista inicial. A quantidade de novos atores identificados pelo método *bottom-up* corresponde a aproximadamente 48% do número total de *stakeholders* identificados pelo método *top-down*, indicando um nível relevante de contribuição. Em relação à representação setorial, o método *bottom-up* contribuiu significativamente para complementar o mapeamento de *stakeholders* do setor privado (22 novos atores em comparação com 26 identificados pelo método *top-down*) e da academia (10 novos atores, em comparação com 10 identificados pelo método *top-down*).

Considerando as respostas do questionário e o conhecimento prévio do grupo de especialistas, no total, 105 *stakeholders* foram classificados como prioritários, ou seja, instituições com relação comprovada ou conhecida com dados sobre lixo no mar no estado de São Paulo. O setor público foi o mais representativo (51,4%), seguido pelo terceiro setor (28,6%), setor privado (10,5%) e setor acadêmico (9,5%).

**Tabela 2** – Número de atores identificados pelas duas abordagens aplicadas: consulta a especialistas (*top-down*) e bola de neve (*bottom-up*), categorizados por setor

Setor	Consulta a especialistas	Bola de Neve	Novos atores	Total de atores	Priorizados
Público	87	54	19	106 (34.2%)	54 (51.4%)
Privado	26	27	22	48 (15.4%)	11 (10.5%)
Terceiro setor	67	31	15	82 (26.5%)	30 (28.6%)
Academia	10	17	10	20 (6.5%)	10 (9.5%)
Cidadãos	19	37	35	54 (17.4%)	0 (0%)
Total	209	166	101	310	105

Fonte: Elaborada pelos autores.

### 3.2 Análise de redes sociais

A rede de atores priorizados para monitoramento do lixo no mar em São Paulo incluiu 105 atores, com 31 *stakeholders* adicionais identificados via questionário, totalizando 136 atores dos setores público, privado, terceiro setor e academia. A taxa de resposta foi 54,4% (n=57). A Figura 2 mostra a rede de atores prioritários para o monitoramento do lixo no mar em São Paulo, com nós coloridos por setor e arestas representando relações.

Os resultados das métricas de centralidade de entrada e intermediação estão na Tabela 3. O maior valor de centralidade de entrada foi para Áreas de Proteção Ambiental Marinhas (APAS MARINHAS; 1º), seguido pela Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA; 2º), a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB; 3º), Fundação Florestal (FF; 4º), Universidade de São Paulo (USP; 5º) e Polícia Ambiental (6º). Isto significa que estes foram os atores mais mencionados por outros atores como colaboradores ou receptores de informação sobre lixo no mar.

As Áreas Protegidas Marinhas (APAS MARINHAS) mostraram o maior valor também para a centralidade de intermediação, seguida por SIMA (2º), USP (3º), Porto de Santos (4º) e CETESB (5º). Entre desses, destacou-se também a Petrobras (PETROBRAS; 8º), o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente no Brasil (PNUMA; 10º) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA; 11º).

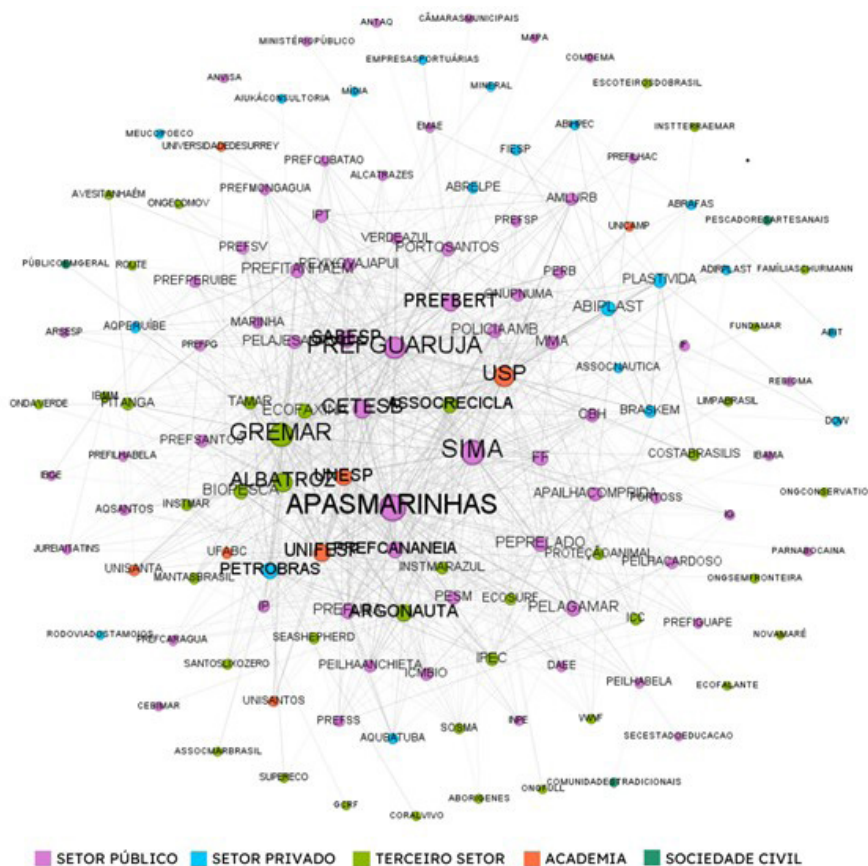


Figura 2 - Rede dos atores prioritários no monitoramento do lixo no mar em São Paulo, com cores indicando setores e tamanho dos nós refletindo a centralidade de entrada. Software: Gephi 0.10.1.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 3 – Resultados das métricas a nível de ator ('centralidade de entrada' (*In-degree Centrality*) e de 'intermediação' (*Betweenness Centrality*) da Análise de Redes Sociais para os atores prioritários para o monitoramento e avaliação do lixo no mar no estado de São Paulo

	Centralidade de entrada (in-degree)		Centralidade de intermediação (betweenness)	
1º	Áreas de Proteção Ambiental Marinhas (APAS MARINHAS)	0.440	Áreas de Proteção Ambiental Marinhas (APAS MARINHAS)	0.066
2º	Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado (SIMA)	0.403	Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado (SIMA)	0.059
3º	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)	0.388	Universidade de São Paulo (USP)	0.036
4º	Fundação Florestal (FF)	0.388	Porto de Santos (PORTOSANTOS)	0.023

5º	Universidade de São Paulo (USP)	0.373	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)	0.021
6º	Polícia Ambiental (POLICIAAMB)	0.366	ONG Greomar (GREMAR)	0.020
7º	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP)	0.299	Prefeitura do Guarujá (PREFGUARUJA)	0.017
8º	ONG Greomar (GREMAR)	0.269	Petrobras (PETROBRAS)	0.014
9º	Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH)	0.269	ONG Argonauta (ARGONAUTA)	0.013
10º	Cooperativas de Reciclagem (ASSOCRECICLA)	0.261	Programa da ONU Meio Ambiente Brasil (ONUPNUMA)	0.012
11º	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO)	0.261	Ministério do Meio Ambiente (MMA)	0.010

Fonte: Elaborada pelos autores.

#### 4. DISCUSSÃO

Segundo a literatura científica e recomendações de organizações intergovernamentais, incluindo negociações do Novo Tratado Global contra a poluição plástica, o enfrentamento eficaz do lixo no mar requer monitoramento e avaliação em escalas nacional e subnacional (Simon *et al.*, 2021; UNEA, 2022). Neste estudo, foram explorados aspectos da governança para o monitoramento do lixo no mar que podem torná-lo abrangente e sistêmico, construído com participação multissetorial. Consideramos que uma efetiva governança para o monitoramento do lixo no mar requer uma rede multi-*stakeholder*, composta por representantes dos diferentes setores da sociedade com o potencial de geração de dados. Ainda, esta governança requer uma rede que efetivamente conecte os diferentes setores e permita o acesso a todos os tipos e fontes de dados, bem como o compartilhamento de informações de todas as etapas do ciclo de vida do problema, desde a sua fonte até o mar. Para isso, os atores pertencentes a esta rede devem possuir o potencial de intermediar informações com produtores de dados que de outra forma estariam desconectados, para superar lacunas de conhecimento.

O principal objetivo da governança colaborativa no desenvolvimento do Plano Estratégico para Monitoramento e Avaliação do Lixo no Mar do estado de São Paulo (PEMALM), apresentado neste estudo, foi fomentar diálogo e coordenação entre agências setoriais, promovendo o compartilhamento de informações, conhecimentos, poder e responsabilidades. O PEMALM adotou um processo participativo, utilizando

a Análise de *Stakeholders* (AS) para identificar, antes do processo, os atores relevantes para gerar dados, com abordagens *top-down* e *bottom-up*. Como iniciativas colaborativas são fortalecidas pelo envolvimento dos *stakeholders* adequados, com os recursos e expertise necessários para informar políticas (Bodin, 2017), a AS permitiu ampla inclusão e representação de todos os setores no processo. Segundo Crona *et al.* (2011), o sucesso da governança colaborativa depende do envolvimento dos atores “certos”, escolhidos a partir de um critério atrelado ao objetivo do processo em questão.

A combinação de métodos para identificação de *stakeholders* é recomendada por aumentar a eficácia em processos participativos (Durham *et al.*, 2014). A AS é tradicionalmente conduzida por abordagens *top-down*, que envolvem a identificação, categorização e priorização de atores a partir de perspectivas institucionais. Neste estudo, a consulta a especialistas foi o ponto de partida, resultando na indicação de 209 *stakeholders*. Métodos *top-down* tendem a ser menos custosos e adequados para uma triagem inicial (Bendtsen *et al.*, 2021). Além de identificar atores-chave, as interações entre especialistas também aprofundaram a compreensão da complexidade do problema.

Complementarmente, foram aplicadas abordagens *bottom-up*, capazes de revelar atores não identificados inicialmente. A amostragem por bola de neve acrescentou 166 atores, ampliando significativamente a diversidade setorial, com destaque para os setores privado e acadêmico. Esses atores contribuem com dados complementares e fortalecem o monitoramento. A abordagem *bottom-up* demonstrou, assim, elevado potencial para promover inclusão e representar *stakeholders* menos evidentes, mas com papel estratégico na governança (Grimble; Chan, 1995).

A Análise de Redes Sociais mostrou-se uma ferramenta fundamental para compreender o papel dos atores para intermediar a troca de informações e coordenar o monitoramento (i.e., pelo grau e centralidade a nível de ator), tendo sido identificadas as organizações mais adequadas para desempenhar esses papéis. Atores com uma pontuação de centralidade de entrada mais alta ocupam posições dominantes que podem influenciar outros atores e o desempenho da rede como um todo (Bloch *et al.*, 2023). Eles naturalmente são capazes de melhorar os fluxos de comunicação, uma vez que têm contato com muitos outros atores, e podem ser alvo para motivar a rede a um objetivo específico ou difundir informações mais rapidamente (Prell *et al.*, 2009). Portanto, atores centrais são aqueles que desempenhariam bem o papel de coordenação do monitoramento.

As Áreas de Proteção Ambiental Marinhas (APAs Marinhas) configuram-se como atores centrais na rede de monitoramento do lixo no mar no estado de São Paulo. Abrangendo o litoral norte, central e sul, essas unidades de conservação contam com conselhos gestores compostos por representantes de diversos setores sociais, refletindo uma gestão participativa e multissetorial (Vianna; Xavier, 2014). Sua posição central na rede favorece a disseminação de informações e a coordenação de esforços de mo-

monitoramento, dada sua proximidade com atores locais potencialmente geradores de dados. A Fundação Florestal, responsável pela gestão das áreas protegidas no estado, também se destaca, apresentando a quarta maior centralidade de entrada. Esses atores, portanto, apresentam elevado potencial para desempenhar funções de articulação e sistematização das informações relacionadas ao monitoramento. As altas pontuações de centralidade de entrada indicam níveis significativos de confiança, reputação (Bertelli & Smith, 2010) e alinhamento de objetivos (Feiock; Andrew, 2006), atributos que contribuem para a estabilidade das redes colaborativas e para a efetividade da governança ambiental (Huang *et al.*, 2020).

A centralidade de intermediação identifica atores que facilitam o acesso a dados de monitoramento provenientes de outros, encurtando os caminhos de informação e fortalecendo sua capacidade de influência política (Huang *et al.*, 2021). Esses intermediadores exercem liderança ao promover confiança mútua, ação coletiva e apoio a soluções para problemas ambientais complexos (Bodin, 2017). São também catalisadores de inovações, mediação de conflitos e articulação intersetorial (Crona; Parker, 2012), capazes de transformar relações informais em parcerias formais para compartilhamento de informações (Huang *et al.*, 2020). No contexto deste estudo, essa dinâmica é evidenciada pelo Programa Mar Sem Lixo, fruto da cooperação entre Fundação Florestal, APAs Marinhas, Instituto Oceanográfico da USP e pescadores artesanais, que promove a coleta de resíduos do fundo marinho atrelando pagamentos por serviços ambientais, e gerando dados relevantes para a implementação do PEMALM.

Os intermediadores também podem ser caracterizados como organizações de fronteira, conhecidas por facilitar a colaboração e o fluxo de informações entre ciência e formulação de políticas, sendo amplamente reconhecidos como meios eficazes para integrar esses domínios (Crona; Parker, 2012). A Universidade de São Paulo foi identificada como um ator intermediador, o que corrobora o papel historicamente atribuído às universidades como organizações de fronteira, em razão de sua posição estratégica na interface entre a produção acadêmica e a sociedade (Crona; Parker, 2012). No contexto latino-americano e do Sul Global, universidades públicas ocupam papel central como produtoras e detentoras de conhecimento. No entanto, embora sejam reconhecidas como instituições-chave para conectar ciência e sociedade, enfrentam desafios recorrentes, como barreiras institucionais e culturais, ausência de incentivos adequados e dificuldades na comunicação e engajamento com setores externos. Assim, recomenda-se o fortalecimento contínuo das capacidades de comunicação e do envolvimento com atores para além da academia para ampliar sua efetividade como organizações de fronteira.

Para um funcionamento coeso da rede e estabilização das relações, é fundamental que a sua governança esteja atrelada a uma proposta de arranjo de implementação.

Tal arranjo compreende o conjunto de regras, espaços e processos, formais e informais, que definem a forma particular como se articulam atores e interesses na implementação de uma política pública específica (Gomide; Pires, 2014). Uma variedade de arranjos institucionais tem sido considerada para o objetivo de construir políticas públicas efetivas em um contexto territorial como o brasileiro, marcado pela diversidade e complexidade, e incluem a exigência da participação social e da transparência (Lotta; Vaz, 2015). Assim, uma vez que a estrutura da rede influencia diretamente as dinâmicas de poder dentro da governança e a forma que naturalmente a coordenação é exercida (Marques, 2006), a coordenação desta rede de monitoramento pode ser executada pelos atores centrais identificados.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o estado de São Paulo dispõe de capital institucional e capacidade de geração de dados suficientes para estabelecer um sistema de monitoramento abrangente do lixo no mar. No entanto, a efetividade desse sistema depende de uma coordenação articulada entre os diversos produtores de dados. Instituições com posições centrais e reconhecidas por sua confiabilidade na rede devem assumir esse papel de coordenação, promovendo conexões estratégicas e enfrentando os desafios relacionados ao compartilhamento de informações em escala estadual. A rede de conhecimento identificada revela um potencial significativo para preencher lacunas existentes no monitoramento, dada a presença de atores qualificados e comprometidos com uma governança colaborativa, aptos a integrar ciência, *expertise* multissetorial e formulação de políticas públicas inovadoras, como o PEMALM.

Estudos complementares em outras escalas subnacionais são fundamentais para viabilizar comparações e determinar o arranjo de rede ideal à governança eficiente do monitoramento do lixo no mar. As contribuições deste estudo dialogam com iniciativas da Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021–2030), com os esforços de implementação do ODS 14 — em especial a meta 14.1, voltada à prevenção e redução significativa da poluição marinha —, bem como com o processo de negociação do Novo Tratado Global contra a Poluição Plástica, previsto para ser concluído até o final de 2025. Essa agenda internacional demanda a produção e o compartilhamento de dados em múltiplas escalas, o que requer o aprimoramento da compreensão sobre os arranjos de governança envolvidos. Como estudo pioneiro ao aplicar métodos das ciências sociais ao tema, este trabalho oferece uma base conceitual e uma abordagem analítico-operacional para subsidiar a construção de modelos de governança orientados ao preenchimento da lacuna crítica de dados sobre o lixo no mar, em níveis estadual, nacional e global.

## 6. AGRADECIMENTOS

O Plano Estratégico para Monitoramento e Avaliação de Lixo no Mar (PEMALM) para o Estado de São Paulo resulta de uma parceria entre o FUNBIO, a Cátedra UNESCO para a Sustentabilidade do Oceano, sediada no Instituto de Estudos Avançados e no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, e a Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, com financiamento da Embaixada da Noruega no Brasil através do Programa Norueguês de Desenvolvimento para Combate ao Lixo no Mar e Microplásticos (Projeto N° BRA-18/0034). A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) concedeu bolsa a Vitória Milanez Scrich (Proc. 2020/88887.481607) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), concedeu bolsa de Produtividade em Pesquisa (310553/2019-9 e 316837/2023-7) a Alexander Turra.

## REFERÊNCIAS

- ANSELL, C.; GASH, A. Collaborative governance in theory and practice. *Journal of Public Administration Research and Theory*, v. 18, n. 4, p. 543-571, 2008.
- BENDTSEN, E. B.; CLAUSEN, L. P. W.; HANSEN, S. F. A review of the state-of-the-art for stakeholder analysis with regard to environmental management and regulation. *Journal of Environmental Management*, v. 279, p. 111773, 2021.
- BERTELLI, A. M.; SMITH, C. R. Relational Contracting and Network Management. *Journal of Public Administration Research and Theory*, v. 20, n. 1, p. i21-i40, 2010.
- BLOCH, F.; JACKSON, M. O.; TEBALDI, P. Centrality measures in networks. *Social Choice and Welfare*, p. 1-41, 2023.
- BODIN, Ö. Collaborative environmental governance: Achieving collective action in social-ecological systems. *Science*, v. 357, n. 6352, p. 1114, 2017.
- BODIN, Ö.; CRONA, B. The role of social networks in natural resource governance: What relational patterns make a difference? *Global Environmental Change*, v. 19, n. 3, p. 366-374, 2009.
- BORGATTI, S. P.; EVERETT, M. G.; FREEMAN, L. C. Ucinet for Windows: software for social network analysis. *Analytic Technologies*, v. 6, p. 12-15, 2002.
- BORRELLE, S. B. *et al.* Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science*, v. 369, n. 6510, p. 1515-1518, 2020.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Departamento de Gestão Ambiental Territorial. Coordenação-Geral de Gerenciamento Costeiro. Plano de Combate ao Lixo no Mar. Brasília, DF: MMA, 2019.
- CHESHIRE, A. *et al.* *UNEP/IOC Guidelines on survey and monitoring of marine litter*. Nairobi: UNEP, 2009.
- CRONA, B. *et al.* Combining social network approaches with social theories to improve understanding of resource governance. In: BODIN, Ö.; PRELL, C. (Ed.). *Social networks and*

- natural resource management: uncovering the social fabric in environmental governance.* Cambridge: Cambridge University Press, 2011, p. 44-71.
- CRONA, B. I.; PARKER, J. N. Learning in support of governance: theories, methods, and a framework to assess how bridging organizations contribute to adaptive resource governance. *Ecology and Society*, v. 17, n. 1, 2012.
- DURHAM, E.; BAKER, H.; SMITH, M.; MOORE, E.; MORGAN, V. *The BiodivERsA stakeholder engagement handbook.* Paris: BiodivERsA, 2014. 108 p.
- ELLIFE, C. *et al.* From in-person to virtual engagement: adaptations of a participative process for designing a marine litter public policy in Brazil. *Costas*, v. 3, n. 1, 2021.
- FEIOCK, R. C.; ANDREW, S. A. Introduction: understanding the relationships between nonprofit organizations and local governments. *International Journal of Public Administration*, v. 29, n. 10-11, p. 759-767, 2006.
- FREEMAN, R. E. The stakeholder approach revisited. *Zeitschrift für Wirtschafts- und Unternehmensethik*, v. 5, n. 3, p. 228-254, 2004.
- GATTRINGER, C. W. A revisited conceptualization of plastic pollution accumulation in marine environments: Insights from a social ecological economics perspective. *Marine Policy*, v. 96, p. 221-226, 2018.
- GESAMP. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment. KERSHAW, P. J.; ROCHMAN, C. M. (Ed.). *Reports and Studies GESAMP*, n. 93, 2016.
- GESAMP. Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean. KERSHAW, P. J.; TURRA, A.; GALGANI, F. (Ed.). *Reports and Studies GESAMP*, n. 99, 130 p., 2019.
- GOMIDE, A. A.; PIRES, R. *Capacidades estatais e democracia: A abordagem dos arranjos institucionais para análise de políticas públicas.* Brasília: Ipea, 2014.
- GONÇALVES-DIAS, S. L. F. O desafio da gestão de resíduos sólidos urbanos. *GV Executivo*, v. 11, p. 16-20, 2012.
- GPML. Concept Document: global partnership on marine litter digital platform. A multi-stakeholder platform working document for user and partner consultations. 33 p., 2022.
- GRANIT, J. *et al.* A conceptual framework for governing and managing key flows in a source-to-sea continuum. *Water Policy*, v. 19, n. 4, p. 673-691, 2017.
- GRIMBLE, R.; CHAN, M. K. Stakeholder analysis for natural resource management in developing countries: some practical guidelines for making management more participatory and effective. *Natural Resources Forum*, v. 19, n. 2, p. 113-124, 1995.
- HARRIS, P. T. *et al.* A marine plastic cloud-Global mass balance assessment of oceanic plastic pollution. *Continental Shelf Research*, v. 255, p. 104947, 2023.
- HASTINGS, E.; POTTS, T. Marine litter: Progress in developing an integrated policy approach in Scotland. *Marine Policy*, v. 42, p. 49-55, 2013.

- HAWARD, M. Plastic pollution of the world's seas and oceans as a contemporary challenge in ocean governance. *Nature Communications*, v. 9, n. 1, p. 667, 2018.
- HUANG, C.; YI, H.; CHEN, T.; XU, X.; CHEN, S. Networked environmental governance: formal and informal collaborative networks in local China. *Policy Studies*, v. 43, n. 3, p. 403-421, 2020.
- HUANG, C.; CHEN, W.; YI, H. Collaborative networks and environmental governance performance: a social influence model. *Public Management Review*, v. 23, n. 12, p. 1878-1899, 2021.
- JAMBECK, J. R. *et al.* Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, v. 347, n. 6223, p. 768-771, 2015.
- LÖHR, A. *et al.* Solutions for global marine litter pollution. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 28, p. 90-99, 2017.
- LOTTA, G. S.; VAZ, J. C. Arranjos Institucionais de Políticas Públicas: Aprendizados a partir de casos do Brasil. *Revista do Serviço Público*, v. 66, n. 2, p. 171-194, 2015.
- MANNAART, M.; BENTLEY, A.; MCCORD, G.; MIDAVAINÉ, J. J. Marine litter at UNESCO world heritage marine sites. Archipelago, Scotland: KIMO International, 2019.
- MARCH, A. *et al.* A global review of plastics policies to support improved decision making and public accountability. *Global Plastics Policy Centre*, Revolution Plastics, University of Portsmouth, UK, 2022.
- MARCH, A. *et al.* Effectiveness of national action plans | Global Plastics Treaty Policy Brief. *Global Plastics Policy Centre and Dalhousie University*, 2023.
- MARQUES, E. Redes sociais e poder no Estado brasileiro: aprendizados a partir de políticas urbanas. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, v. 21, p. 15-41, 2006.
- MATHEWS, R. E.; TENGBERG, A.; SJÖDIN, J.; LISS-LYMER, B. *Implementing the source-to-sea approach: a guide for practitioners*. Stockholm: SIWI, 2019.
- MOUAT, J.; LOZANO, R. L.; BATESON, H. Economic Impacts of marine litter. *KIMO International*, 105 p., 2010.
- NEWMAN, S. *et al.* The economics of marine litter. In: BERGMANN, M.; GUTOW, L.; KLAGES, M. (Ed.). *Marine Anthropogenic Litter*. Cham: Springer, p. 367-394, 2015.
- PAHL, S.; WYLES, K. J. The human dimension: how social and behavioural research methods can help address microplastics in the environment. *Analytical Methods*, v. 9, n. 9, p. 1404-1411, 2017.
- PEMALM. *Plano estratégico de monitoramento e avaliação do lixo no mar para o estado de São Paulo*. São Paulo: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2021.
- PERSSON, L. *et al.* Outside the safe operating space of the planetary boundary for novel entities. *Environmental Science & Technology*, v. 56, n. 3, p. 1510-1521, 2022.
- POTTS, T.; HASTINGS, E. *Marine litter issues, impacts and actions*. Scottish Government, 2011.
- PRELL, C. *et al.* 'Who's in the network?' When stakeholders influence data analysis. *Systemic Practice and Action Research*, v. 21, n. 6, p. 443-458, 2008.

- PRELL, C.; HUBACEK, K.; REED, M. Stakeholder analysis and social network analysis in natural resource management. *Society and Natural Resources*, v. 22, n. 6, p. 501-518, 2009.
- RAUBENHEIMER, K.; URHO, N. *Possible elements of a new global agreement to prevent plastic pollution*. Copenhagen: Nordic Council of Ministers, 2020.
- REED, M. S. *et al.* Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of Environmental Management*, v. 90, n. 5, p. 1933-1949, 2009.
- ROCKSTRÖM, J. *et al.* A safe operating space for humanity. *Nature*, v. 461, p. 472-475, 2009.
- SCHMEER, K. *Guidelines for conducting a stakeholder analysis*. Bethesda, MA: PHR, Abt Associates, 1999.
- SCRICH, V. M. *et al.* Stakeholder analysis as a strategic tool in framing collaborative governance arenas for marine litter monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, v. 198, p. 115799, 2024.
- SCRICH, V. M. *et al.* Untangling the network structure for marine litter monitoring governance. *Marine Pollution Bulletin*, v. 210, p. 117337, 2025.
- SIMON, N. *et al.* A binding global agreement to address the life cycle of plastics. *Science*, v. 373, n. 6550, p. 43-47, 2021.
- SOUZA, Q. R.; QUANDT, C. O. Metodologia de Análise de Redes Sociais. In: DUARTE, F.; QUANDT, C.; SOUZA, Q. (Org.). *O tempo das redes*. São Paulo: [s.n.], 2008. p. 31-63.
- TURRA, A. *et al.* *Lixo nos mares: do entendimento à solução*. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2020.
- UNDERDAL, A. Complexity and challenges of long-term environmental governance. *Global Environmental Change*, v. 20, n. 3, p. 386-393, 2010.
- UNEA. *End plastic pollution: towards an international legally binding instrument*. United Nations Environment Assembly. Resolution UNEP/EA.5/Res.14, 2022.
- UNEP. *Marine litter: a global challenge*. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2009.
- UNEP. *Guidelines for the development of action plans on marine litter*. Ad Hoc Open-Ended Expert Group on Marine Litter and Microplastics. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2019.
- UNEP. *National guidance for plastic pollution hotspotting and shaping action – Introduction report*. BOUCHER, J.; ZGOLA, M. *et al.* Nairobi: United Nations Environment Programme, 2020.
- UNEP. *Addressing single-use plastic products pollution using a life cycle approach*. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2021.
- UNEP; NOAA. *The Honolulu Strategy – A global framework for prevention and management of marine debris*. Nairobi: UNEP; NOAA, 2011.
- VEIGA, J. M. *et al.* Enhancing public awareness and promoting co-responsibility for marine litter in Europe: The challenge of MARLISCO. *Marine Pollution Bulletin*, v. 102, n. 2, p. 309-315, 2016.

- VIANNA, L. P.; XAVIER, L. Y. A APA Marinha Litoral Norte (APAMLN) de São Paulo: do conflito à gestão participativa. In: BESUNSAN, N.; PRATES, A. P. (Org.). *A diversidade cabe na unidade?: áreas protegidas no Brasil*. Brasília: IEB, 2014. p. 608-620.
- VILLARRUBIA-GÓMEZ, P.; CORNELL, S. E. Marine plastic pollution as a planetary boundary threat – The drifting piece in the sustainability puzzle. *Marine Policy*, v. 96, p. 213-220, 2018.
- VINCE, J.; HARDESTY, B. D. Plastic pollution challenges in marine and coastal environments: from local to global governance. *Restoration Ecology*, v. 25, n. 1, p. 123-128, 2017.
- VINCE, J.; STOETT, P. From problem to crisis to interdisciplinary solutions: plastic marine debris. *Marine Policy*, v. 96, p. 200-203, 2018.



# Lixo nos mares: uma análise da cobertura jornalística realizada por uma TV pública brasileira

*Adele Machado Santelli  
Alexander Turra*

## **RESUMO**

A poluição marinha por resíduos sólidos, principalmente plásticos, tem se mostrado um problema ambiental de magnitude cada vez maior e que demanda urgência por ações de combate. O jornalismo ambiental entra como ferramenta capaz de contribuir com processos informativos e de educação, quando realizado de maneira clara, contínua e alinhado com pesquisas científicas. Este trabalho se propôs a analisar a cobertura jornalística realizada pela Fundação Padre Anchieta – TV Cultura, do estado de São Paulo, no período de 2016 a 2018, sobre o tema. Para isso, foi realizado um levantamento das matérias jornalísticas produzidas e veiculadas sobre o assunto neste período. Depois, foram utilizadas análises quantitativas e qualitativas, estabelecidas na metodologia, de maneira a possibilitar uma discussão não apenas das matérias jornalísticas em si, mas também do papel do jornalismo ambiental e da televisão pública enquanto agentes sociais estimuladores de debates mais profundos nas sociedades.

**Palavras-chave:** Jornalismo; Jornalismo Ambiental; Lixo nos Mares; Poluição Marinha; Televisão Pública; Comunicação Ambiental.

## 1. INTRODUÇÃO

A temática ambiental tem tido cada vez mais destaque na imprensa. Hoje, é muito difícil separar os assuntos ambientais das coberturas cotidianas. Direta ou indiretamente, tudo está interligado e, os últimos anos, no Brasil, foram de intensa cobertura ambiental, sobretudo conectada à política e à economia.

Dentro desse amplo campo de cobertura, temos o problema dos lixos nos oceanos, que tem aparecido frequentemente na área dos estudos científicos, principalmente a partir dos anos 2000, refletindo a necessidade de abordar o tema na grande mídia, seja ela impressa, televisiva ou de rádio ou digital. Dentre os tipos de poluição marinha causada pelo lixo, os plásticos se destacam e vêm ganhando espaço em reportagens jornalísticas em todo o mundo.

No Brasil, a TV é, até hoje, um dos veículos de maior alcance, trazendo a possibilidade de geração de conteúdo informativo capaz de contribuir para processos educativos. Mais precisamente a TV pública, que é regida por premissas não comerciais e de independência quanto a governos e mercados, carrega a responsabilidade de produzir e transmitir informação de qualidade e interesse público. Porém, não está evidente se a missão tem sido devidamente cumprida, especialmente em relação à cobertura de temas ambientais, como é o caso do lixo nos mares.

Em plena Década dos Oceanos, estipulada pela Organização das Nações Unidas – ONU, em 2017, para os anos entre 2021 e 2030, faz-se relevante entender o papel dos veículos jornalísticos como disseminadores de informações científicas sobre as diferentes crises ambientais.

Nesse sentido, o presente trabalho se propôs a analisar de que forma é feita a cobertura jornalística sobre lixo nos oceanos por uma das maiores e mais relevantes emissoras de televisão pública do país, a Fundação Padre Anchieta - TV Cultura de São Paulo, e cruzar dados obtidos em matérias produzidas e veiculadas, com critérios pré-definidos a fim de responder se são realizadas coberturas do tema de forma clara e contextualizada para o entendimento do problema, atendendo ao interesse público e às premissas que regem a televisão pública. Este capítulo é resultado de uma dissertação defendida em dezembro de 2022, no Procam/USP.

## 2. METODOLOGIA

A análise de conteúdo é uma abordagem para obtenção e tratamento de dados e informações qualitativas com o objetivo de caracterizar as ideias predominantes em documentos (Bardin, 2016). De acordo com a autora Lawrence Bardin, a análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de análise de documentos do campo das comunicações que visa caracterizar o conteúdo das mensagens a partir de procedimentos sistemáticos. Porém, tais procedimentos sistemáticos podem ser estabelecidos por uma “disparidade de formas e adaptável a um campo de aplicação muito vasto: o das

comunicações” (Bardin, 2016, p. 43). O levantamento foi realizado junto ao Centro de Documentação da Fundação Padre Anchieta – TV Cultura (CEDOC), utilizando palavras-chave previamente estabelecidas e relacionadas ao tema.

O universo total de unidades de análise foi definido pelo conjunto de programas ou matérias veiculadas entre os anos de 2016 e 2018, representando uma gestão sob a mesma presidência e mesmo corpo diretor, tornando a análise homogênea.

A análise de conteúdo priorizada foi a qualitativa. Quanto ao escopo da análise, optamos pela abordagem de programas e matérias jornalísticas sobre o tópico “lixo nos mares” como tema central e impulsionador da produção.

Temos como unidade de análise uma matéria ou o programa inteiro. Foi feita uma avaliação prévia do conteúdo integral do universo potencial de análise, que consistiu em assistir a todas. Depois, análise feita a partir de aplicação de uma versão adaptada por nós do Protocolo de Análise de Conteúdo, desenvolvido pela Rede Ibero-Americana de Capacitação e Monitoramento em Jornalismo Científico.

Dessa forma, no Quadro 1 estão apresentadas as 7 dimensões com diferentes categorias propostas pelo protocolo original.

Quadro 1– As 7 dimensões com diferentes categorias propostas originalmente pelo protocolo

Dimensões	Categorias de análise
1. Características gerais	País de origem do telejornal Nome do telejornal Data de exibição Dia da semana em que foi exibida Etiqueta
2. Relevância	A matéria faz parte de uma série de notícias? Duração da matéria Bloco do telejornal em que foi veiculada A matéria foi mencionada na abertura do programa?
3. Tema	Lembrete Principal área de conhecimento
4. Narrativa	Enquadramento (frame)
5. Tratamento	Recursos visuais: uso de animações, tabelas de dados, infográficos, diagrama, esquema ou mapa Veiculação de imagens de cientistas Locais onde aparecem os cientistas A matéria faz conexão com um site de ciência?

Dimensões	Categorias de análise
5. Tratamento (cont.)	<p>Explora-se alguma forma de interação com o público (informa endereço de email para contato; convida a visitar o site do próprio telejornal; convida a participar de uma pesquisa; convida a enviar depoimentos/fotos/vídeos; convida os telespectadores a interagir entre eles em um espaço do próprio meio, como fóruns e chats)?</p> <p>A matéria explica algum conceito ou termo científico?</p> <p>A matéria menciona controvérsias (científicas ou não)?</p> <p>A matéria menciona benefícios concretos da ciência?</p> <p>A matéria menciona promessas da ciência?</p> <p>A matéria menciona danos concretos da ciência?</p> <p>A matéria menciona riscos potenciais da ciência?</p> <p>A matéria faz recomendações aos telespectadores?</p> <p>A matéria oferece informações de contexto?</p> <p>A matéria apresenta a ciência como uma atividade coletiva?</p>
6. Atores	<p>Fontes</p> <p>Vozes</p> <p>Gênero dos cientistas entrevistados</p>
7. Localização	<p>Localização geográfica do evento científico ou objeto de pesquisa</p> <p>Localização geográfica dos pesquisadores/instituições envolvidos no estudo</p>

Fonte: Ramalho *et al.* (2012)

Na adaptação definida para o presente trabalho, foram excluídas algumas dimensões e adicionados/alterados itens, de forma a customizar os critérios para o tema “lixo nos mares”.

A dimensão número 1, “Características gerais”, reúne informações básicas de cada peça jornalística de forma a se ter um cadastro individual.

A dimensão número 2 trata da “Relevância”. O protocolo entende que a relevância atribuída ao assunto pelo veículo pode ser identificada em informações como o bloco do jornal em que a matéria foi exibida, a duração da matéria, se é uma matéria isolada ou inserida em uma série etc.

A terceira dimensão do protocolo aqui adaptado é a “Narrativa” (*frame* ou enquadramento), de acordo com o Protocolo original “uma ideia central organizadora que proporciona um contexto e sugere qual o problema a abordar, por meio de critérios de uso, seleção, exclusão e elaboração” (Ramalho *et al.*, 2012, p. 15). Nesta adaptação, considerou-se para cada matéria jornalística apenas um enquadramento, sempre levando em conta o *frame* principal.

A quarta dimensão nessa versão do protocolo e mais abrangente, “Tratamento”, “busca verificar diversos artifícios explorados nas notícias de ciência (...)” (Ramalho *et al.*, 2012, p. 15).

**Questionamento 1:** A notícia mencionou a PNRS ou acordo/legislação internacional?

**Questionamento 2:** O ODS 14 “Vida na Água” – Objetivo de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas/ONU –, foi mencionado?

**Questionamento 3:** A notícia fala de lixo nos mares que não seja plástico?

**Questionamento 4:** O problema foi relatado com visão sistêmica (complexidade)?

**Questionamento 5:** O problema foi endereçado corretamente (responsabilização)?

**Questionamento 6:** A matéria reforçou a desinformação?

- termos em outros idiomas não traduzidos;
- dados incompletos ou sem fonte;
- termos científicos não seguidos de explicação;
- informação imprecisa.

**Questionamento 7:** A notícia se baseou em estudo técnico ou científico?

**Questionamento 8:** As ações individuais foram tratadas como parte/solução do problema?

**Questionamento 9:** Foram apontadas soluções para o problema “lixo nos mares”?

**Questionamento 10:** Foram mencionados impactos ambientais causados pelo problema “lixo nos mares”?

Por fim, a quinta e última dimensão dessa adaptação é a dimensão “Atores”. Ela se baseia nas fontes e vozes, considerando-se como “fonte toda base de dados e/ou informação sobre a(s) qual(is) se construiu a notícia, incluindo as vozes presentes, contudo ressalta-se que nem toda fonte é uma voz” (Ramalho *et al.*, 2012). Nesse trabalho, somente serão consideradas as “vozes”.

Quanto à categoria de análise de “gênero”, adotou-se uma classificação binária, com o único objetivo de verificar a proporção de participação, nas matérias analisadas, de cientistas homens e mulheres.

Com as dimensões 3 e 7 excluídas nessa adaptação do protocolo, permanecem cinco dimensões renumeradas a seguir, sempre levando em conta a unidade de análise:

**Dimensão 1:** Características gerais

**Dimensão 2:** Relevância

**Dimensão 3:** Narrativa (frame)

- (E) Efemérides (positivas ou negativas).
- (F) Factuais (positivos ou negativos): reportagem produzida para noticiar acontecimento atual.
- (NP) Nova pesquisa.
- (C) Continuidade: reportagem produzida como parte de cobertura sistêmica.

**Dimensão 4:** Tratamento (10 questionamentos listados)

**Dimensão 5:** Atores

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro resultado obtido foi a identificação de um universo potencial total, composto por matérias jornalísticas veiculadas pela Fundação Padre Anchieta - TV Cultura de São Paulo, entre os anos de 2016 e 2018, formado por 31 de unidades de análise, que passaram por uma avaliação prévia do conteúdo integral, de forma a filtrar quais apresentavam “lixo nos mares” como **tema central impulsionador**. Obtivemos como resultado 11 matérias jornalísticas, que compuseram o universo efetivo de análise, submetidas então ao passo seguinte: a aplicação da adaptação do protocolo por nós estabelecida.

A Tabela 1 mostra a frequência de matérias sobre “lixo nos mares” por unidade de análise, isto é, quantas vezes o tema foi veiculado dentro de um mesmo bloco ou programa inteiro.

Tabela 1 – Frequência em que o tema foi veiculado em cada unidade de análise por programa/telejornal

Programa	Frequência (VTs)
JC Debate	todo
Jornal da Cultura	1
Jornal da Cultura	1
Jornal da Cultura 1	1
Matéria de Capa	7
Matéria de Capa	3
Matéria de Capa	9
Panorama	todo
Repórter Eco	1
Repórter Eco	1
Repórter Eco	1

Fonte: Elaborada pelos autores.

A Figura 1 nos apresenta a quantidade de unidades de análise por cada ano do período considerado. No eixo *x* temos os anos de 2016, 2017 e 2018 e no eixo *y* temos o número de programas e matérias.

O dado mais expressivo é a ausência de matérias sobre o tema “lixo nos oceanos” no ano de 2016, seguido de um crescimento para três unidades de análise no ano de 2017 e um salto em 2018, para oito unidades de análise.

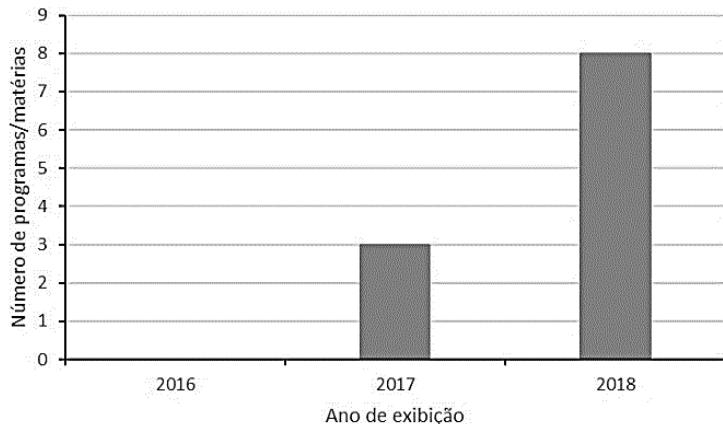


Figura 1 – Quantidade de unidades de análise por ano, no período de 2016 a 2018.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Embora o dado seja preocupante quando focamos no ano de 2016, a análise sequencial mostra que o assunto foi tomando maior importância com o passar do tempo e esse fato pode ser apoiado em uma produção crescente de artigos científicos como mostra a Figura 2, extraída da revisão de Schmid *et al.* (2021).

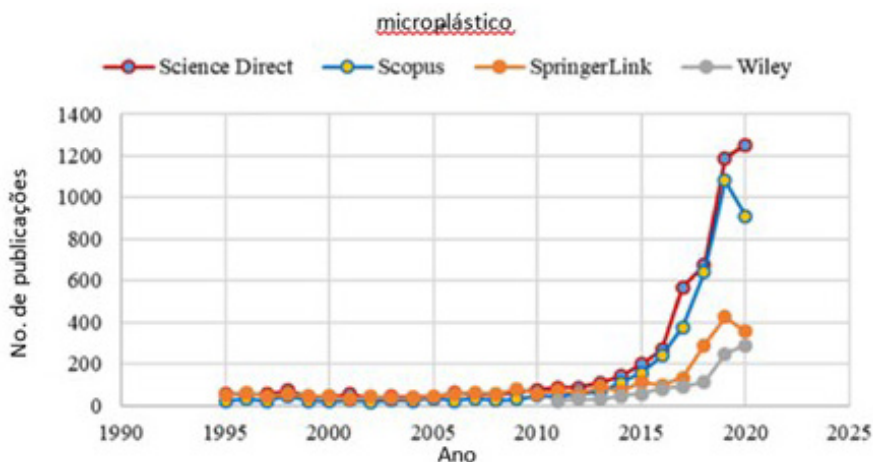


Figura 2 – Tendência do número de publicações nas 4 principais bases de dados, palavra-chave “microplástico”, pesquisada em 2 de junho de 2020.

Fonte: Schmid *et al.* (2021).

A Tabela 2 mostra a ocorrência das Narrativas (frames) e suas quatro categorias consideradas, das 11 matérias submetidas à análise com o protocolo adaptado.

Os resultados revelam que as narrativas “Continuidade” e “Factual” são as principais motivações para a produção de matérias sobre lixo nos mares, seguidas das efemérides. Os acontecimentos atuais são, de fato, grandes impulsionadores de notícias dos veículos, uma vez que o jornalismo tem como uma de suas funções transmitir informações cotidianas.

Tabela 2 – Ocorrência de categorias de narrativas nas unidades de análise

Narrativa	Ocorrência
Continuidade	4 (36,4%)
Efeméride	3 (27,2%)
Factual	4 (36,4%)
Nova Pesquisa	0 (0%)

Fonte: Elaborada pelos autores.

Vale destacar a importância da continuidade, que aparece como motivação em 4 das 11 matérias analisadas (36,4%). A continuidade pressupõe compromisso com o tema. Fala-se nele por sua importância intrínseca. A produção jornalística motivada pela continuidade abre caminho para o entendimento, por parte do público, da relevância do tema para a sociedade e auxilia na familiarização do problema e sua contextualização, contribuindo com a educação e a busca por soluções.

Chama a atenção, no entanto, a falta de notícias movidas por novas pesquisas científicas. Um dado de extrema relevância quando tratamos de uma emissora público-educativa, que deve ter como um dos pilares, a divulgação científica. Admitimos, entretanto, as limitações da presente análise e, que não necessariamente exista a falta de divulgação de novos estudos científicos em outras coberturas ambientais.

A dimensão “Tratamento” teve seus resultados representados em quadros que consideraram as inter-relações entre as perguntas propostas na metodologia. Essa dimensão nos traz respostas aprofundadas sobre aspectos relacionados ao conteúdo da cobertura em si do tema “lixo nos mares”.

Um primeiro destaque é o fato de algum tipo de desinformação, dentre os quatro definidos para a análise, estar presente em 10 das 11 matérias consideradas, o que traz um alerta para o cuidado com a prática jornalística e a necessidade de atenção quando da utilização de dados no conteúdo, como forma de oferecer credibilidade ao público como mostra a Tabela 3.

Já sobre o embasamento em estudos técnicos ou científicos, quase metade das matérias analisadas tem como fonte algum tipo de estudo, mas alguns casos, mesmo em matérias que se basearam em estudos técnicos ou científicos, apresentaram demais dados incompletos ou sem fonte.

A Tabela 4 traz os seguintes itens: outros lixos, visão sistêmica, responsabilização, indivíduo, solução e impacto, que se referem às perguntas de número 3, 4, 5, 8, 9 e 10 da dimensão “Tratamento” e suas ocorrências ou não.

A cobertura de “lixo nos mares,” realizada pela TV Cultura, é relativa à poluição plástica em mais de 90% das análises, o que revela a exclusão de outros materiais como

parte do problema. Contudo, a expressividade do lixo plásticos nos oceanos é relevante já que o plástico realmente é o contaminante sólido mais presente nos oceanos, compondo cerca de 75% do lixo nos mares (Ospar, 2007; Henderson; Green, 2020).

**Tabela 3** – Ocorrência de aspectos quanto à desinformação e fonte, nas unidades de análise

Dados e informação	Ocorrências	
Desinformação	sim	10 (90,9%)
	não	1 (9%)
Estudo técnico ou científico	sim	6 (54,5%)
	não	5 (45,4%)

Fonte: Elaborada pelos autores.

**Tabela 4** – Ocorrência de fatores quanto ao conteúdo abrangente nas unidades de análise

Contexto	Ocorrências	
Outros lixos	Sim	1(9%)
	Não	10 (90,9%)
Visão sistêmica	Sim	2 (18,1%)
	Parcial	1 (9%)
	Não	8 (72,3%)
Responsabilização	Sim	3 (27,3%)
	Parcial	7 (63,6%)
	Não	1 (9%)
Indivíduo	Sim	10 (90,9%)
	Não	1 (9%)
Solução	Sim	11 (100%)
	Não	0
Impacto	Sim	11(100%)
	Não	0

Fonte: Elaborada pelos autores.

A inclusão do indivíduo como parte do problema/solução que aparece em 90,9% das unidades analisadas, é parte importante da cobertura jornalística da televisão pública/educativa, que tem como uma de suas premissas a veiculação de conteúdo que contribua para a educação e formação da população, o que só é possível com o entendimento de direitos e responsabilidades diante dos problemas socioambientais. No entanto, foi percebida uma tendência de responsabilizar excessivamente o consumidor/cidadão, o que pode desviar o foco do endereçamento adequado do problema. A responsabilização adequada, considerada aqui como poder público, indústria e consumidor conjuntamente, foi feita em apenas 23,7% das matérias.

Um aspecto positivo é a proposição de soluções para os problemas, o que aconteceu em todas as unidades analisadas e pode ser uma estratégia eficiente não apenas para mudar a visão do público quanto à negatividade, ao cansaço e às tendências dramáticas e alarmistas das notícias em geral, quanto apresentar modelos de sucesso, respostas plausíveis e ações dirigidas para o problema, além de estimular iniciativas construtivas. (McIntyre, 2017)

Cabe ressaltar que algumas soluções são colocadas como únicas, em vez de serem integradas a outras. Um exemplo é a **reciclagem**, mencionada em grande parte das unidades de análise como solução principal. Apesar da importância, é preciso ter cautela com a simplificação das respostas a um problema complexo como “lixo nos mares”. De acordo com o relatório “Solucionar a Poluição Plástica: Transparência e Responsabilização” (WWF, 2019), embora o índice de coleta seja alto (91%), apenas 1,28% do plástico, o principal material que polui os mares, é de fato reciclado no Brasil. A média global é de 9%.

A menção dos impactos causados também é relevante. Temos um dado positivo, já que está presente em 100% das unidades de análise.

Esses são alguns dos aspectos que compõem a visão sistêmica do problema “lixo nos mares”, o que foi feito somente em duas das 11 unidades analisadas.

Na Figura 3 elencamos por colunas os itens dos critérios que se referem às boas práticas na cobertura de “lixo nos mares”. Listamos do lado esquerdo os programas analisados e do direito, a quantidade de matérias de cada um deles. Foram consideradas boas práticas: ter como impulsionador da realização da matéria a narrativa “continuidade” – que pressupõe compromisso inerente com o tema -, mencionar a PNRS e/ou o ODS 14 - “Vida na água”, transmitir uma visão sistêmica do problema, endereçar responsabilidades adequadamente, incluir a ação individual como parte do problema/solução, oferecer soluções, mencionar impactos, não gerar desinformação, e embasar a matéria em estudo técnico ou científico.

Quadrantes verdes significam a boa prática atingida e os quadrantes vermelhos, quando não foi alcançada. O contraste das cores nos ajuda a visualizar quais as boas

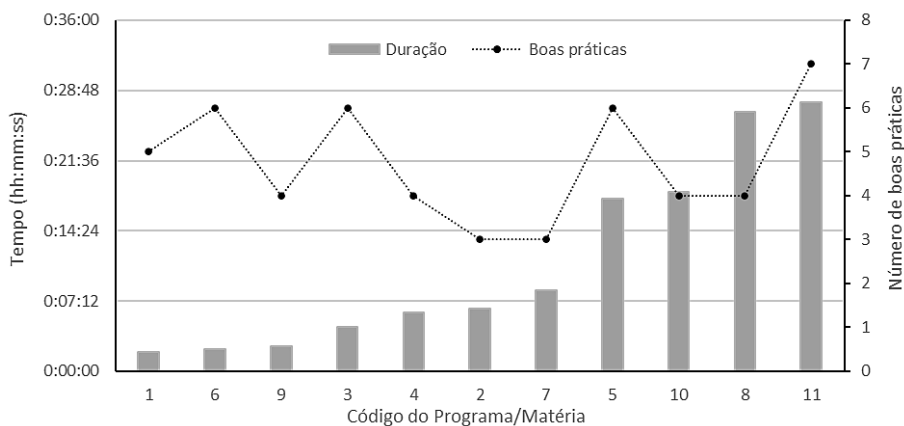
práticas mais exercidas e quais ainda precisam de ajustes. Há muitas interpretações possíveis, como o fato de que nenhuma unidade de análise conseguiu reunir todas as boas práticas ou que ‘mencionar impactos dos problemas’, ‘considerar o indivíduo como parte do problema/solução’ e ‘oferecer soluções’ são as boas práticas mais exercidas.

PGM	Narr	PNRS	ODS	Sistêm	Respons	Indiv	Solução	Impacto	Desinf	Estudo	Total
JC Deb	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Red	Green	4
JC	Red	Red	Red	Green	Green	Red	Green	Green	Red	Red	5
JC	Green	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Red	Red	4
JC 1	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	6
MC	Green	Red	Red	Green	Red	Green	Green	Green	Red	Green	6
MC	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Red	Red	3
MC	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Red	Green	4
Pan	Green	Green	Red	Red	Green	Red	Green	Green	Red	Green	7
Rep Eco	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Red	Red	3
Rep Eco	Red	Green	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Red	Green	6
Rep Eco	Red	Green	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Red	Red	4

**Figura 3** – Boas práticas alcançadas e não alcançadas por programas/telejornais das unidades de análise.

Fonte: Elaborada pelos autores.

A Figura 4 traz a relação entre unidades de análise, duração das matérias e número de boas práticas contidas em cada matéria. É possível visualizar a relação entre tempo de exibição e boas práticas, a fim de compreendermos se matérias mais longas, necessariamente, significam melhores práticas jornalísticas na cobertura do tema lixo nos mares.



**Figura 4** – Relação entre unidades de análise, tempo de exibição e número de boas práticas.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Como vemos, as unidades de análise mais longas tendem a apresentar maior número de boas práticas, mas essa não é uma regra. Os resultados do gráfico revelam que é possível atingir boas práticas com pouco tempo no ar, como é o caso das unidades de análise 6 e 3.

A Tabela 5 mostra os resultados da análise dos atores, mais precisamente das vozes, apresentados nas matérias analisadas.

Tabela 5 – Atores apresentados nas unidades de análise por tipo e gênero

Atores (vozes)	Ocorrências	
Especialista	Homem	5
	Mulher	4
Cientista	Homem	7
	Mulher	0
Consumidor	Homem	1
	Mulher	1
Celebridade	Homem	1
	Mulher	1
Ativista	Homem	0
	Mulher	1

Fonte: Elaborada pelos autores.

Nota-se que todos os cientistas ouvidos são homens, o que revela assimetria de gênero. Mais que isso, uma reprodução da supremacia de gênero. O dado é ainda mais alarmante quando consideramos que a TV pública deveria buscar o equilíbrio e promover a igualdade de gênero, sobretudo em um país em que as mulheres são minoria nos cargos científicos de liderança. Segundo pesquisa do Conselho Britânico sobre mulheres e meninas na ciência e tecnologia (BRITISH COUNCIL, 2021), a representação feminina é de apenas 2% nos cargos mais altos, em toda a América Latina. Já quando falamos de especialistas, as mulheres são vozes em quase metade das matérias.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar a cobertura jornalística do tema “lixo nos mares”, realizada pela TV Cultura, destaca-se a baixa produção sobre o tema. Ainda assim, vale pontuar a relevância do crescimento do número de matérias a cada ano considerado, acompanhando a

produção científica, o que representa um aumento da preocupação global diante do problema “lixo nos mares”, sobretudo por plásticos.

Uma reflexão de questões referentes ao contexto em que a prática jornalística está inserida também é pertinente. Não é de hoje que se discute a necessidade do jornalista ambiental se especializar e se preparar para coberturas jornalísticas de tópicos relacionados ao meio ambiente de forma a fornecer ao público suas conjunturas e complexidades. É fundamental apontar a necessidade dos temas ambientais se tornarem frequentes, promovendo a continuidade, para compor um entendimento amplo dos cenários, e não apenas em ocasiões de grandes catástrofes ou acontecimentos, criando além de tudo, o risco de se cair no sensacionalismo (GIRARDI *et al*, 2012).

É preciso construir uma cultura institucional proativa que envolva a capacitação dos profissionais de jornalismo, principalmente em uma televisão pública que deve atuar como promotora de visão social. O jornalismo deve agir com antecipação diante dos problemas, contribuindo inclusive para a prevenção e não apenas reagir aos acontecimentos.

Sob outra ótica, é preciso lembrar da realidade em que as emissoras de televisão estão inseridas hoje, no Brasil: concorrência e necessidade de sobrevivência como negócio, por vezes lucrativo, dentro de uma indústria jornalística que vem perdendo espaço, investimentos e confiança por parte do público e, muitas vezes, enfrenta dificuldades para atribuir responsabilidades e opta por temas alarmistas, que resultam em maior audiência.

Contudo, é relevante considerar a diferença entre TVs “comerciais” e TVs públicas/educativas. Essas últimas não apresentam como missão principal a necessidade de atingir altos índices de audiência, nem tampouco gerar lucro, o que deveria garantir autonomia. Ainda assim, o aumento de audiência é interessante por significar mais pessoas atingidas por conteúdos relevantes e informações confiáveis.

Ainda sobre o contexto das TVs públicas no Brasil, é fundamental compreender a comunicação pública como instrumento da democracia. A Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) prevê o direito a todos os cidadãos à educação ambiental, “cabendo aos meios de comunicação colaborar de maneira ativa e permanente na disseminação de informações e práticas educativas sobre meio ambiente e incorporar a dimensão ambiental em sua programação” (PNEA, 1999). Esses são alguns dos desafios a serem enfrentados pelo setor.

A principal contribuição deste estudo é trazer aspectos positivos e negativos da cobertura jornalística de um tema ambiental específico, para gerar melhoria e boas práticas. Apesar dos resultados relevantes obtidos neste trabalho, é necessária a ampliação dos estudos sobre a atividade jornalística relacionada ao tópico “lixo nos mares”, como forma de se obter um cenário real da cobertura e aprimorar a comunicação do problema.

## 5. AGRADECIMENTOS

À Fundação Padre Anchieta – TV Cultura pela disponibilização dos dados de arquivo.

## REFERÊNCIAS

- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011, p. 229.
- BRITISH COUNCIL. *Pesquisa comparativa sobre mulheres e meninas em STEM na América Latina*, 2021.
- GIRARDI, I. M. T.; SCHAWAB, R.; MASSIERI, C.; LOOSE, E. Caminhos e descaminhos do jornalismo Ambiental. *Comunicação e Sociedade*, vol.34, no.01, p.141-152, 2012.
- HENDERSON, L.; GREEN, C. Making sense of microplastic? Public understandins of plastic pollution. *Marine Pollution Bull*, v.152, 110908, 2020.
- McINTYRE, K. Solutions Journalism. *Journalism Practice*, online dec 2017, v. 13, n.1, p.16-34, 2019. doi:10.1080/17512786.2017.1409647
- OSPAR, Pilot Project on Monitoring Marine Beach Litter. *Monitoring of marine litter on beaches*. OSPAR Commission, 2007.
- Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA)*, 1999. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19795.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm). Acesso em: 23 abr. 2022.
- RAMALHO, M.; POLINO, C.; MASSARANI, L. From the laboratory to prime time: science coverage in the main Brazilian TV newscast. *JCOM, Journal of Science Communication*, v. 11, p. 1, 2012.
- SCHMID, C.; COZZARINI, L.; ZAMBELLO, E. Microplastic's story. *Marine Pollution Bulletin*, v. 162, 111820, 2021.
- UNESCO. *Uma equação desequilibrada: participação crescente de Mulheres em STEM na ALC (América Latina e Caribe)*, 2021.
- WWF. Relatório “Solucionar a Poluição Plástica: Transparência e Responsabilização, o Fundo Mundial para a Natureza”, 2019.

## Fibras sintéticas como um tipo de microplástico: caminhos para o setor têxtil atuar no combate ao lixo no mar

*Flavia Salvador Cesa  
Alexander Turra*

### **RESUMO**

Na poluição do ambiente causada por plásticos, lavagens domésticas são reconhecidas, há mais de uma década, como atividade promotora de fragmentos têxteis. Mais estudadas em relação a outras fontes, são responsáveis pela emissão de milhares de toneladas de fibras, anualmente, em corpos d'água e no oceano. Com consequências ecológicas e socioeconômicas, fomentam interesse dos setores público e privado. Neste contexto, surgem estratégias ligadas, por exemplo, a dispositivos para máquinas de lavar, infraestrutura de tratamento de esgoto e parâmetros têxteis. Em relação a estes últimos, ocorre maior potencial de atuação, posto que se encontram na base deste tipo de poluição. Neste cenário, o presente capítulo, se propõe a refletir sobre as bases teóricas e empíricas de um programa de certificação para produtos têxteis, além de outras possibilidades de intervenção, dentro do contexto nacional. Para tanto, conduz entrevistas semiestruturadas com atores desta cadeia. Estas entrevistas expõem que apenas parte das empresas do setor têxtil brasileiro estão alinhadas aos principais projetos e discussões globais sobre microplásticos. Neste contexto, a aplicação de uma certificação é viável para aqueles que já trabalham com algum tipo de programa, ainda que, atualmente, faltem dados para sua imple-

mentação. Em termos de intervenções no processo produtivo, ações como a comercialização de fibras sintéticas biodegradáveis são comuns e pouco exploradas no que diz respeito a contrapontos, especialmente para o sul global. Para todas as intervenções no processo produtivo, aquelas interdisciplinares, integradas e sistêmicas são entendidas com maior potencial de resolução para o problema do lixo no mar.

**Palavras-chave:** Microplásticos; Fibras Têxteis; Lavagem; Fragmentos; Certificado; Setor Têxtil.

## 1. INTRODUÇÃO

No meio acadêmico, o termo microplásticos ganhou notoriedade, há quase duas décadas. Ali, fibras sintéticas e outros materiais plásticos, foram encontrados na coluna d'água e sedimentos marinhos da região de Plymouth, Reino Unido (Thompson *et al.*, 2004). À época, ainda que máquinas de lavar não figurassem como possíveis fontes, a fragmentação de artigos têxteis em pedaços menores, sim. Mais adiante, outros estudos mostraram fibras sintéticas, incluindo poliéster e acrílico, em praias de seis continentes, estações de tratamento de esgoto e águas residuais provenientes de lavadoras domésticas (Browne *et al.*, 2011). Quase uma década depois, com dezenas de publicações relacionadas a este tipo de experimento, estima-se que lavagens de vestuário sejam responsáveis, anualmente, por milhares de toneladas de fibras, despejadas em corpos d'água (Belzagui *et al.*, 2020; Cesa *et al.*, 2020). Mais recentemente, publicações apontam que todas as etapas do ciclo de vida de um artigo têxtil podem liberar fragmentos (SAPEA, 2019).

Em termos de classificação, microplásticos são definidos, como qualquer partícula sólida ou matriz polimérica, de forma regular ou irregular, com dimensões entre 1  $\mu\text{m}$  e 5 mm, origem manufaturada primária ou secundária e insolúveis em água (Frias; Nash, 2018). Neste contexto, ultrapassada a etapa de uso, a durabilidade do material, torna-se um entrave ambiental (Hernandez; Nowack; Mitrano, 2017). Isto porque sua completa mineralização ocorre tão lentamente no ambiente natural, que pode ser considerada negligenciável (UNEP, 2015). Sob esta condição, desde o início do século XX, materiais plásticos vêm acumulando nos mais diversos habitats, incluindo solos, rios, lagos e o oceano (Zalasiewicz *et al.*, 2015).

Com efeito, uma das principais preocupações atreladas à presença de plástico no ambiente natural, reside na sua interação com os seres vivos (Gesamp, 2016). Nos animais, a mais estudada ingestão determina que, partículas menores, atingem o trato digestivo, de forma intencional ou involuntária, podendo incorrer em transferências entre órgãos e níveis tróficos (Gesamp, 2016). Neste contexto, riscos ao longo da cadeia alimentar ainda são pouco compreendidos (Santana; Moreira; Turra, 2017).

Para além da toxicidade física, há ainda que se considerar a questão química atrelada à presença de lixo plástico (SAPEA, 2019). Seja por elementos diversos, adicio-

nados durante sua manufatura, seja por substâncias absorvidas do meio, plásticos de todo tipo são permeados por uma série de químicos potencialmente danosos (Gesamp, 2016). Dado que, sua concentração é governada por diversos fatores e que, especialmente no meio marinho, a interação entre matrizes, incluindo sedimentos, água e biota, é desconhecida, a contribuição por contaminação direta dos plásticos e seus riscos associados permanecem pouco compreendida (Gesamp, 2016).

Especificamente tratando de micróplásticos, acadêmicos europeus reiteram a importância em compreender a dinâmica em jogo, entre ciências naturais e respostas sociais. Para eles, à medida que o plástico é transferido da economia para o meio ambiente, demanda e oferta de mercado operam pela omissão do custo da poluição, que, deste modo, torna-se fruto da sociedade. Na prática, uma vez que os materiais plásticos são largamente utilizados e de maneiras diferentes, qualquer alteração no sistema afetará uma série de atores e grupos sociais (SAPEA, 2019).

Considerando as fibras têxteis de vestuário como parte relevante da poluição por micróplásticos (Cesa; Turra; Baruque-Ramos, 2017), com desafios particulares quanto a fontes, riscos, compartimentos e comportamento humano, o presente capítulo se propõe a analisar sua dinâmica sob a ótica têxtil, dentro de uma perspectiva interdisciplinar. Assim, realiza uma reflexão crítica sobre bases teóricas e empíricas da aplicação, no mercado brasileiro, de um programa de certificação que ateste índices de fragmentos de fibras. Também verifica outras propostas de intervenção e o posicionamento da rede produtora.

## 2. REFERENCIAL METODOLÓGICO

O presente capítulo se vale de abordagem indutiva. Como tal, sistematiza-se em uma teoria desenvolvida a partir de dados coletados. Neste sentido, aproxima-se do interpretativismo, epistemologia que defende a necessidade de compreender as diferenças entre seres humanos, em seus papéis como atores sociais (Saunders; Lewis; Tornhill, 2007). Também se classifica como pesquisa qualitativa, uma vez que explora e abrange o significado que indivíduos ou grupos atribuem a um problema humano ou social. Identificada como descritiva e exploratória, também é conduzida por pesquisa na literatura e entrevistas com especialistas.

### 2.1 Coleta de dados

Os dados secundários foram obtidos por revisão crítica da literatura, não sistemática, nem exaustiva, dada, inicialmente, a partir dos materiais coletados nas bases de dados Scopus e Web of Science. Buscas, entre 2018 e 2023, ocorreram pelos termos “*microplastic\**” e “*microfib\**” ou, alternativamente, “*microplastic\**” e “*fib\**”. A utilização destas grafias permitiu a inclusão dos termos e seus plurais. Tal escolha, pautada no alcance de seu domínio. Isto porque, na literatura acadêmica, a poluição por fragmentos de

fibras, mesmo aquelas de outra natureza, está substancialmente atrelada aos microplásticos. Complementarmente, a fim de buscar possíveis regulamentações e certificações relacionadas ao tema, nas mesmas plataformas, utilizaram-se os termos “*microplastic\**” e “*regul\**” ou, alternativamente, “*microplastic\**” e “*certif\**”. Tais reduções abrangendo: “*microplastic*”, “*regulation*”, “*regulatory*”, “*certification*”, “*certificate*” e seus plurais. Uma vez obtidos os resultados da busca, a seleção das publicações ocorreu pela leitura de seus títulos, resumos e palavras-chave. Aquelas incluídas no estudo tiveram suas citações examinadas a fim de ponderar novas seleções. Em complemento, relatórios de organizações internacionais, a exemplo de UNEP, OECD e SAPEA foram consultados.

Já para os dados primários, o referencial metodológico se desenvolveu por entrevistas semiestruturadas. Estas, estabelecidas por um roteiro fruto de análise da revisão bibliográfica. Organizado em três partes, além da identificação dos respondentes, o roteiro formou-se pela intenção de integração dos entrevistados com o tema. Neste sentido, a primeira parte preconizou a identificação do problema, com desenlaces relacionados a esta definição. A segunda, pretendeu içar o panorama no qual a problemática se desvela, dentro da realidade dos profissionais e das companhias. A terceira e última parte, intencionou verificar a viabilidade de um programa de certificação, ampliando soluções para outras propostas conhecidas pelos respondentes.

## 2.2. Aplicação das entrevistas

A fim de compreender o envolvimento do setor têxtil com a problemática estudada, foram selecionados atores-chave da indústria têxtil brasileira. A escolha delimitada ao território nacional possibilitou um panorama sobre empresas e instituições atuantes no país. Isto entendido como uma oportunidade de contribuir à discussão em âmbito global. Entre os meses de maio e junho de 2023 foram entrevistados 7 especialistas envolvidos com o mercado nacional. A seleção dos entrevistados se deu pelo método *snowball*. Para todos, o critério geral de seleção preconizou que trabalhassem e tivessem algum envolvimento com o setor têxtil brasileiro, com temas ambientais e especificamente, com microplásticos. O critério particular sugeriu que representassem etapas diversas dentro da manufatura, com no mínimo 3 anos de experiência. O Quadro 1 apresenta um resumo dos perfis.

Mediante o aceite dos participantes, com assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), foram agendadas reuniões que duraram, no mínimo 49 minutos, no máximo, 2 horas e 10 minutos. Sempre que possível as entrevistas ocorreram presencialmente, entretanto, a maioria dos casos (6 de 7) foi conduzida on-line, pela ferramenta Google Meet. Os áudios das 7 entrevistas foram gravados com a anuência dos participantes. Posteriormente, foram transcritos em tópicos e temporalizados. Não foram utilizados softwares para a transcrição, realizada manualmente.

Quadro 1 – Resumo do perfil dos entrevistados

N	Sexo <sup>a</sup>	Faixa de idade	Formação superior (primeira)	Elo da cadeia onde atua	Origem da companhia onde atua <sup>c</sup>	Cargo na empresa onde atua	Tempo na companhia onde atua	Tempo de experiência na indústria têxtil
1	F	31 a 40 anos	Relações internacionais	Geral	Nacional (entre P e M)	Coordenadora	15 anos	15 anos
2	M	51 a 60 anos	Química	Geral	Nacional (M)	Coordenador	11 anos	32 anos
3	M	51 a 60 anos	Engenharia têxtil	Produção de fibras	Multinacional (M)	Diretor	4 anos	33 anos
4	M	41 a 50 anos	Engenharia químicab	Produção de fibras	Multinacional (G)	Gerente	18 anos	6 anos
5	F	31 a 40 anos	Engenharia de materiais b	Produção de fibras	Multinacional (G)	Pesquisadora	3 anos	3 anos
6	M	51 a 60 anos	Engenharia química	Confeção/ Varejo	Multinacional (G)	Não se aplicad	10 anos	30 anos
7	F	21 a 30 anos	Engenharia têxtil	Confeção/ Varejo	Nacional (M)	Coordenadora	<1 ano (1 mês)	7 anos

<sup>a</sup> F refere-se a feminino, M a masculino.

<sup>b</sup> Antes do início das entrevistas, o participante N 4 questionou a pesquisadora sobre a possibilidade de incluir um colega para auxílio nas respostas, o que foi consentido. Deste modo o participante N 5 foi incluído e as respostas de ambos, consideradas em conjunto.

<sup>c</sup> P refere-se à empresa de pequeno porte (20 a 99 funcionários), M refere-se à empresa de médio porte (100 a 499 funcionários); G refere-se à empresa de grande porte (a partir de 500 funcionários) (IEMI, 2020).

<sup>d</sup> O entrevistado participou sem representar a empresa onde atua, por isso, aparece sem descrição do cargo.

Fonte: Elaborado pelos autores

## 2.3 Análise dos resultados

Tanto a análise dos dados primários, obtidos pelas entrevistas semiestruturadas, quanto dos secundários, oriundos da revisão bibliográfica, foram realizadas por meio de triangulação. Conforme Saunders, Lewis e Tornhill (2007) triangulação é a utilização

de duas ou mais fontes de dados ou métodos de coleta para obtenção de informações relevantes. A fim de facilitar a triangulação, após a compilação das entrevistas, procedeu-se com sua análise temática.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Questões socioambientais na cadeia têxtil brasileira

No Brasil, não obstante um setor têxtil de configuração integrada e completa, aproximadamente 25 mil empresas distribuem-se regionalmente. Destas, mais de 80% representam confecções de pequeno e médio porte (ABIT, 2013; Moro, 2022). Conforme a participante N 1, atuante em uma organização com alcance em toda a cadeia, uma vez que o setor é pulverizado, apresenta dificuldades de articulação. Por outro lado, sua completude o torna forte e incomum, pois é pouco usual em outros países. Neste ponto, a entrevistada ressalta que a força produtiva nacional provém do maior elo de empregabilidade: as confecções. E que parte do varejo brasileiro *é representado por grandes grupos, que não produzem, mas compram* destas empresas. Nas suas palavras: “a confecção não tem as características tradicionais de uma indústria”. Comparativamente, emprega mais, mas sofre para se manter competitiva. Isto porque, tem menos capital e mais gente. Além do mais, agrega problemas comuns ao setor, como o uso de substâncias nocivas, a depleção de recursos e o descumprimento de questões trabalhistas. Neste contexto, conforme Stone *et al.* (2020), o foco na poluição por plástico elevou a preocupação pública sobre a utilização dos produtos têxteis. Isto porque, a interação com resíduos sintéticos é considerada um dos principais impactos antropogênicos da atualidade (Kelly *et al.*, 2019). Estes, conforme EEA (2019) dependem do têxtil em si, e dos contextos ambientais e socioeconômicos nos quais se desenvolvem.

#### 3.2 Posicionamento de mercado

Com efeito, a demanda por questões ambientais, incluindo os microplásticos, orienta-se por uma agenda internacional. Conforme a entrevistada N 1, o radar está voltado ao que é discutido além do Brasil. Neste sentido, o entrevistado N 3, sugere que a maior demanda por produtos com apelo ambiental, vem da União Europeia. Constatação similar à do participante N 6, para quem o endereçamento é global, com baixa demanda do consumidor brasileiro. Aqui, alinhada aos dados de Staton *et al.* (2023), N 1 discorre que há poucos dados sobre o setor têxtil no país, o que gera uma internacionalização das informações.

No contexto das pautas ambientais, especificamente àquelas dos microplásticos, relatórios recentes de órgãos internacionais, destacam o fomento à pesquisa. Neste sentido, para fins de resolução, EEA (2022) defende contínuo suporte, público e privado,

com apelo de dados compartilhados (OECD, 2021). Nesta linha, para o participante N 6, há um desalinhamento entre atores:

A indústria não quer investir em pesquisa, porque entende que não tem massa crítica para escoar esta linha de produto [...]. Mesma coisa acontece com as marcas. Elas acabam não tendo acesso porque existe uma cadeia produtiva entre a marca e a indústria lá no início que é difícil de se mover. Então a marca teria que se conectar com a indústria, para acertarem o compasso e realizarem investimentos conjuntos [...]. A academia entra no ponto de viabilizar, de mostrar, fazer os estudos e a aplicação. [...] Se não entrar uma instituição que vai fazer a parte pensante, que vai fazer a conexão, que vai fazer os testes, dar a garantia [...] e implementar junto com o pessoal do processo produtivo, ajudá-los a tornar isto viável, não vão conseguir (Entrevistado N 6).

Do ponto de vista de custos, para o especialista N 4 (entrevista conjunta com N 5), “é importante que o consumidor entenda que a evolução de tecnologias faz com que as produções sejam, às vezes, um pouco mais onerosas”. Sob a perspectiva das empresas, a profissional N 7, defende que vão se adaptando em busca de vantagens financeiras. Já para o entrevistado N 6, produtos desenvolvidos nestes termos, servem de piloto e a massificação reduz custo.

Temos condições de fazer, mas se não tem o desejo, não tem a parte de geração do processo. [...] Quem cria a moda? Parte é pressão do consumidor, quando ele passa a entender, de forma simples, o tema. E ele não entende. Ninguém consegue falar isso ao consumidor até hoje direito, aqui no Brasil, pelo menos, pela questão cultural [...]. Então estamos falando de nicho. Mas é um nicho que é gerador de opinião. Então os estilistas, as grandes casas, que formam opinião, tem que partir para algo [...]. Para gerar desejo, para gerar massa crítica e a indústria tirar da gaveta toda a solução que ela tem e ela já tem. E implementar (Entrevistado N 6).

Neste sentido, de acordo com N 1 faltam informações para o consumidor. Além de um modelo de sociedade que o distancia do entendimento sobre o processo produtivo, como mencionado por Slovic (1987), não há bases para que realize escolhas de maneira racional. E complementa: “quanto ele tem para gastar com roupa, onde vai comprar, tem educação para racionalizar isto? [...] As dinâmicas da realidade da massa têm que ser levadas em consideração quando queremos colocar peso no consumidor”.

### 3.3. Micropoplásticos e outros fragmentos de fibras

Ainda que polímeros sintéticos tenham destaque na poluição por fragmentos de fibras, materiais de outra natureza, compõem a agenda. Possivelmente por sua relevância histórica no setor têxtil (Cesa; Turra; Baruque-Ramos, 2017) e representando a fibra natural

de maior consumo no mundo (Textile Exchange, 2018), o algodão permeia as discussões. Neste ponto, o especialista N 3, critica sua sugestão como alternativa aos sintéticos. Isto porque, para ele, há desvantagens produtivas, como consumo de água, que o desabonam. Para N 2, também há um limite de aplicação “[...] Você se imagina indo à praia e usar [...] uma sunga de banho de material celulósico?”. “Cada fibra tem seu grau de importância. [...] Precisamos calibrar e entender os papéis” (Entrevistado N 3).

### 3.4 Caminhos e soluções

Na pauta dos problemas ambientais, mais especificamente dos microplásticos, para além das discussões, há endereçamentos em andamento. No âmbito do primeiro elo da cadeia produtiva, produtoras de fibras sintéticas apontam soluções.

Profissionais de uma fabricante de poliamida, N 4 e N 5 (entrevista conjunta) descrevem que iniciativas voltadas à emissão de microplásticos englobam, primordialmente, a biodegradação dos materiais sintéticos. Aqui a entrevistada N 5 aponta uma evolução no produto desenvolvido, destacando que, mais recentemente, “além de ter os benefícios de (degradar em) aterro [...], apresenta degradação acelerada (também) em ambiente marinho”. Analogamente, o participante N 3 defende que produtos biodegradáveis em ambiente marinho também fazem parte do portfólio da multinacional onde atua. Ali, defende que é possível unir atributos de diversas linhas, à escolha do cliente.

Mais adiante, englobando outros atores, soluções incluem alguns tipos de filtragem, que são custosas e, até o momento, pouco eficazes. Mesmo com máquinas de lavar. Neste sentido, ainda que tecnologias existentes sejam adotadas, N 6, indaga: “Depois o que você vai fazer com esta fibra (retida)?”. Mesmo questionamento é apontado pela entrevistada N 1, que exalta a exigência pela legislação francesa, de filtros em lavadora, mas questiona a destinação do que é retido. Conforme o entrevistado N 4 (entrevista conjunta com N 5), “não adianta desenvolver um filtro pra microplásticos e o consumidor lavar o filtro no tanque”. Neste ponto, autores como Palacios-Mateo, Van der Meer e Seide (2021), sugerem que o material retido em filtros seja destinado à reciclagem junto a outros resíduos. Deste modo, o processo passaria por análise e ampliação da estrutura de reciclagem já existente.

### 3.5 Soluções coletivas

No âmbito do endereçamento aos microplásticos, ainda que os produtores de fibras representem, na cadeia têxtil, a origem do problema, o desfecho é coletivo. Neste contexto, a exemplo das fibras retidas em filtros de máquinas de lavar, soluções que permeiam diferentes fases do ciclo de vida se inter cruzam. Conforme o especialista N 6 que, na ponta oposta da cadeia, representa a interface com o consumidor, “isto

não é um problema da indústria química nem dos cientistas, é uma questão de todos”. Ampliando a outras questões ambientais, ainda aborda: “quando você começa a incorporar outros benefícios [...], traz a viabilidade e a vontade de investir”. Neste sentido, defende: “começa no processo correto. Daí vem para a reciclagem. Daí vem [...] continuar fazendo produtos melhores, para então entender quantos ciclos este produto vai dar e o quanto você reduziu da geração deste micropoplásticos, destes ciclos, até o final da vida útil”.

De fato, em relação aos problemas ambientais, a especialista N 1 complementa que a complexidade pede soluções múltiplas:

Não adianta acharmos que haverá uma solução que vai dar conta do todo. [...] Vai sendo nesses pilotos, vendo o que funciona, o que não funciona. [...] Tem um varejista querendo comprar? Ele está investindo nisto? [...] Então vamos juntos. Mas vai ter que ser muito mais colaboração e vamos juntos. Porque os problemas são desafiadores e complexos (Entrevistada N 1).

Por outro lado, é apontado que, não obstante, a agenda movimentada, as questões basilares e as de eficiência de negócio, incrementam à pauta.

Então desses tempos para cá foi: abre várias frentes, vai ao mesmo tempo, vamos vendo como estão, vamos testando. Tem muita coisa mais basilar, que também toca sustentabilidade, mas de eficiência do negócio que ainda tem muito chão para acontecer. Uma coisa é a área de sustentabilidade, outra a pessoa de compras. Ele está preocupado com alguma coisa? Vai comprar com os *inputs* que ele tem do mercado, de preço. Então as dinâmicas são mais complexas. Tem vários *cases*, várias tentativas, vários pilotos[...]. A agenda está movimentada. Tem gente com a mão na massa para [...] fazer acontecer (Entrevistada N 1)

Neste sentido, N 2, atuante com diversos elos da cadeia e N 4, ligado à inovação e fibras sintéticas, defendem que a informação deve estar por toda a cadeia. Conforme N 4 (entrevista conjunta com N 5): “esta conscientização (sobre o problema dos micropoplásticos) precisa existir [...]”. Neste ponto, N 2 indica: “precisamos ter as informações, para ter um diagnóstico e aí sim trabalhar”. Aqui, tanto N 2 quanto N 6 abordam a rastreabilidade.

### 3.6 Certificação

Em termos de fluxo de informação, a inclusão de fragmentos de fibras em esquemas de certificação é uma das formas de resolução (OECD, 2021). Sendo esta mais uma dentre as questões ambientais, sua inserção em processos estabelecidos contribui a uma abordagem integral do produto (OECD, 2021). Na prática, sistemas de certificação dizem respeito a fluxos de informação entre companhias que podem formar a

base para esquemas de etiquetagem aos consumidores (OECD, 2021). Neste ponto, especialistas como N 7, atuante em confecção e N 3, em fiação sintética, endossam a questão da certificação a partir de um estabelecimento de limites, ainda inexistente. Conforme N 3: “Primeiro precisa medir, para saber qual o nível. (A partir daí), o limite vai ser tanto”. Neste ponto, cita um contraponto similar àquele apontado pelo entrevistado N 2: “Por exemplo, eu tenho um material que dentro de uma situação tal não desprende [...] fibras. Se você fizer um artigo para uma atividade que tenha muito atrito, qual é o limite? Por exemplo, faz um teste que ela vai ter atrito com o cinto de segurança o dia inteiro [...]”. Então complementa com uma necessidade de análise: “primeiro, onde nós estamos hoje? Aí que vamos começar a pensar: e para reduzir isto, o que nós vamos fazer?”. Conforme N 6, estabelecendo o limite, é necessário ponderar a destinação do material. “Você tem que recolher, você já ‘gerou. [...] Alguém já falou o que fazer depois que se microfiltrou ou separou? Tem indústria apta em recolher e transformar em matéria-prima de novo? É como tentar deter uma avalanche de braços abertos” (Entrevistado N 6).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No âmbito das certificações têxteis, apenas em termos ambientais, diversos parâmetros são controlados. Neste contexto, a introdução de fragmentos de fibras, se torna uma alternativa viável para as empresas têxteis brasileiras. Por outro lado, faltam metodologias e limites de emissões. Neste contexto, como esclarecido pelos próprios entrevistados, a pluralidade de processos e opções ao longo da cadeia dificultam a sistematização deste esquema.

Considerando as etapas úmidas, especialmente lavagens industriais e tingimentos, existe um potencial de controle e estabelecimento de limites. Aqui, o cenário é incrementado pelo fato de estas etapas serem reconhecidas como uma das maiores emissoras de fibras, durante o processo produtivo.

Na pauta da pluralidade da cadeia produtiva têxtil brasileira, outras mudanças além da certificação se fazem possíveis. Aqui, a utilização de materiais com potencial biodegradável desponta como uma das principais alternativas em andamento. Ainda assim, contrapontos apresentados a exemplo do controle de degradação, sugerem maior exploração do assunto.

Dentre todas as possibilidades vislumbradas e apontadas pelos profissionais do setor têxtil brasileiro entrevistados no presente capítulo, a que obteve maior destaque foi a colaboração para encontrar caminhos. Mesmo os projetos já desenhados pedem cooperação e desenvolvimento. Neste ponto, a pauta dos microplásticos junta-se a outras questões ambientais.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. Indústria Têxtil e de confecção brasileira: cenários, desafios, perspectivas, demandas. São Paulo, 2013. 44 p. Disponível em: <http://abit-files.abit.org.br/site/publicacoes/cartilha.pdf>. Acesso em: jun. 2023.
- BELZAGUI, F.; GUTIÉRREZ-BOUZÁN, A.; ÁLVAREZ-SANCHEZ, A.; VILASECA, M. Textile microfibers reaching aquatic environments: a new estimation approach. *Environmental Pollution*, v. 265, p. 1-11, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114889>
- BROWNE, M. A.; CRUMP, P.; NIVEN, S. J.; TEUTEN, E.; TONKIN, A.; GALLOWAY, T.; THOMPSON, R. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environmental Science & Technology*, n. 21, p. 9175-9179, 2011. <http://dx.doi.org/10.1021/es201811s>
- CESA, F. S.; TURRA, A.; BARUQUE-RAMOS, J. Synthetic fibers as microplastics in the marine environment: a review from textile perspective with a focus on domestic washings. *Science of the Total Environment*, v. 589, p. 1116-1129, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.172>
- CESA, F. S.; TURRA, A.; CHECON, H. H.; LEONARDI, B.; BARUQUE-RAMOS, J. Laundering and textile parameters influence fibers release in household washings. *Environmental Pollution*, v. 257, p. 1-11, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113553>
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. Textiles and the environment in a circular economy. Eionet report – ETC/WMGE 2019. Disponível em :ETC/WMGE Report 6/2019: Textiles and the environment in a circular economy — Eionet Portal (europa.eu). Acesso em: jun. 2023.
- FRIAS, J. P. G. L.; NASH, R. Microplastics: finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, v. 138, p. 145-147, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022>.
- GESAMP. *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment*. (Kershaw, P. J. and Rochman, C. M., eds.). (IMO/ FAO/ UNESCO-IOC/ UNIDO/ WMO/ IAEA/ UN/ UNEP/ UNDP Joint Group of Experts on The Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) Rep. Stud. GESAMP No. 93, 220p. 2016. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3803.7925>
- HERNANDEZ, E.; NOWACK, B.; MITRANO, D. M. Synthetic textiles as a source of microplastics from households: a mechanistic study to understand microfiber release during washing. *Environmental Science and Technology*, v.51, n.12, p. 7036-7046 2017. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.7b01750>
- KELLY, M. R.; LANT, N. J.; KURR, M.; BURGESS, J. G. Importance of water-volume on the release of microplastic fibers from laundry. *Environmental Science & Technology*, v. 53, n. 20, p. 11735-11744, 2019. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03022>

- MORO, R. C. L. *Governança de fornecedores do varejo de vestuário: desafios e limitações da regulação privada na adoção de práticas sociais e ambientais*. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Artes Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, 2022.
- OECD. *Policies to reduce microplastic pollution in water: focus on textiles and tyres*, OECD publishing, Paris, 2021. <https://doi.org/10.1787/7ec7e5ef-en>
- PALACIOS-MATEO, C.; VAN DER MEER, Y.; SEIDE, G. Analysis of the polyester clothing value chain to identify key intervention points for sustainability. *Environmental Sciences Europe*, v. 33, n.1, p. 1-25, 2021. <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00447-x>
- SANTANA, M.F.M.; MOREIRA, F.T.; TURRA, A. Trophic transference of microplastics under a low exposure scenario: Insights on the likelihood of particle cascading along marine food-webs. *Marine Pollution Bulletin*, v. 121, p. 154-159, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.05.061>
- SAPEA, Science Advice for Policy by European Academies. A scientific perspective on microplastics in nature and society. Berlin: SAPEA, 2019. <http://dx.doi.org/10.26356/microplastics>
- SAUNDERS, M.; LEWIS, P., THORNHILL, A. *Research methods for business students*. 4. ed. Edinburgo: Pearson Education Limited, 2007, 652 p.
- SLOVIC, P. Perception of risk. *Science*, v. 236, n. 4799, p. 280-285, 1987. <http://dx.doi.org/10.1126/science.3563507>
- STANTON, T.; STANES, E.; GWINNETT, C.; LEI, X.; CAUILAN-CUREG, M.; RAMOS, M.; SALLACH, J. B.; HARRISSON, E.; OSBORNE, A.; SANDERS, C.; BAYNES, E.; LAW, A.; JOHNSON, M.; RYVES, D. B.; SHERIDAN, K.; BLACKBURN, R. S.; MCKAY, D. Shedding off-the-grid: the role of garment manufacturing and textile care in global microfibre pollution. *Journal of Cleaner Production*. 2023. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139391>.
- STONE, C.; WINDSOR, F. M.; MUNDAY, M.; DURANCE, I. Natura or Synthetic – how global trends in textile usage threaten freshwater environments. *Science of the Total Environment*, v. 718, p. 1-10, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134689>
- TEXTILE EXCHANGE. Preferred fiber & materials market report. 2018. Disponível em: [https://store.textileexchange.org/wp-content/uploads/woocommerce\\_uploads/2019/04/2018-Preferred-Fiber-Materials-Market-Report.pdf](https://store.textileexchange.org/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2019/04/2018-Preferred-Fiber-Materials-Market-Report.pdf). Acesso em: Outubro 2022.
- THOMPSON, R.C.; OLSEN, Y.; MITCHELL, R. P.; DAVIS, A.; ROWLAND, S. J.; JOHN, A. W. G.; MCGONIGLE, D.; RUSSEL, A. E. Lost at sea: where is all the plastic? *Science*, n. 5672, p. 838, 2004. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1094559>
- ZALASIEWICZ, J.; WATERS, C. N., IVAR DO SUL, J. A., CORCORAN, L.; BARNOSKY, A. D., CEARRETA, A., EDGEWORTH, M., GALUSKA, A., JEANDEL, C., LEINFELDER, R., MCNEILL, J. R., STEFFEN, W., SUMMERHAYES, C., WAGREICH, M., WILLIAMS, M., WOLFE, A. P., YONAN, Y. The geological cycle of plastic and their use as stratigraphic indicator of Anthropocene. *Anthropocene*, v. 13, p. 4-17, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ancene.2016.01.002>

## VII – TECNOLOGIAS, MODELAGEM E AVALIAÇÃO AMBIENTAL



# Modelagem numérica da dispersão de plumas de *Enterococcus* na Baixada Santista (litoral central do estado de São Paulo, Brasil)

*Samuel Hora Yang*

*Joseph Harari*

*Elisabete de Santis Braga*

## **Resumo**

Este estudo teve como objetivo analisar a dispersão das plumas de efluentes dos emissários submarinos e das fontes de poluição difusas da Baixada Santista, quanto às concentrações de *Enterococcus*, diante dos níveis máximos estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Foram usados os módulos hidrodinâmico e de qualidade da água do modelo *Delft3D*, e o módulo UM3 do modelo *Visual Plumes*. A modelagem de campo próximo confirmou que os emissários estão bem dimensionados e operam eficientemente; e a modelagem de campo distante mostrou que as concentrações de *Enterococcus* superaram o limite do Conama em algumas praias, devido à ação de algumas fontes difusas na costa.

**Palavras-chave:** Poluição; Esgoto; Qualidade da Água.

## 1. INTRODUÇÃO

As zonas costeiras possuem grande importância socioeconômica e abrigam a maioria da população mundial em suas dependências e proximidades (Polette; Asmus, 2017). A ocupação antrópica, combinada com as atividades desenvolvidas nas zonas costeiras, pode produzir impactos ambientais negativos prejudiciais à sociedade, tais como os descartes de esgotos domésticos e/ou industriais sem nenhum tipo de tratamento diretamente no oceano, os quais podem causar alterações das características físico-químicas e da qualidade sanitária da água, a proliferação de microrganismos patogênicos nocivos à saúde humana, bem como também afetar de forma prejudicial o turismo, que é a principal fonte de renda de muitas cidades litorâneas (Yang; Harari; Braga, 2018).

Com as crescentes taxas de urbanização e desenvolvimento econômico, a produção de esgoto sanitário tornou-se uma das formas mais comuns de poluição em municípios ao longo do litoral brasileiro. Entretanto, o lançamento de esgoto no oceano via emissários submarinos é uma opção economicamente viável em relação aos sistemas de tratamento padrão de esgoto sanitário, pois, quando bem dimensionados e operando de maneira correta, os emissários submarinos se tornam benéficos à manutenção da qualidade da água e de balneabilidade das praias. Ademais, os modelos numéricos aplicados e desenvolvidos para análises hidrodinâmicas e de qualidade da água consistem em uma importante ferramenta computacional para realizar monitoramentos ambientais em zonas costeiras, por conseguirem simular a dispersão de plumas lançadas por emissários submarinos e/ou por fontes difusas com grande precisão (Yang; Harar; Braga, 2019).

A modelagem de plumas lançadas por emissários submarinos considera que a mistura dos efluentes na água ocorre em três zonas: campo próximo, onde se tem os processos iniciais de mistura e de dispersão da pluma (as características da tubulação difusora e da hidrodinâmica local são muito importantes nesses processos); o campo intermediário, onde a pluma alcança o seu equilíbrio hidrostático no ambiente; e o campo distante, onde a dispersão da pluma (já em equilíbrio hidrostático alcançado) passa a ocorrer exclusivamente por advecção e difusão (JIRKA & AKAR, 1991). Já a modelagem de plumas emitidas por fontes difusas (rios, córregos e canais) considera apenas a zona de campo distante.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi realizado na Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS), que engloba nove municípios no litoral central do Estado de São Paulo (CETESB, 2018). A Figura 1 mostra a delimitação da área de interesse, a batimetria, e a localização dos municípios.

Em termos de saneamento básico, a RMBS dispõe de cinco emissários submarinos de esgoto: três em Praia Grande, um em Santos (que também atende São Vicente) e

um em Guarujá (SABESP, 2013); e dispõe também de um total de 14 estações de tratamento de esgoto (CETESB, 2018). Considerando todos os municípios, até o presente, não há uma infraestrutura que assegure 100% de coleta e tratamento de esgoto na RMBS, e isto faz com que parte dos efluentes seja descartada inadequadamente (na forma de esgoto bruto) em corpos hídricos (rios, córregos e canais), cujo destino final é o oceano (NPH, 2017).

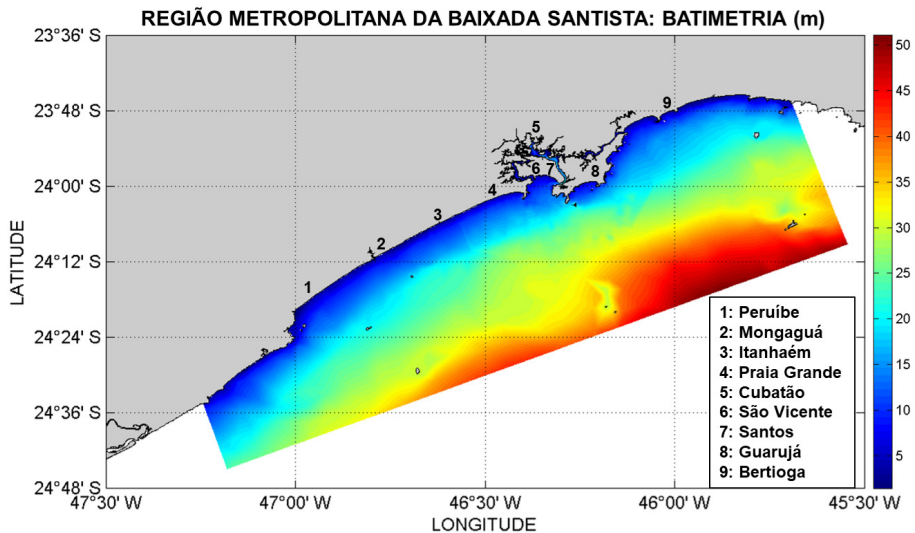


Figura 1 – Batimetria (em metros) da área de estudo delimitada para o presente trabalho, juntamente com a localização dos nove municípios da RMBS.

Fonte: Elaborada pelos autores.

### 3. OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi analisar a dispersão das plumas de efluentes emitidas simultaneamente pela operação dos emissários submarinos de esgoto e pelas fontes de poluição difusas da RMBS, com a aplicação de um modelo numérico, e comparar os resultados da concentração de *Enterococcus* adquiridos através da modelagem com os limites máximos estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) para este indicador bacteriano (segundo a Resolução n. 274/2000).

### 4. METODOLOGIA

#### 4.1 Modelagem hidrodinâmica

A etapa de modelagem hidrodinâmica foi realizada com o módulo hidrodinâmico do modelo numérico *Delft3D*, o D3D-FLOW (Deltares, 2019a). Informações do D3D-FLOW e da formulação de suas equações encontram-se em Deltares (2019a). Foi estabelecida uma grade computacional (tipo C de Arakawa) de 520 por 180 células

(limites na Figura 1), com espaçamento horizontal de 350 metros; a discretização das equações na vertical considerou 15 camadas do tipo Sigma; e nas bordas foram adotadas condições de contorno do tipo *Riemann* (Walsh, 1973). O modelo hidrodinâmico foi processado para agosto de 2016 (inverno) e fevereiro de 2017 (verão), sendo que todas as informações do processamento do modelo D3D-FLOW (incluindo a sua validação) estão disponíveis em Yang (2022). Um dos principais parâmetros usados na validação foi o *Index of Agreement* (IOA), cujo valor ideal (concordância total entre as séries comparadas) corresponde a 1 (Willmott, 1982).

## 4.2 Modelagem de qualidade da água

A modelagem de qualidade da água deste estudo foi realizada em duas etapas: primeiro, a modelagem de campo próximo; e depois, a modelagem de campo distante. Para tanto, foi necessário adquirir uma série de informações na literatura, descritas a seguir.

A bactéria fecal do gênero *Enterococcus* foi selecionada como indicador de qualidade da água nas modelagens de dispersão das plumas. O limite máximo estabelecido pela Resolução Conama N.º 274/2000 corresponde a 100 UFC/100mL de *Enterococcus* em águas salinas e salobras (Brasil, 2001). Quando tal limite é superado, há riscos e efeitos negativos para a saúde humana e para a qualidade da água, o que torna este gênero de bactéria um eficiente indicador de poluição, e assim, o monitoramento de sua distribuição por meio de simulações numéricas pode contribuir às ações de preservação ambiental.

As fontes poluidoras presentes na RMBS foram subdivididas em: fontes pontuais (representadas por emissários submarinos de esgoto), sendo considerados os três emissários submarinos de Praia Grande (PG1, PG2 e PG3), o emissário submarino de Santos (ESS), e o emissário submarino de Guarujá (ESG); e fontes difusas (representadas por rios, córregos e canais que deságuam diretamente no oceano ou em estuários), onde foi considerado um total de 73 descargas difusas na região (11 rios continentais, 26 rios estuarinos, 12 despejos independentes e 24 canais artificiais), após a realização de uma extensa revisão bibliográfica de documentos técnico-científicos pertencentes à Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), à Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) e ao Núcleo de Pesquisas Hidrodinâmicas (NPH) da Universidade Santa Cecília (Unisantia). Maiores detalhes e informações das fontes poluidoras se encontram em Yang (2022).

A modelagem de campo próximo das plumas de *Enterococcus* dos cinco emissários submarinos da RMBS foi realizada com o módulo *Three Dimensional Updated Merge* (UM3) do modelo *Visual Plumes* (VP), detalhado em Baumgartner, Frick & Roberts (1994). Informações técnicas dos emissários submarinos (ver Tabela 1) foram obtidas em Ortiz, Garcia & Subtil (2011), Baptistelli e Marcellino (2016), Ortiz, Yanes e Braulio Neto (2016) e Yang, Harari e Braga (2019); a Figura 3 indica a localização dos lançamen-

tos de suas plumas. As concentrações médias sazonais de *Enterococcus* presentes nas plumas de efluentes lançadas pelos cinco emissários submarinos da RMBS (ver Tabela 2) foram adquiridas em SABESP (2006a) para o ESS; em SABESP (2006b) para o PG1 e o PG2; e foram estimadas para o PG3 e o ESG, com base na quantidade máxima de habitantes atendida por tais emissários, conforme Ortiz, Yanes & Braulio Neto (2016). Deve ser ressaltado que a modelagem de campo próximo foi realizada com as vazões máximas dos emissários submarinos e com lançamentos contínuos e constantes de bactérias a cada hora; o contaminante considerado na modelagem (não conservativo) teve taxa de decaimento  $T_{90}$  (tempo necessário para a eliminação de 90% das bactérias), calculada com base em Yukselen *et al.* (2003) para cada uma das 15 camadas verticais Sigma, cujos valores obtidos encontram-se em Yang (2022).

Tabela 1 - Informações técnicas dos cinco emissários submarinos da RMBS

Emissário Submarino	PG1	PG2	PG3	ESS	ESG
Vazão máxima (m <sup>3</sup> /s)	1,04	1,05	1,40	5,30	1,45
Comprimento total (m)	3300	3300	4000	4425	4500
Diâmetro da tubulação (m)	1	1	1	1,75	0,90
Comprimento do tubo difusor (m)	25	25	420	425	300
Número de difusores	5	5	150* <sup>1</sup>	158* <sup>2</sup>	150* <sup>3</sup>
Espaçamento entre difusores (m)	5	5	5,60	5,38	4
Diâmetro dos difusores (m)	0,175	0,175	0,125* <sup>1</sup>	0,22* <sup>2</sup>	0,12* <sup>3</sup>

\*<sup>1</sup>: Difusores situados em dupla. Portanto, 75 duplas com dois difusores de 0,0625 m cada.

\*<sup>2</sup>: Difusores situados em dupla. Portanto, 79 duplas com dois difusores de 0,11 m cada.

\*<sup>3</sup>: Difusores situados em dupla. Portanto, 75 duplas com dois difusores de 0,06 m cada.

Fonte: Ortiz, Garcia e Subtil (2011); Baptistelli e Marcellino (2016); Ortiz, Yanes e Braulio Neto (2016); Yang, Harari e Braga (2019).

Tabela 2 - Valores médios sazonais de *Enterococcus* nos emissários submarinos da RMBS

<i>Enteroc.</i> (UFC/100mL)	PG1	PG2	PG3	ESS	ESG
Inverno	5,13 x 10 <sup>5</sup>	6,05 x 10 <sup>5</sup>	5,59 x 10 <sup>5</sup>	6,24 x 10 <sup>5</sup>	5,59 x 10 <sup>5</sup>
Verão	6,61 x 10 <sup>5</sup>	7,32 x 10 <sup>5</sup>	6,96 x 10 <sup>5</sup>	7,13 x 10 <sup>5</sup>	6,94 x 10 <sup>5</sup>

Fonte: Sabesp (2006a).

Após a modelagem de campo próximo, foi realizada a modelagem de campo distante, através do módulo de qualidade da água do *Delft3D*, o D3D-WAQ (Deltares, 2019b). Informações das equações resolvidas pelo D3D-WAQ encontram-se em Deltares (2019b).

Os resultados hidrodinâmicos obtidos no D3D-FLOW e os resultados da modelagem de campo próximo das plumas de *Enterococcus* dos emissários submarinos (obtidos no UM3) foram inseridos no D3D-WAQ, junto com informações das plumas das 73 fontes de poluição difusa (as quais foram consideradas somente na modelagem de campo distante, também com lançamento contínuo e constante de bactérias a cada hora). Valores médios sazonais das vazões nas fontes difusas foram extraídas de Sampaio *et al.* (2008), NPH (2017), Yang *et al.* (2019) e Ribeiro (2021); já as concentrações médias sazonais de *Enterococcus* foram estimadas a partir das concentrações médias sazonais de *Escherichia coli* disponibilizadas por Braga *et al.* (2000), Sabesp (2006b), Coelho (2013), Sabesp (2013), Sutti (2014), Cetesb (2017), Cetesb (2018) e InfoÁguas (2021), através de uma regressão linear desenvolvida pela equipe de pesquisadores do NPH Unisanta, com base em amostras coletadas *in situ* na RMBS (ver Figura 2); esta regressão foi aplicada com sucesso por Ribeiro *et al.* (2019) e Ribeiro (2021). Os valores médios sazonais das vazões e das concentrações de *Enterococcus* nas fontes difusas se encontram disponíveis em Yang (2022).

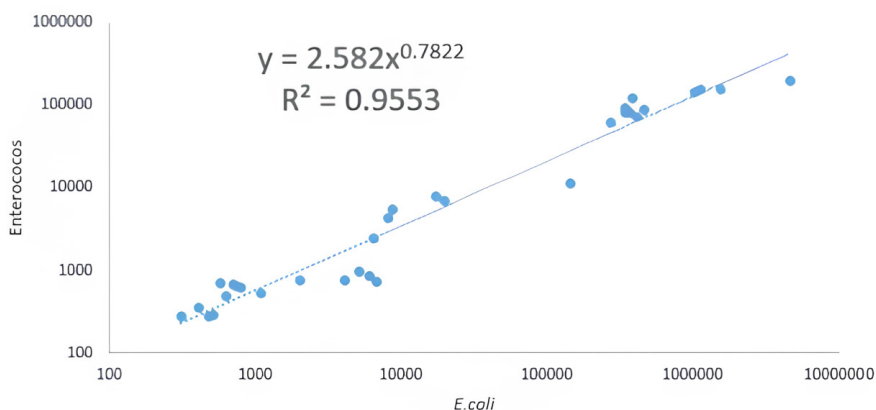


Figura 2 – Regressão linear de *E. coli* x *Enterococcus* na RMBS.

Fonte: NPH Unisanta.

O D3D-WAQ permite que processos físicos e químicos específicos sejam ativados de forma independente para cada indicador de poluição, o que possibilita a criação de cenários que representam o decaimento dos contaminantes no ambiente de modo realístico (DELTARES, 2019b). Portanto, para uma melhor representação do decaimento das bactérias *Enterococcus*, foi selecionado o processo de mortalidade, cujos parâmetros considerados na modelagem de campo distante estão dispostos na Tabela 3.

Para monitorar a variação temporal das concentrações de *Enterococcus* nas plumas oriundas da operação simultânea dos cinco emissários submarinos e das 73 fontes de poluição difusa, foram escolhidos seis pontos de monitoramento (três em Praia Grande, um em Santos e dois em Guarujá), conforme a Figura 3.

Tabela 3 – Parâmetros considerados para a mortalidade de *Enterococcus* no D3D-WAQ

Mortalidade de <i>Enterococcus</i>	Inverno	Verão	Referência
Clorinidade da água do mar (mg/L)	20000	20000	D3D-WAQ (Default)
Coefficiente de mortalidade por temperatura	1,07	1,07	D3D-WAQ (Default)
Temperatura média mensal (°C)	21	28	Lellouche <i>et al.</i> (2016)
Radiação solar média mensal (W/m <sup>2</sup> )	160	300	Saha <i>et al.</i> (2014)
Duração média do dia (d)	0,4711	0,5373	Deltares (2019b)
Fração UV da luz visível	0,12	0,12	D3D-WAQ (Default)

Fonte: Elaborada pelos autores.

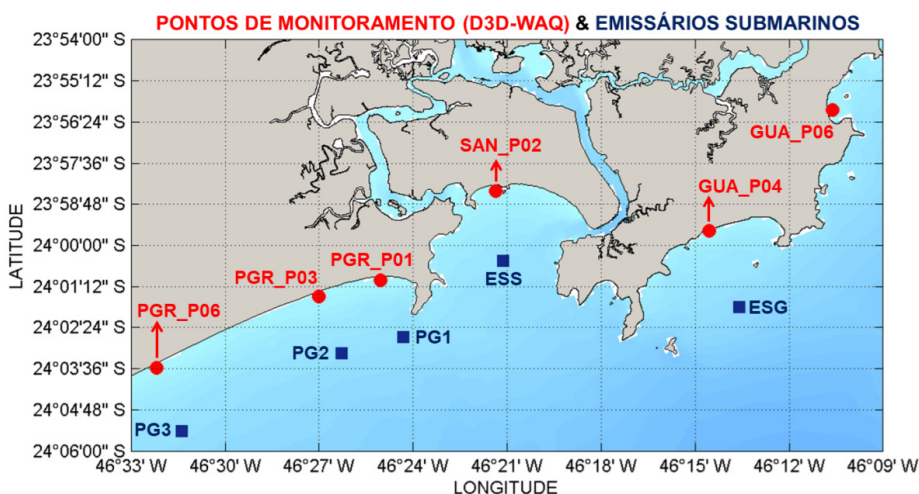


Figura 3 – Pontos de monitoramento e localização dos emissários submarinos da RMBS.

Fonte: Elaborada pelos autores.

O D3D-WAQ foi validado qualitativamente para 40 pontos costeiros ao longo da grade, através da Equação 1: proposta por Yang (2022), esta equação realiza o cálculo do módulo das diferenças dos intervalos de tempo com qualidade da água adequada ( $\Delta t_{qa}$ ), entre as séries temporais de bactérias modeladas ( $t_{qa}_{Mod(i)}$ ) e observadas ( $t_{qa}_{Obs(i)}$ ). A qualidade de água foi considerada adequada quando as concentrações de *Enterococcus* estiveram abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA N.º 274/2000. Ademais, foi estabelecido que  $\Delta t_{qa}$  não poderia ultrapassar 25% do tempo de simulação para que um ponto de monitoramento fosse validado quanto a *Enterococcus*; e para que o D3D-WAQ fosse considerado validado, o total de comparações deveria ter no mínimo metade dos casos validados. Todos os detalhes da validação qualitativa do D3D-WAQ estão em Yang (2022).

$$\Delta tqa = \left| tqa_{Mod(i)} - tqa_{Obs(i)} \right|$$

Equação 1 – Diferença de tempo de qualidade da água adequada (Yang, 2022).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Modelagem hidrodinâmica

O processamento do D3D-FLOW registrou elevações de nível do mar e direção e intensidade de correntes concordantes com os padrões locais (Yang, 2022).

A validação do modelo hidrodinâmico gerou excelentes resultados para elevação (valores médios de IOA de 0,93 no inverno e 0,91 no verão) e correntes (valores médios de IOA foram de 0,84 no inverno e 0,66 no verão, para a componente zonal; e de 0,83 no inverno e 0,68 no verão, para a componente meridional); assim, o D3D-FLOW pôde ser considerado como validado em relação à circulação total na RMBS. Resultados completos da modelagem hidrodinâmica e da validação do D3D-FLOW estão disponíveis em Yang (2022).

### 5.2 Modelagem de qualidade da água (campo próximo)

Resultados da modelagem de campo próximo feita através do modelo VP-UM3, representados por histogramas angulares da concentração de bactérias *Enterococcus* nos cinco emissários submarinos da RMBS, nos períodos de agosto de 2016 (inverno) e fevereiro de 2017 (verão), encontram-se disponíveis respectivamente nas Figuras 4 e 5.

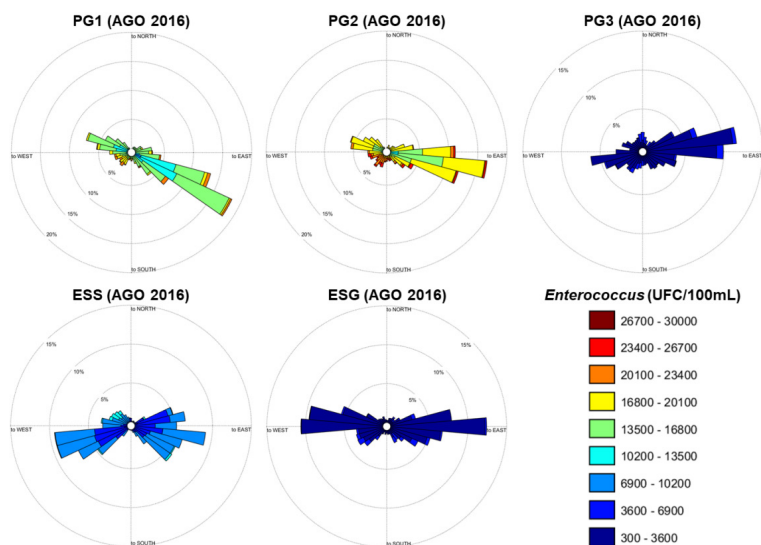


Figura 4 – Histogramas angulares das concentrações de *Enterococcus* nas plumas dos emissários submarinos da RMBS, referentes a agosto de 2016.

Fonte: Elaborada pelos autores.

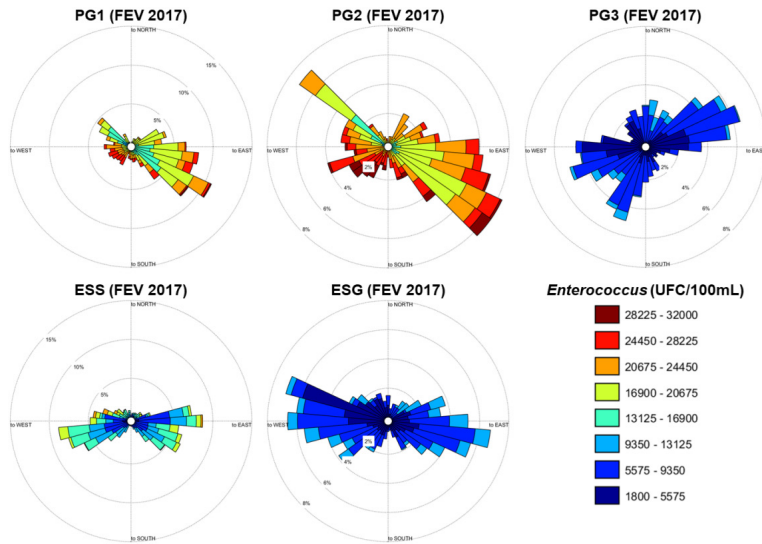


Figura 5 – Histogramas angulares das concentrações de *Enterococcus* nas plumas dos emissários submarinos da RMBS, referentes a fevereiro de 2017.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os histogramas angulares obtidos da modelagem de campo próximo (Figuras 4 e 5) indicaram que as direções predominantes na dispersão inicial das plumas dos emissários PG1 e PG2 foram para noroeste e para sudeste, o que indica maior influência das correntes de maré, perpendiculares à costa; por outro lado, na dispersão inicial das plumas dos emissários PG3, ESS e ESG, as direções que prevaleceram foram para oeste-sudoeste e para leste-nordeste, que estão associadas com as correntes geradas pelo vento (respectivamente ventos predominantes e passagens de frentes frias). Tais padrões de transporte confirmam os resultados dos experimentos numéricos realizados por Harari, França e Marques (2007), Ferreira, Harari e Sartor (2018) e Yang, Harari e Braga (2019), em sub-regiões da RMBS.

Ao realizar uma comparação dos histogramas angulares (Figuras 4 e 5), ficou evidente a maior concentração de bactérias durante o mês de fevereiro de 2017 (período de verão), em decorrência do grande aumento temporário da população (turistas) e o consequente aumento da poluição por esgotos no verão (Cetesb, 2018). O limite máximo estabelecido pela Resolução Conama N° 274/2000 para *Enterococcus* em águas salinas e salobras é de 100 UFC/100mL (Brasil, 2001), e conforme as Figuras 4 e 5, as concentrações nas plumas dos cinco emissários submarinos da RMBS não apresentaram valores inferiores a este limite em nenhum momento na etapa de campo próximo, como consequência dos elevados valores iniciais lançados pelos emissários (ver Tabela 2). Os estudos de Gregorio (2009), Ferreira, Harari e Sartor (2018) e Yang, Harari e Braga (2019), que respectivamente realizaram a modelagem de campo próximo da pluma de coliformes termotolerantes do ESS, da pluma de *Enterococcus* do ESG, e das

plumas de *Escherichia coli* do PG1, PG2 e PG3, mostraram resultados similares aos obtidos no processamento do campo próximo deste estudo: maiores concentrações de bactérias nas plumas durante o verão, e concentrações de bactérias acima dos limites estabelecidos pelo Conama, no verão e no inverno.

### 5.3 Modelagem de qualidade da água (campo distante)

Resultados da modelagem de campo distante realizada no modelo D3D-WAQ, com as concentrações de *Enterococcus* na superfície, representados por séries temporais dos meses de agosto de 2016 e fevereiro de 2017, estão nas Figuras 6 e 7 (pontos de monitoramento em Praia Grande) e nas Figuras 8 e 9 (pontos de monitoramento em Santos e Guarujá).

As plumas emitidas pelos cinco emissários submarinos da RMBS atingem o equilíbrio hidrostático não muito distante de seus pontos de lançamento e sofrem diluição conforme são transportadas pelas correntes (além da ação do processo ativo de mortalidade das bactérias configurado no modelo D3D-WAQ, ver Tabela 3); ao chegarem às praias, as concentrações de *Enterococcus*, em geral, são menores que o limite estabelecido pelo CONAMA, situação também verificada por Yang, Harari e Braga (2019) na modelagem de plumas de *Escherichia coli* na região de Praia Grande. Entretanto, de acordo com as séries temporais dos seis pontos monitorados (ver Figuras 6, 7, 8 e 9), nota-se a ocorrência de concentrações de *Enterococcus* acima do limite máximo de 100 UFC/100mL em ambos os períodos simulados, muito possivelmente devido à presença de 24 canais artificiais que podem conter esgoto bruto, os quais deságuam diretamente nas praias dos municípios de Praia Grande (dez canais), Santos (sete canais) e Guarujá (sete canais na praia da Enseada) (Sabesp, 2006a; Sabesp, 2006b; Sabesp, 2013). Os despejos advindos dos canais podem contribuir ao aumento da concentração de bactérias, piorar os índices de qualidade da água e afetar a balneabilidade das praias, situação confirmada por monitoramentos realizados pela CETESB nos meses de agosto de 2016 e fevereiro de 2017 em praias desses municípios, as quais ocasionalmente apresentaram períodos de balneabilidade imprópria (CETESB, 2017; CETESB, 2018). Os resultados obtidos pelo D3D-WAQ neste estudo foram concordantes com SABESP (2013) e Ferreira Harari e Sartor (2018), que registraram maiores concentrações de *Enterococcus* nas proximidades dos emissários submarinos; e com Ribeiro (2021), que registrou maiores concentrações desta bactéria em praias e dentro do estuário, regiões mais vulneráveis ao descarte de esgoto bruto por fontes difusas.

Um resumo da validação qualitativa do modelo D3D-WAQ está disponibilizado na Tabela 4: com 51 de 80 validações possíveis (63,75% de casos validados), o D3D-WAQ foi considerado como validado quanto à dispersão das plumas de *Enterococcus* provenientes das fontes poluidoras consideradas neste estudo. Os resultados completos e detalhados da validação qualitativa do D3D-WAQ estão em Yang (2022).

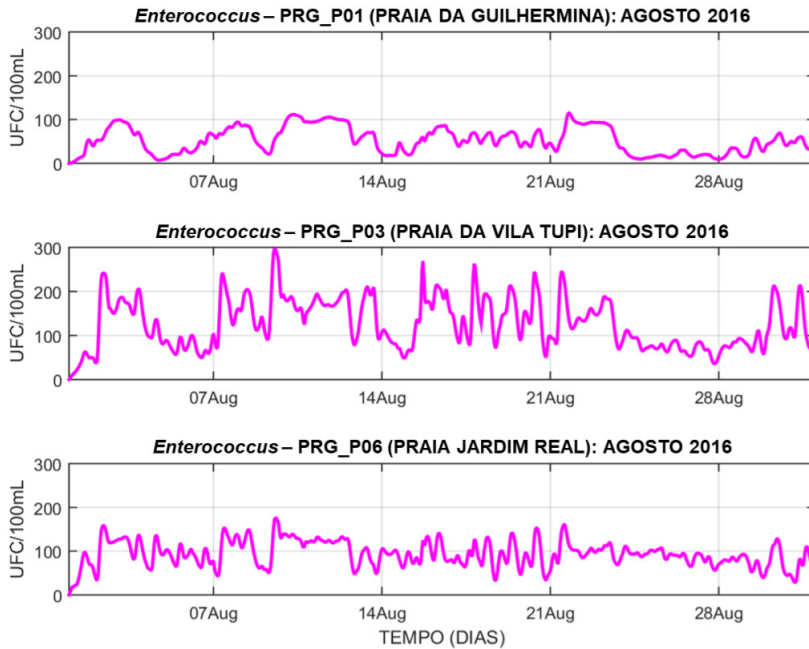


Figura 6 – Séries temporais das concentrações de *Enterococcus*, na superfície, nos pontos selecionados em Praia Grande (PGR\_P01, PGR\_P03 e PGR\_P06), em agosto de 2016.

Fonte: Elaborada pelos autores.

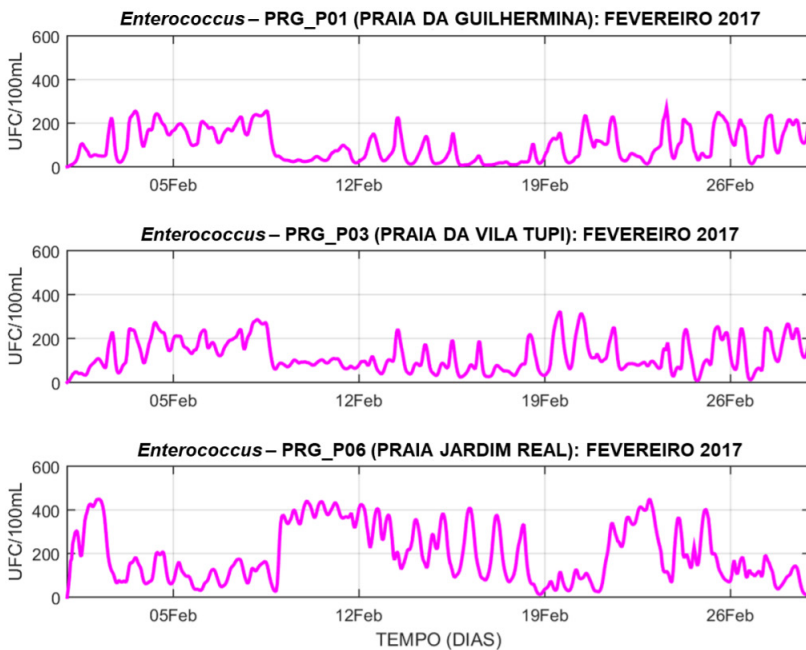


Figura 7 – Séries temporais das concentrações de *Enterococcus*, na superfície, nos pontos selecionados em Praia Grande (PGR\_P01, PGR\_P03 e PGR\_P06), em fevereiro de 2017.

Fonte: Elaborada pelos autores.

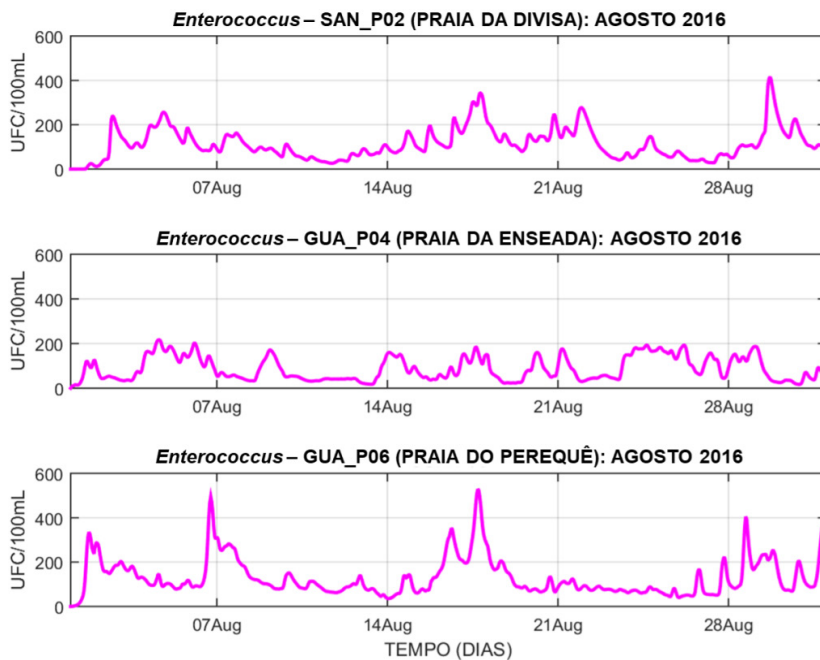


Figura 8 – Séries temporais das concentrações de *Enterococcus*, na superfície, nos pontos selecionados em Santos e Guarujá (SAN\_P02, GUA\_P04 e GUA\_P06), em agosto de 2016.

Fonte: Elaborada pelos autores.

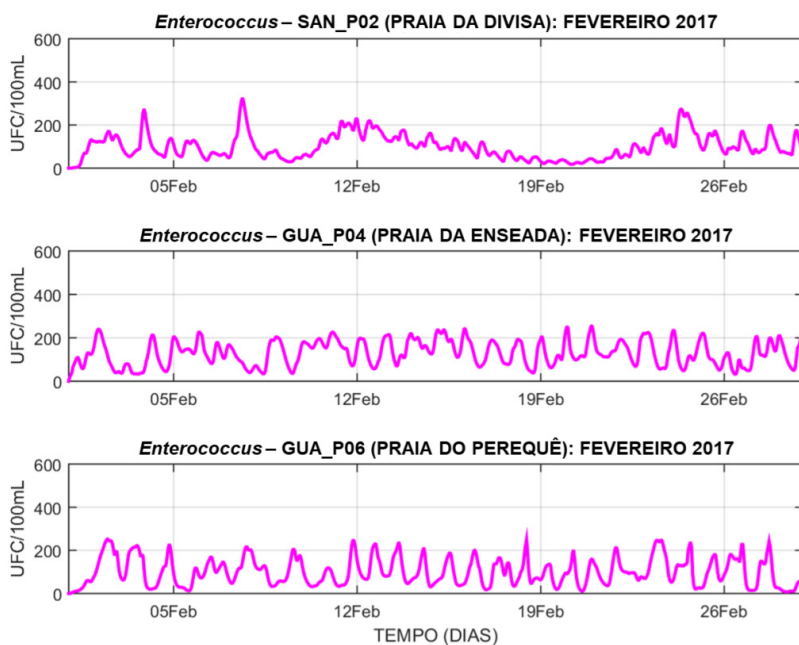


Figura 9 – Séries temporais das concentrações de *Enterococcus*, na superfície, nos pontos selecionados em Santos e Guarujá (SAN\_P02, GUA\_P04 e GUA\_P06), em fevereiro de 2017.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 4 – Resumo da validação qualitativa do D3D-WAQ para *Enterococcus*

Validações ( $\Delta t_{qa} \leq 25\%$ )	AGO 2016	FEV 2017	VALIDAÇÕES	POSSÍVEIS
Peruíbe	3	3	6	6
Itanhaém	7	7	14	14
Mongaguá	3	2	5	6
Praia Grande	6	1	7	16
São Vicente e Santos	2	0	2	16
Guarujá	3	3	6	10
Bertioga	6	5	11	12
TOTAL (D3D-WAQ)	30	21	51	80

Fonte: Elaborada pelos autores.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modelagem hidrodinâmica realizada através do D3D-FLOW representou as feições hidrodinâmicas da RMBS com elevado grau de confiabilidade, tendo fornecido resultados devidamente validados e concordantes com a literatura.

A modelagem de campo próximo realizada no VP-UM3 indicou que correntes de maré e correntes geradas pelo vento são ambas influentes na dispersão inicial das plumas dos cinco emissários submarinos abordados. Apesar das concentrações de *Enterococcus* ainda superarem o limite máximo indicado pelo CONAMA até as plumas atingirem o equilíbrio hidrostático (a partir de elevados valores iniciais lançados, ver Tabela 2), de um modo geral, as diluições iniciais das plumas emitidas pelos emissários submarinos foram satisfatórias, o que indica que eles são bem dimensionados e operam adequadamente. Os eventuais períodos de balneabilidade imprópria em algumas praias da região estudada (principalmente em Praia Grande, Santos e Guarujá) podem ser estar relacionados às descargas de fontes difusas. Uma possibilidade de solucionar este problema é realizar adequações e melhorias no sistema de saneamento básico em algumas localidades da RMBS.

A modelagem de campo distante com o D3D-WAQ também indicou que os cinco emissários submarinos da RMBS estão dimensionados de maneira correta e funcionando eficientemente, além de confirmarem a hipótese levantada por Yang (2016) e por Yang, Harari & Braga (2018), os quais mencionam que eventuais períodos de balneabilidade imprópria, e de baixos índices de qualidade da água nas praias da RMBS, podem ter origem em contribuições de fontes difusas que deságuam nas praias

contendo esgoto bruto não tratado, oriundas de despejos não conectados à rede de saneamento. Políticas públicas são necessárias para solucionar os atuais problemas dos descartes de esgoto bruto nas praias da RMBS, bem como no Sistema Estuarino de Santos e São Vicente.

O modelo D3D-WAQ foi validado de modo qualitativo, o que indica sua eficiência na modelagem de dispersão das plumas em campo distante com alto grau de confiabilidade, e uma boa qualidade dos valores usados nos parâmetros que representaram o processo ativo da mortalidade desta bactéria. As diferenças encontradas nas comparações entre os tempos de qualidade da água adequada (com base em *Enterococcus*) registrados pelo D3D-WAQ e pelas amostragens *in situ* da CETESB foram mais significativas nas praias de Santos e São Vicente, e menos significativas nas praias dos demais municípios. Deve ser ressaltado que o critério da Resolução CONAMA N.º 274/2000 considera os resultados obtidos nas cinco últimas coletas para classificar a condição de balneabilidade de uma determinada praia (BRASIL, 2001), enquanto os resultados gerados pelo modelo D3D-WAQ possuem resolução temporal de uma hora; ou seja, a baixa resolução temporal das coletas *in situ* da CETESB (de uma semana) pode eventualmente diminuir a precisão das informações de balneabilidade e de qualidade da água instantânea de uma praia, conforme mencionado por Yang (2016).

Por fim, a metodologia empregada neste trabalho poderá servir de referência em futuros estudos e monitoramentos que envolvam análise de qualidade da água com o uso da modelagem numérica da dispersão de plumas de efluentes contendo *Enterococcus* e outros contaminantes oriundos de fontes poluidoras pontuais e difusas (rios, córregos, canais etc.), o que pode contribuir para significativas melhorias no saneamento básico da RMBS.

## REFERÊNCIAS

- BAPTISTELLI, S.C.; MARCELLINO, E.B. Seawater monitoring under the influence of Sabesp sea outfalls in Baixada Santista (south coast) and north coast - São Paulo State - Brazil. *Revista DAE*, n. 204 (Edição Especial): pp. 47 - 56, Outubro 2016.
- BAUMGARTNER, D.J.; FRICK, W.E.; ROBERTS, P.J.W. *Dilution models for effluent discharges*. 3. edition. Portland: Usepa, 1994. 189p.
- BRAGA, E.S.; BONETTI, C.V.D.H.; BURONE, L. & BONETTI FILHO, J. Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista Estuarine System - Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 40, 2, pp. 165 - 173, February 2000.
- BRASIL. Resolução n. 274 de 29 de novembro de 2000. *Diário Oficial da União*, n 18, pp. 70 - 71, Janeiro 2001.
- CETESB. *Qualidade das praias litorâneas no estado de São Paulo - 2016*. Relatório técnico. São Paulo: Cetesb, 2017. 183p.

- CETESB. *Qualidade das praias litorâneas no Estado de São Paulo – 2017*. Relatório técnico. São Paulo: Cetesb, 2018. 196p.
- COELHO, F.R. *Caracterização físico-química, microbiológica e ecotoxicológica das águas dos canais de drenagem urbana de Santos (São Paulo, Brasil)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinheiros. Santos: 2013. 69p.
- DELTARES. *Delft3D-FLOW User manual: simulation of multi-dimensional hydrodynamics flows and transport phenomena, including sediments*. Version 3.15. Delft: 2019a. 680p.
- DELTARES. *D-Water quality user manual: versatile water quality modeling in 1D, 2D or 3D systems including physical, (bio)chemical and biological processes*. Version 5.06. Delft: 2019b. 380p.
- FERREIRA, F.R.; HARARI, J.; SARTOR, S.M. Análise da dispersão de esgoto nas águas das praias do Guarujá (SP) e seu risco à saúde dos banhistas. In: SINISGALLI, P.A.A.; JACOBI, P.R. *Caminhos do conhecimento em interdisciplinaridade e meio ambiente*. São Paulo: Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, 2018, pp. 82-106.
- GREGORIO, H.P. *Modelagem numérica da dispersão da pluma do emissário submarino de Santos*. (Dissertação de Mestrado) – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física, São Paulo: 2009. 108p.
- HARARI, J.; FRANÇA, C.A.S.; MARQUES, J. Aplicações da modelagem numérica da Baía de Santos (SP, Brasil): correntes residuais e dispersão de poluentes. In: *Anais do 1º Encontro Internacional de Governança da Água na América Latina*, São Paulo, 2007.
- INFOÁGUAS. Sistema InfoÁguas. São Paulo: Cetesb, 2021. Disponível em: <https://sistemainfoaguas.cetesb.sp.gov.br/>. Acesso em: 03 fev. 2021.
- JIRKA, G.H.; AKAR, P.J. Hydrodynamic classification of submerged multiport diffuser discharges. *Journal of Hydraulic Engineering*, 117 (9): pp. 1113-1128, September 1991.
- LELLOUCHE, J.M.; LEGALLOUDEC, O.; REGNIER, C.; LEVIER, B.; GREINER, E.; DREVILLON, M. *Quality information document for the GLOBAL ocean sea physical analysis and forecasting products: Global\_Analysis\_Forecast\_Phy\_001\_024*. Technical report. Version 2.3 (Issue 1.3). Brussels: CMEMS, 2016. 67p.
- NPH. Implantação do sistema de monitoramento e previsão da qualidade da água por meio de modelagem numérica ambiental e desenvolvimento de base de dados na Bacia Hidrográfica do Estuário de Santos - São Vicente. Relatório técnico. Santos: Universidade Santa Cecília, 2017. 125p.
- ORTIZ, J.P.; GARCIA, R.S.; SUBTIL, E.L. New design of santos submarine outfall: hydrodynamic modeling simulation at the Santos Bay. In: *Proceedings of International Symposium on Outfall Systems*, Mar del Plata, 2011.
- ORTIZ, J.P.; YANES, J.P.; BRAULIO NETO, A. Wastewater marine disposal through outfalls on the coast of São Paulo State - Brazil: an overview. *Revista DAE*, n. 204 (Edição Especial), pp. 29 - 46, Outubro 2016.

- POLETTE, M.; ASMUS, M.L. Meio ambiente marinho e impactos antrópicos. In: CASTELLO, J.P. & KRUG, L.C. *Introdução às ciências do mar*. 1. reimp. Pelotas: Editora Textos, 2017. pp. 500 - 520.
- RIBEIRO, R.B. *Previsão de balneabilidade com o uso da modelagem numérica operacional para as praias das Baías de Santos e de São Vicente*. Tese de Doutorado, Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (Procam), São Paulo: 2021. 163p.
- RIBEIRO, R.B.; SAMPAIO, A.F.P.; RUIZ, M.S. & HARARI, J. Influência do escoamento de águas pluviais na balneabilidade das praias em Santos, Brasil. In: *Anais do 9º Congresso sobre Planejamento e Gestão Costeira dos Países de Expressão Portuguesa*, Lisboa, 2019.
- SABESP. Prestação de serviços referentes à execução dos programas de monitoramento ambiental da área sob influência do emissário submarino de esgotos de Santos / São Vicente e de monitoramento ambiental da área sob influência dos emissários submarinos de esgotos de Praia Grande - Subsistemas 1, 2 e 3. Relatório técnico. Volume 01 (Avaliação do monitoramento de Santos/São Vicente), São Paulo: SABESP, 2006a. 247p.
- SABESP. Prestação de serviços referentes à execução dos programas de monitoramento ambiental da área sob influência do emissário submarino de esgotos de Santos / São Vicente e de monitoramento ambiental da área sob influência dos emissários submarinos de esgotos de Praia Grande - Subsistemas 1, 2 e 3. Relatório técnico. Volume 02 (Avaliação do monitoramento de Praia Grande), São Paulo: SABESP, 2006b. 380p.
- SABESP. Relatório de integração do monitoramento da qualidade das águas e dos sedimentos da disposição oceânica dos emissários submarinos e dos esgotos afluentes e efluentes das estações de pré-condicionamento dos sistemas de esgotos sanitários do Guarujá, de Santos e São Vicente e da Praia Grande. Relatório técnico. Volume 01. São Paulo: DTA Engenharia, 2013. 511p.
- SAHA, S.; MOORTHI, S.; WU, X.; WANG, J.; NADIGA, S.; TRIPP, P.; BEHRINGER, D.; HOU, Y.; CHUANG, H.; IREDELL, M.; EK, M.; MENG, J.; YANG, R.; MENDEZ, M.P.; VAN DEN DOOL, H.; ZHANG, Q.; WANG, W.; CHEN, M. & BECKER, E. The NCEP Climate Forecast System Version 2. *Journal of Climate*, v. 27, pp. 2185 - 2208, March 2014.
- SAMPAIO, A.F.P.; MATEUS, M.; RIBEIRO, R.B.; BERZIN, G. A modelling approach to the study of faecal pollution in the Santos Estuary. In: NEVES, R.; BARETTA, J.; MATEUS, M. *Perspectives on integrated coastal zone management in South America*. Lisboa: Editora Universitária do Instituto Superior Técnico, 2008, pp. 425 - 434.
- SUTTI, B.O. Estudo hidrológico e da qualidade da água de dois rios tributários do Canal de Bertiooga, município de Guarujá (SP), sujeitos a diferentes níveis de interferências antropogênicas. Dissertação de Mestrado, Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, Santos: 2014. 114p.
- WALSH, J.L. History of the Riemann Mapping Theorem. *The American Mathematical Monthly*, 80, 3, pp. 270 - 276, March 1973.

- WILLMOTT, C.J. Some comments on the evaluation of the model performance. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 63, 11, pp. 1309-1313, November 1982.
- YANG, S.H. Análise das condições ambientais e da dispersão de plumas de efluentes na região costeira centro-sul do Estado de São Paulo com uso da modelagem numérica. Dissertação de Mestrado, Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (Procam), São Paulo: 2016. 299p.
- YANG, S.H. Análise de condições hidrodinâmicas e da qualidade da água na região costeira central do Estado de São Paulo através de modelagem numérica. Tese de Doutorado, Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (Procam), São Paulo: 2022. 638p.
- YANG, S.H.; HARARI, J. & BRAGA, E.S. Análise da qualidade da água no litoral dos municípios de Praia Grande e Itanhaém – São Paulo, Brasil. In: SINISGALLI, P.A.A. & JACOBI, P.R. *Caminhos do conhecimento em interdisciplinaridade e meio ambiente*. São Paulo: Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, 2018, pp. 60-81.
- YANG, S.H.; HARARI, J. & BRAGA, E.S. Modelagem de plumas de efluentes entre Praia Grande e Peruíbe, litoral do Estado de São Paulo, Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 24(4): pp. 697 - 708, Julho/Agosto 2019.
- YANG, S.H.; HARARI, J.; RIBEIRO, R.B.; CORTEZ, T. & RUIZ, M.S. Efeitos da intensificação de tempestades em praias do Estado de São Paulo, Brasil. In: *Anais do 9º Congresso sobre Planejamento e Gestão Costeira dos Países de Expressão Portuguesa*, Lisboa, 2019.
- YUKSELEN, M.A.; CALLI, B.; GOKYAY, O. & SAATCI, A. Inactivation of coliform bacteria in Black Sea waters due to solar radiation. *Environment International*, n. 29, pp. 45-50, 2003.



# Previsão de balneabilidade com o uso da modelagem numérica para as praias de Santos, Brasil

*Renan Braga Ribeiro  
Joseph Harari*

## **Resumo**

Nas orientações da Organização Mundial da Saúde para águas recreativas seguras, há duas abordagens centrais definidas. A primeira está relacionada ao conceito de classificação da praia, que implica em uma avaliação dos riscos *a priori*. A segunda se baseia na previsão da má qualidade da água, para ajudar na avaliação de risco em tempo real e proteção da saúde pública. Este capítulo apresenta resultados provenientes da tese de doutorado defendida no Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (Procam) da USP. O trabalho teve como objetivo a implantação inicial de um sistema de previsão da qualidade da água para fins balneares nas praias localizadas no município de Santos. Essa implantação foi baseada em modelagem numérica operacional determinística e contou com diversas etapas, desde o levantamento de fontes de poluição, modelagens da drenagem urbana, hidrodinâmica e da qualidade da água, usando a concentração de enterococos como indicador. Em média, o volume total de esgoto lançado continuamente no estuário de Santos é de  $3,46 \text{ m}^3/\text{s}$ , sendo  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$  pelas áreas não atendidas pela rede de esgoto,  $0,56 \text{ m}^3/\text{s}$  pelas 5 ETEs, e  $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$  por um emissário submarino. Além disso, a vazão de apenas um dos seis canais de drenagem afluentes às praias de Santos foi de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  durante um evento de precipitação

moderada, contribuindo assim com uma elevada carga de poluição. Os resultados do modelo hidrodinâmico indicaram que, na região das praias, as correntes são paralelas à linha de costa, com direção bimodal e, em geral, de baixa intensidade. Os picos de concentração de enterococos em todas as praias estudadas estiveram associados aos eventos de precipitação; na Ponta da Praia, há também a influência das águas do interior do estuário, em geral com pior qualidade. Ademais, essa implantação serviu de base para um sistema de previsão, aprimorando a proteção à saúde pública, e pode ser utilizada como ferramenta auxiliar na gestão e otimização da operação de sistemas de drenagem e na priorização de empreendimentos de esgotamento sanitário para a região.

**Palavras-chave:** Qualidade da água; Descarga de Esgoto; Modelo; Enterococos.

## 1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água para fins de recreação de contato primário, ou balneabilidade, sendo necessário para sua avaliação critérios objetivos, baseados em microrganismos indicadores de contaminação fecal (Cetesb, 2016). Diversos autores sugerem que há uma relação entre sintomas de infecção gastrointestinal e balneabilidade (Pruss, 1998). Fewrell e Kay (2015) apontaram risco elevado à saúde devido à exposição em águas contaminadas. Lamparelli *et al.* (2015) observaram associação entre exposição e sintomas gastrointestinais em banhistas na Baixada Santista.

No geral, três grupos de bactérias são usados como indicadores: (a) os coliformes fecais, (b) *Escherichia coli*, e (c) enterococos. No Brasil, a Resolução Conama nº274/200 (Brasil, 2000) define como própria a água com até 1.000 coliformes fecais, 800 *E. coli* ou 100 enterococos por 100ml em 80% das amostras de 5 semanas. Valores acima de 2.500, 2.000 ou 400 respectivamente, na última amostra, tornam a água imprópria.

A resolução Conama também considera imprópria a água com florações de algas ou organismos patogênicos, com despejo de resíduos, entre outros fatores. Entretanto, na maioria dos casos, a classificação como imprópria é fundamentada na concentração das bactérias indicadoras, e é geralmente baseada em métodos microbiológicos, que levam cerca de 24 horas para obter resultados (Wade *et al.*, 2006), dificultando decisões em tempo real.

A Organização Mundial de Saúde (WHO, 2003) propõe duas abordagens para águas recreacionais seguras: (i) classificação da praia via avaliação microbiológica e inspeção sanitária, implicando numa avaliação dos riscos *a priori*; e (ii) previsão da má qualidade da água para avaliação do risco em tempo real e proteção da saúde pública.

A Usepa (2010) revisou as ferramentas preditivas, enquadrando em quatro categorias: (i) modelos estatísticos; (ii) árvores de decisão; (iii) modelos determinísticos; e (iv) combinações dessas ferramentas. Há várias considerações para o desenvolvimento e seleção de modelos preditivos, e cada um tem seu próprio conjunto de desafios (Boehm *et al.*, 2002 *apud* Usepa, 2010).

Modelos determinísticos representam matematicamente processos que afetam a concentração bacteriana. Para citar alguns exemplos, Chan *et al.* (2012) desenvolveram um modelo 3D com precisão de 81–91% em Hong Kong, Bedri *et al.* (2014) usaram abordagem integrada para prever *E. coli* na costa da Irlanda, com bons resultados. No Brasil, Hirai e Porto (2014) aplicaram modelos estatísticos em praias fluviais, demonstrando potencial, desde que haja monitoramento consistente para calibração e validação.

A Baía de Santos, no litoral paulista, destaca-se pela ampla base de dados operacionais: (a) medições meteoceanográficas da Praticagem de São Paulo; (b) dados pluviométricos do Cemaden; (c) monitoramento intensivo da qualidade da água, com coletas extras pela Prefeitura de Santos; (d) uso contínuo de modelos numéricos (hidrodinâmicos e de dispersão).

Dentre os estudos com modelagem na região, destacam-se: modelos hidrodinâmicos (Harari *et al.*, 2006; Roversi; Rosman; Harari, 2016; Seiler *et al.*, 2020; Ruiz *et al.*, 2021); modelos microbiológicos (Sampaio; Harari, 2012; Harari *et al.*, 2013; Ribeiro *et al.* 2019a); e modelos operacionais (Ribeiro *et al.*, 2019b; Costa *et al.* 2020).

## 2. METODOLOGIA

A partir de um projeto do Núcleo de Pesquisas Hidrodinâmicas da Universidade Santa Cecília (Ribeiro *et al.*, 2017), foi iniciada a previsões de balneabilidade na região do Estuário e Baía de Santos (Figura 1), com uso de modelo determinístico. Este trabalho se baseou nessa iniciativa, apresentando a estrutura usada na implantação, calibração e validação do modelo de qualidade da água.

A implantação do sistema de previsão da balneabilidade, com modelagem numérica operacional determinística, foi dividida em 4 etapas: 1) Levantamento das fontes pontuais e difusas de poluição; 2) Modelagem das descargas da drenagem urbana; 3) Modelagem hidrodinâmica; 4) Modelagem de qualidade da água.

### 2.1 Levantamento das fontes pontuais e difusas de poluição

Segundo von Sperling (2006), poluentes podem atingir os corpos d'água por fontes pontuais ou difusas. No Sistema Estuarino de Santos e São Vicente (SESSV), as fontes pontuais domésticas incluem os efluentes das cinco ETEs (Humaitá, Samaritá, Cubatão/Lagoa, Casqueiro e Vicente de Carvalho) e da EPC de Santos. Foram analisados dados históricos (2012–2014) de vazão e concentração microbiológica desses efluentes para uso na modelagem.

As fontes difusas de origem doméstica foram caracterizadas através do cruzamento das informações espaciais da rede de esgoto com a rede de drenagem existente na região de estudo, a fim de estimar o volume de esgoto e identificar os prováveis locais

de descarga destas fontes nas áreas que não contam com rede de esgotamento sanitário operando, ou contam com rede operando sem ligação a uma ETE ou emissário.



**Figura 1** – Área de estudo com a localização das Baías de Santos e de São Vicente, dos Canais de Santos e de São Vicente, das praias monitoradas no município de Santos (em laranja) e no município de São Vicente (em amarelo), e da estação da Praticagem de São Paulo (em verde).

Fonte: Elaborada pelos autores.

## 2.2 Modelagem das descargas da drenagem urbana

Durante chuvas intensas, o escoamento superficial em áreas impermeáveis transporta poluentes que impactam a balneabilidade. Para estimar essa contribuição, foi realizada uma campanha nas praias (Boqueirão e Embaré) e canais de Santos (Canais 3, 4 e 5), considerando amostragens antes, durante e após a chuva de 15/06/2015 (acumulado de 14,02 mm), associadas à medição de vazão em um canal de drenagem afluente à praia. Nessas amostragens foram quantificadas a concentração microbiológica através dos métodos Colilert e Enterolert, no laboratório da Sabesp.

Para estimar as contribuições dos canais de drenagem foi implantado um modelo de chuva-vazão, através do método racional (Mulaney, 1850 *apud* Singh; Woolhiser, 2002), considerando apenas a região da Ilha de São Vicente (porção insular dos municípios de Santos e São Vicente). Este modelo considerou um total de 29 microbacias com uma área total de 36.661.775 m<sup>2</sup>. Esse modelo utilizou dados de precipitação do Cemaden (*hindcast*) e do Global Forecast System (GFS), denominado *forecast*.

Devido à incerteza operacional do sistema de drenagem, adotou-se um modelo conceitual para simular a vazão afluyente às praias, considerando o escoamento superficial e a captação pelo emissário submarino. Foram testados quatro cenários, variando o volume de amortecimento dos canais e a eficiência dos interceptores oceânicos, sendo a abertura das comportas condicionada ao volume do canal exceder um valor crítico. Cenários A: 50% do volume do canal disponível para amortecer a cheia e captação média nos interceptores, B: 75% do volume e captação média, C 50% e captação máxima, e D 75% e captação máxima.

### 2.3 Modelagem hidrodinâmica

A hidrodinâmica foi simulada com o sistema MOHID (Braunschweig *et al.*, 2004), utilizando quatro grades 2D barotrópicas aninhadas, conforme metodologia de Leitão *et al.* (2005). A Grade Level 1 foi forçada com maré astronômica derivada do modelo FES2012. A Grade Level 2 incorporou essas condições e dados de baixa frequência (nível do mar e correntes) do *Copernicus Marine Environment Monitoring Service*. As grades seguintes (Level 3 e 4) receberam condições das grades anteriores.

A superfície livre foi forçada com dados atmosféricos do modelo GFS/NOAA. As grades foram processadas sequencialmente, com resoluções variando de 0,02° (Level 1 e 2) até 0,0005° (~50 m) na Grade 4. A batimetria foi obtida de cartas do DHN, levantamentos da Praticagem e do NPH-Unisanta. Áreas alagáveis, como manguezais, foram representadas conforme Roversi, Rosman e Harari (2016).

As vazões fluviais consideradas foram médias mensais dos principais rios (Codesp, 2008) e da descarga da Usina Henry Borden no Rio Cubatão.

A calibração do modelo hidrodinâmico foi feita a partir dos dados de nível do mar medidos na estação maregráfica Praticagem (Figura 1), entre novembro e dezembro de 2014. A validação foi realizada a partir dos dados de nível do mar, componentes zonal e meridional (U e V) das correntes medidos nessa mesma estação entre abril de 2017 e abril de 2018; e todo ano de 2019. A comparação foi quantificada através dos parâmetros: coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ), erro quadrático médio (*Mean Square Error* - MSE), erro quadrático médio normalizado (*Normalized Mean Square Error* - NMSE), erro médio ou viés, e coeficiente *Skill*.

### 2.4 Modelagem da qualidade da água

Para simular a balneabilidade, foi utilizado o sistema MOHID, empregando a mesma grade do último nível hidrodinâmico (Level 4). A concentração de enterococos foi o indicador adotado, conforme metodologia da CETESB, por seu melhor desempenho em ambientes marinhos (Byappanahalli *et al.*, 2012).

O decaimento dos enterococos foi representado por uma variação horária do parâmetro  $T_{90}$  (15h em céu claro e 70h em céu nublado), conforme Pompey (2005

apud Ispra, 2010), interpolado com base em Wallis (1977). O modelo considerou 75 fontes de contaminação, incluindo esgoto in natura, efluentes tratados e cargas difusas de rios e canais (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo das descargas utilizadas no modelo de qualidade da água

Tipo	Número de pontos de descarga	Vazão considerada	Concentração de enterococos
Rios	17	Média mensal (CODESP, 2008)	Fixa para todas as descargas $1 \times 10^3$ NMP/100ml
ETEs ou EPC	6	Climatológica para cada ETE ou EPC, com variação horária e mensal (ver Item 5.1.1)	Fixa para cada uma das descargas
Esgoto fora da rede	24	Fixa no tempo, baseada no número de pessoas (ver Item 5.1.2)	Fixa para todas as descargas $4,67 \times 10^6$ NMP/100ml
Drenagem	28	Variável no tempo, baseada na precipitação, calculada pelo modelo chuva-vazão (ver Item 5.2.2)	Fixa para todas as descargas $1 \times 10^5$ NMP/100ml

Fonte: Elaborada pelos autores.

A calibração foi feita com simulações entre 15 e 16/06/2015, durante evento de chuvas intensas e abertura de comportas. A validação utilizou dados de 15/01 a 17/06/2017, com comparações aos dados de enterococos da Cetesb e Prefeitura de Santos, coletados em 13 pontos de monitoramento nas praias de Santos e São Vicente.

A performance do modelo foi avaliada por métricas da tabela de contingência 2x2 (Schaefer, 1990), considerando o limite legal de 400 NMP/100ml, e pelos índices de Bennett *et al.* (2013): acurácia, viés, taxa de acerto, taxa de falso alarme e índice de sucesso.

Essas métricas foram calculadas com base nos resultados do modelo de qualidade da água (considerando os cenários A, B, C e D, assim como as fontes precipitação *Hindcast* e *Forecast*).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vazão das fontes pontuais de poluição (ETEs e EPC) variaram ao longo do dia, com picos entre 11h e 19h e mínimas entre 3h e 9h, além de um padrão sazonal com maiores vazões no verão. As concentrações microbiológicas (*E. coli*), com base em coletas mensais, não apresentaram variação sazonal clara, com médias entre  $10^4$  e  $10^7$  NMP/100ml para ETE Lagoa e EPC Santos, respectivamente.

Estimou-se que 326.976 pessoas residam em submoradias ou bairros sem rede de esgoto, gerando uma vazão de  $0,6055 \text{ m}^3/\text{s}$  dispersos em 24 pontos de descarga,

com maiores cargas no Rio Piaçabuçu, Largo do Pompeba/Rio Casqueiro, e Rio Santo Amaro.

Durante a abertura da comporta, a vazão do Canal 4 variou de 0,85 a 4,6m<sup>3</sup>/s, média de 2,06 m<sup>3</sup>/s. Nas praias, a concentração média de enterococos foi de 815 NMP/100ml antes da abertura, possivelmente devido ao extravasamento por falhas nas comportas. Observou-se aumento dessas concentrações após a abertura da comporta, no dia seguinte, as concentrações diminuíram, mas ainda superavam o limite legal (400 NMP/100ml).

A chuva também impactou a qualidade da água. As concentrações de enterococos aumentaram de 7–14 UFC/100ml (14/06) para 743–900 NMP/100ml após a chuva (15/06), chegando a 2.489 na Praia do Embaré e 5.475 na do Boqueirão. Nos dois dias seguintes, os valores caíram para 282–650 e depois 92–106 UFC/100ml (Figura 2).

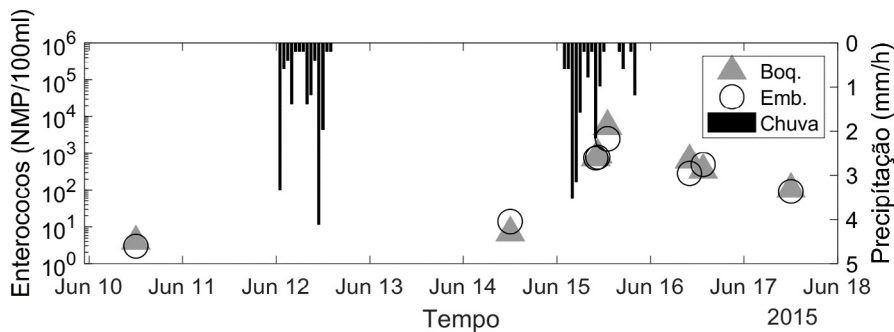


Figura 2 – Concentração de enterococos (NMP/100ml) nas praias do Boqueirão (triângulo em cinza) e do Embaré (círculo em preto), referente as coletas deste estudo, da CETESB e PMS, a precipitação (mm/h) medida no pluviômetro localizado na Ponta da Praia é indicada pelas barras em preto.

Fonte: Elaborada pelos autores.

A modelagem entre 15/01 e 28/02/2017 indicou que, nos quatro cenários simulados (A, B, C e D), não houve variação significativa na vazão afluente às praias pelos canais de drenagem de Santos (Tabela 2).

Considerando apenas eventos com vazão (>0 m<sup>3</sup>/s), o canal 1 apresentou os maiores valores e o canal 6 os menores, o que se justifica pela diferença nas áreas de drenagem. Os cenários com maior capacidade de amortecimento (C e D) mostraram maiores vazões médias, pois, ao contrário do cenário A, que gera pequenas vazões mesmo com chuvas leves, C e D só apresentam vazão em eventos mais intensos, sendo desconsiderados nos demais casos no cálculo da média.

Os cenários *hindcast* e *forecast* apresentam padrões distintos: o *forecast* gera vazões mais altas e contínuas, refletindo as previsões do modelo meteorológico, enquanto o *hindcast* exibe picos pontuais baseados em dados medidos. Em geral, o *forecast* superestima as vazões em eventos intensos, embora o inverso também ocorra, porém com menor frequência.

**Tabela 2** – Vazão média  $\pm$  desvio padrão ( $m^3/s$ ), considerando apenas eventos com vazão maior que  $0 m^3/s$ , para os seis canais de drenagem que contém comportas (Canais 1 a 6), obtidos com os 4 cenários (A, B, C, D) no modelo chuva-vazão pelo método racional, considerando a precipitação medida (*hindcast*) e prevista (*forecast*), para o período entre 15 de janeiro e 28 de fevereiro de 2017

Cenário	<i>Hindcast</i>				<i>Forecast</i>			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Canal 1	1.31 $\pm 2.41$	1.30 $\pm 2.40$	1.62 $\pm 2.81$	1.54 $\pm 2.80$	2.59 $\pm 4.13$	2.59 $\pm 4.14$	3.22 $\pm 4.57$	3.23 $\pm 4.60$
Canal 2	0.92 $\pm 1.82$	0.91 $\pm 1.84$	1.10 $\pm 2.09$	1.07 $\pm 2.17$	1.64 $\pm 2.63$	1.63 $\pm 2.64$	2.25 $\pm 2.99$	2.28 $\pm 3.02$
Canal 3	1.03 $\pm 2.30$	1.03 $\pm 2.34$	1.25 $\pm 2.67$	1.27 $\pm 2.78$	1.69 $\pm 2.75$	1.68 $\pm 2.75$	2.35 $\pm 3.13$	2.37 $\pm 3.16$
Canal 4	0.70 $\pm 1.81$	0.69 $\pm 1.84$	0.85 $\pm 2.08$	0.87 $\pm 2.18$	1.26 $\pm 1.75$	1.27 $\pm 1.76$	1.46 $\pm 1.86$	1.50 $\pm 1.89$
Canal 5	0.85 $\pm 2.24$	0.82 $\pm 2.23$	1.06 $\pm 2.61$	1.00 $\pm 2.63$	1.46 $\pm 1.99$	1.47 $\pm 2.00$	1.66 $\pm 2.10$	1.68 $\pm 2.13$
Canal 6	0.62 $\pm 1.76$	0.61 $\pm 1.78$	0.75 $\pm 2.01$	0.80 $\pm 2.13$	0.98 $\pm 1.34$	0.99 $\pm 1.35$	1.09 $\pm 1.40$	1.11 $\pm 1.42$

Fonte: Elaborada pelos autores.

A comparação entre o modelo hidrodinâmico e os dados medidos na estação Praticagem durante a calibração apresentou boa concordância em amplitude e fase do nível do mar (Tabela 3), além de reproduzir variações de baixa frequência ligadas ao vento sinótico.

No primeiro período de validação, os resultados foram satisfatórios para o nível do mar e para a componente U (Leste-Oeste), com correlações de 0,93 e 0,76. No segundo período, os indicadores foram ligeiramente melhores, com  $r = 0,95$  e  $0,80$ , respectivamente (Tabela 3).

O modelo hidrodinâmico reproduziu os padrões de circulação descritos em estudos anteriores (Harari *et al.*, 2006; Roversi; Rosman; Harari, 2016; Costa *et al.*, 2020; Seiler *et al.*, 2020; Ruiz *et al.*, 2021), como: a) correntes mais intensas nos canais estuarinos em comparação à Baía de Santos; b) circulação na baía influenciada por maré e correntes costeiras; c) convergência/divergência das correntes no Largo da Pompeba; d) defasagem de nível do mar entre a baía e o estuário interno; e) variações de nível do mar devido a eventos meteorológicos intensos; f) inundação e ressecamento em manguezais.

**Tabela 3** – Comparação estatística entre os resultados do modelo e os dados medidos de nível do mar entre 01/11/2014 e 01/01/2015; e de nível do mar e correntes (componentes U e V) nos períodos de 01/04/2017 a 01/04/2018, e 01/01/2019 a 01/01/2020. r = coeficiente de correlação, NMSE = Erro Quadrático Médio Normalizado, MSE = Erro Quadrático Médio, Skill = Habilidade do Modelo

Período	Estação	r	NMSE	MSE	Viés	Skill
01/11/2014 a 01/01/2015	Nível do mar	0,95	1%	0,01 m	0,00 m	0,97
01/04/2017 a 01/04/2018	Nível do mar	0,93	1%	0,02 m	0,00 m	0,96
	Comp. U	0,76	2%	0,07 m/s	0,04 m/s	0,87
01/01/2019 a 01/01/2020	Nível do mar	0,95	1%	0,01 m	0,00 m	0,98
	Comp. U	0,80	2%	0,05 m/s	0,01 m/s	0,89

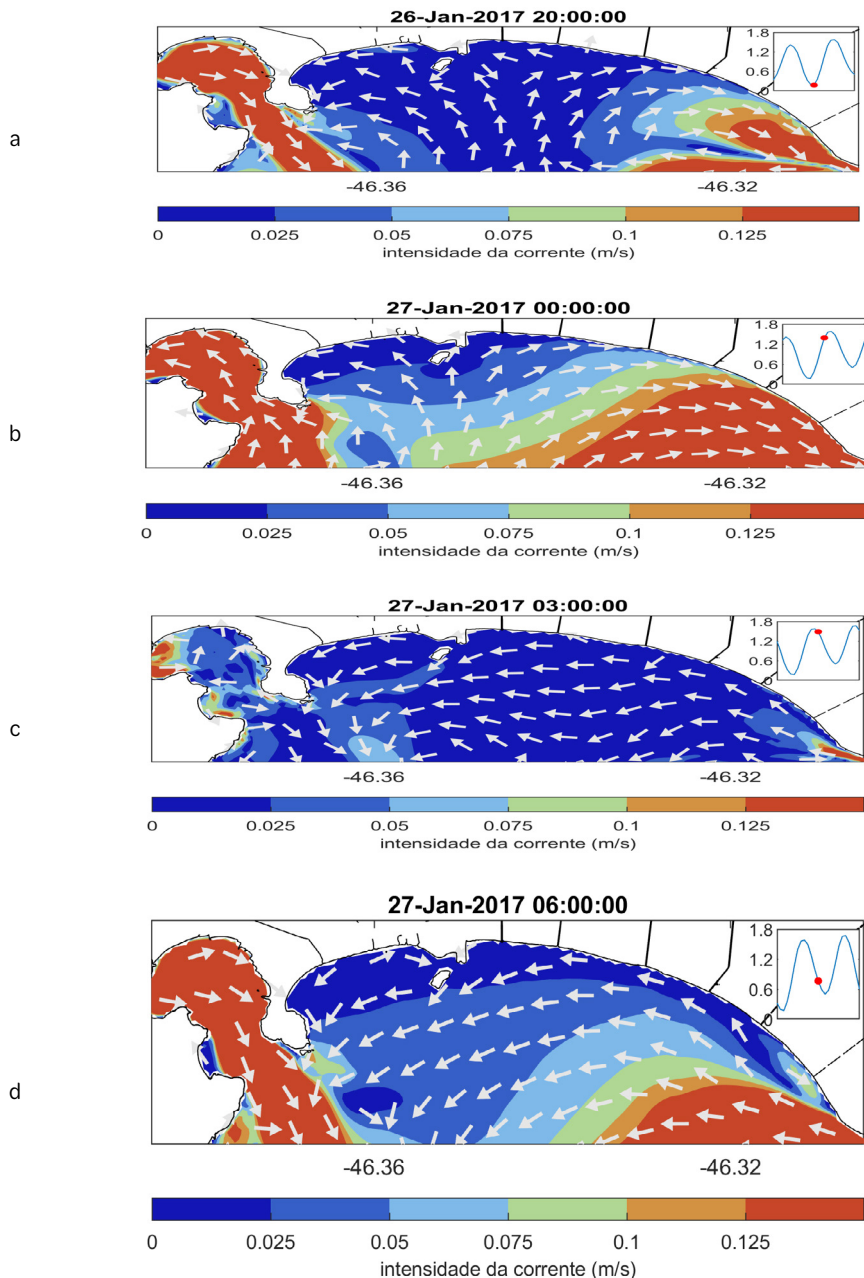
Fonte: Elaborada pelos autores.

Nas praias, o modelo indicou correntes paralelas à costa com direção bimodal e menor intensidade em relação à Baía de Santos. As praias próximas ao Canal de Santos (Ponta da Praia e Aparecida) apresentaram correntes mais fortes, com vórtices na saída do canal durante a transição entre marés, favorecendo fluxos em direção à entrada do canal (Figura 4).

Nos resultados da modelagem de qualidade da água, as concentrações médias medidas (simuladas) de *E. coli* foram 4.858 (8.201), 12.102 (17.089), 676 (761) e 581 (70) NMP/100ml em -1h, +1h30min, +24h e +27h da abertura da comporta, respectivamente. Os valores simulados foram, em geral, da mesma ordem de grandeza dos medidos, exceto no último instante, em que a simulação superestimou os dados, possivelmente por não representar adequadamente a dispersão ou o decaimento (Figura 5, à esquerda).

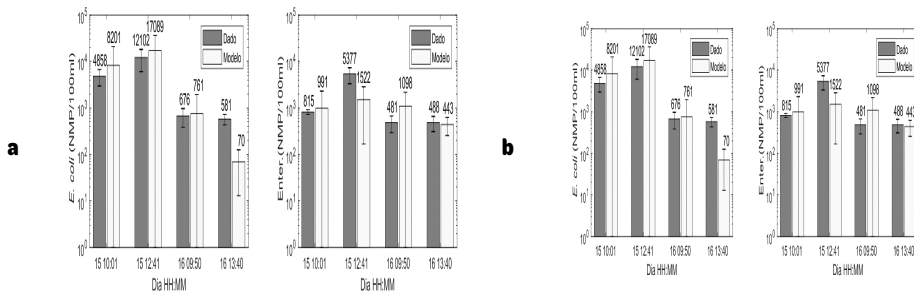
Para enterococos, as médias foram 815 (991), 5.377 (1.522), 481 (1.098) e 448 (443) NMP/100ml nos mesmos horários (Figura 4, à direita). A concordância entre simulado e medido também foi boa, exceto no penúltimo instante, onde o modelo superestimou a concentração, provavelmente pelos mesmos fatores.

A simulação das concentrações de enterococos indicou maiores valores em áreas rasas, com plumas se dispersando paralelamente à costa, influenciadas pela maré. Antes da abertura das comportas, observou-se transporte em direção ao Canal de Santos (100–2.000 NMP/100ml), intensificando-se após a abertura (>2.000 NMP/100ml). As concentrações diminuíram com o tempo devido à dispersão e decaimento, mas aumentaram novamente após chuva, voltando a cair no dia seguinte (100–400 NMP/100ml) (Figura 3). O modelo representou bem os padrões medidos, com alta concentração antes e após a abertura e redução no dia seguinte.



**Figura 3** – Resultados do modelo hidrodinâmico nas praias para intensidade das correntes em instantes com: a) correntes fracas na estofa de baixa-mar em 26/01/2017 às 20h (hora local); b) correntes intensas na enchente em 27/01/2017 às 00h (hora local); c) correntes fracas na estofa de preamar em 27/01/2017 às 03h (hora local); d) correntes intensas na vazante em 27/01/2017 às 06h (hora local). Os vetores de direção da corrente são apresentados em tamanho uniforme em branco, e o gráfico no interior das figuras representa a elevação do nível do mar em um ponto na Baía de Santos, com o respectivo instante em vermelho.

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Figura 4** – Comparação de resultados do modelo de qualidade de água (em cinza escuro) com os dados (em cinza claro) da concentração (NMP/100ml) de *E. coli* (a) e enterococos (b), medidos antes (15/06 10:01) e após (15/06 12:41) a abertura de comportas e no dia seguinte ao evento (16/06 9:50 e 13:40). As barras em preto indicam o desvio padrão.

Fonte: Elaborada pelos autores.

As simulações entre 15 de janeiro e 17 de junho de 2017 mostraram bom desempenho em todos os cenários (A–D), sem diferenças relevantes entre *hindcast* e *forecast*.

Na Ponta da Praia, as concentrações variaram entre 1–100 NMP/100ml, com picos durante a maré vazante e queda na enchente. Eventos de chuva causaram elevações acima de 10<sup>4</sup> NMP/100ml. O modelo acertou cinco dos seis picos medidos (>400 NMP/100ml), com cinco falsos positivos, mas desempenho geral satisfatório (45 acertos).

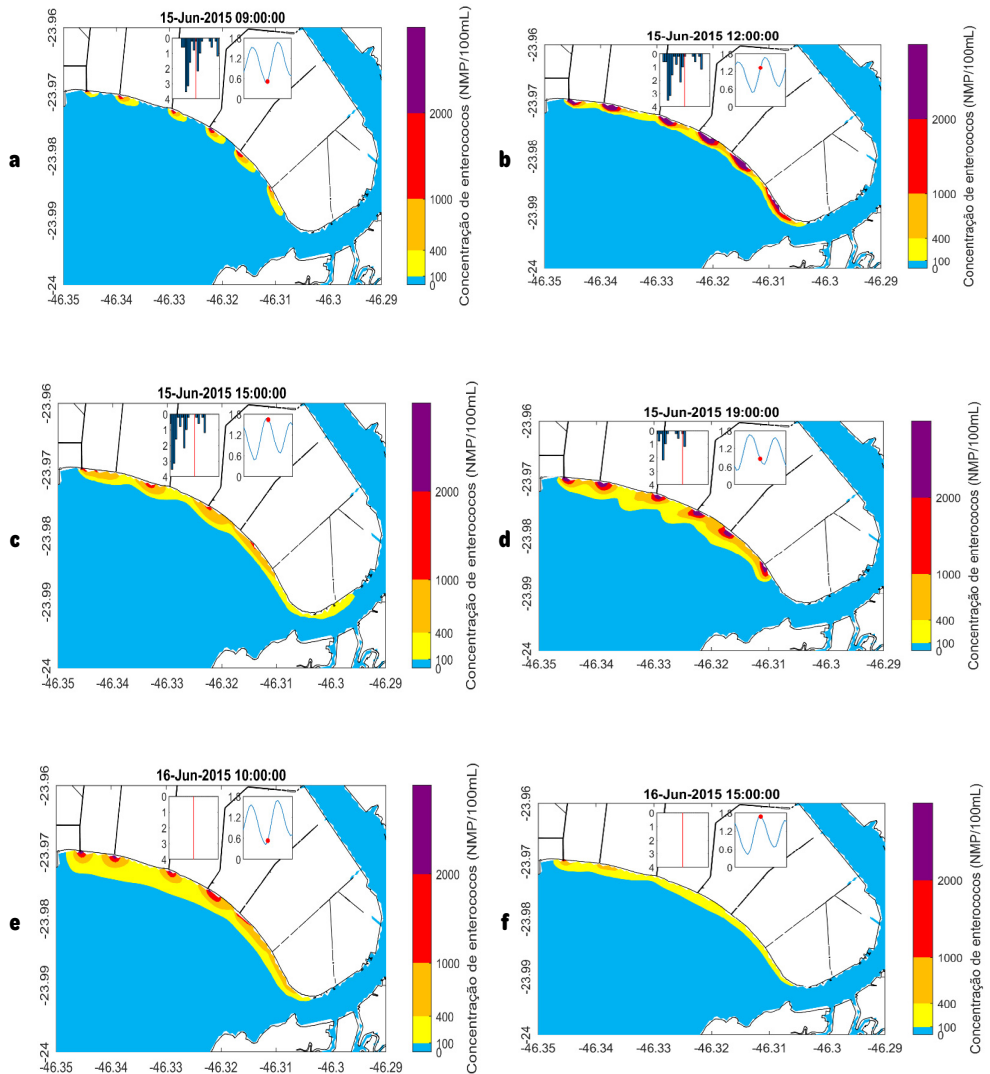
No Gonzaga, a variação foi mais ligada à chuva, com pouca influência da maré, padrão também observado em Aparecida e Embaré. Em resumo, os picos de enterococos nas praias de Santos se relacionam à chuva, exceto na Ponta da Praia, onde há também influência do Canal de Santos (Figura 5).

O modelo previu bem as altas concentrações, apesar da incerteza na hora de amostragem e operação das comportas. Atualmente, o modelo assume abertura automática ao atingir volume crítico, mas na prática a decisão é empírica, podendo haver atrasos ou falhas. Uma solução seria automatizar o monitoramento das comportas e integrar essas informações ao modelo. O ideal seria definir regras operacionais baseadas em previsões de maré, chuva e nível dos canais, reduzindo riscos de inundação e otimizando a dispersão da água drenada.

Segundo Lamparelli e Nery (2008), a instalação das comportas em 1992 reduziu em até 51% a frequência de balneabilidade imprópria nas praias de Santos. Este trabalho e Harari *et al.* (2013) indicaram que as águas dos canais de drenagem têm maior influência na balneabilidade das praias do que o emissário submarino ou o Canal de Santos.

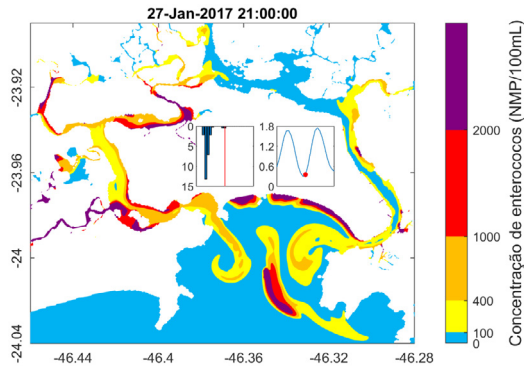
Estudos sobre regras de operação de comportas (Zhang *et al.*, 2011; Hwang *et al.*, 2014; Feng; Sun; Zhu, 2016) mostraram benefícios para a qualidade da água, especial-

mente em rios. Pesquisas semelhantes podem ser aplicadas em Santos para reduzir inundações e melhorar a balneabilidade. Com regras definidas, a automação via IoT, incluindo a medição dos níveis nos canais, como sugerido por Hussen Hajjaj *et al.* (2020), pode otimizar a operação.



**Figura 5** – Resultados do modelo de qualidade da água para a concentração de enterococos (NMP/100ml, conforme escala de cores) nos seguintes instantes: a) 15/06/2015 às 09h (hora local); b) 15/06/2015 às 12h; c) 15/06/2015 às 15h; d) 15/06/2015 às 19h; e) 16/06/2015 às 10h; f) 16/06/2015 às 15h Os gráficos no interior das figuras representam a precipitação em (mm/h, à esquerda) e a elevação do nível do mar (m, à direita) em um ponto na Baía de Santos, com os respectivos instantes em vermelho.

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Figura 6** – Resultados do modelo de qualidade da água para a concentração de enterococos (NMP/100ml, conforme escala de cores) em 27/01/2017 às 21h. Os gráficos no interior das figuras representam a precipitação em (mm/h, à esquerda) e a elevação do nível do mar (m, à direita) em um ponto na Baía de Santos, com o instantes em vermelho.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Nas simulações de previsão para Baía de Santos, os resultados *hindcast* (com dados medidos de precipitação) superaram os *forecast* (com previsão meteorológica), como esperado. Entre os quatro cenários testados, o cenário B, com 75% do canal reservado para amortecimento e captação média nos interceptores, teve desempenho ligeiramente superior.

Nas praias de Santos a acurácia nos cenários *hindcast* (*forecast*) variou entre 0,91 e 0,93 (0,81 e 0,87), o índice de sucesso [IS] variou entre 0,76 e 0,78 (0,66 e 0,67). Levando em conta apenas o *hindcast*, o cenário A foi mais conservativo, com maior taxa de acerto (0,76), porém com maior taxa de falso alarme (0,07), nesse sentido, este cenário tendeu a superestimar as concentrações, com viés de 1,18; no outro extremo, o cenário D tendeu a subestimar as concentrações (viés de 0,82); estatisticamente o cenário B apresentou os melhores resultados em geral, viés mais próximo a 1 (1,02) e maior valor de índice de sucesso (0,78).

Bedri *et al.* (2014) desenvolveram um sistema integrado para monitorar a qualidade da água na costa da Irlanda, com acurácia de 0,77 usando a chuva prevista, e 0,95 usando a chuva medida. Garcia-Alba *et al.* (2020) simularam a concentração de *E. coli* em um estuário da Espanha com modelo determinístico e redes neurais artificiais (ANN), obtendo acurácia variando de 0,73 a 1,00. Feng *et al.* (2015) simularam a concentração de enterococos na praia de Hobie, EUA, com um modelo de balanço de massa [MB] e um modelo de regressão linear múltipla [MLR], obtendo acurácia de 0,69[MB] e 0,65[MLR] com amostras coletadas durante a noite e o dia, e 0,72[MB] e 0,76[MLR] com amostras apenas durante o dia. Chan *et al.* (2012) alcançaram precisão de 81 a 91% em praias de Hong Kong com modelo 3D.

Weiskerger e Phanikumar (2020) revisaram modelos determinísticos para indicadores fecais, destacando que muitos incorporam mortalidade, radiação solar e sedi-

mentação, podendo prever até 87% da variação observada, alguns modelos preveem de forma mais confiável do que outros. Entretanto, ainda há espaço para melhorias desses modelos no que diz respeito às parametrizações.

Jin, Englande Jr. e Liu (2003) estudaram o impacto da chuva na qualidade da água no Lago Pontchartrain, EUA, observando que o escoamento das águas pluviais contribuiu com uma carga microbiana significativa para as águas do lago, com reduções significativas nas concentrações após dois a três dias dos eventos de precipitação elevada. De acordo com os autores, as subestimativas nas concentrações simuladas podem estar associadas à ressuspensão do sedimento e à reintrodução dos organismos indicadores de volta à coluna de água.

De Oliveira e Pinhata (2008) encontraram altas concentrações de enterococos na areia seca e úmida das praias do Gonzaguinha e do Itararé, indicando contaminação fecal de origem humana, refutando assim a teoria de que a origem da maior contaminação nessas praias é oriunda de outros animais de sangue quente, como cachorros.

O modelo neste estudo utilizado negligenciou o processo de sedimentação/ressuspensão desses micro-organismos, um aspecto que precisa ser melhor investigado. Porém, considerou os processos de mortalidade (decaimento) e inativação por radiação solar, assumindo uma variação horária cíclica ao longo do dia. No entanto, não foram consideradas as variações que podem ocorrer devido às condições de temperatura, salinidade e radiação solar, ou mesmo diferentes condições de radiação na água em função da concentração de sedimentos (Nevers;Boehm, 2010; Whitman *et al.*, 2010; Weiskerger; Phanikumar, 2020).

A maioria dos modelos usados para simular a mortalidade das bactérias indicadoras de contaminação fecal em função da radiação, temperatura da água e salinidade foram desenvolvidos para simular a concentração de *E. coli* (Canteras *et al.* 1995, Chapra, 1997). Para enterococos, ainda não foi incorporado um algoritmo no código do MOHID. No entanto, Sagarduy *et al.* (2019) propuseram um algoritmo para simular o decaimento do enterococos nos modelos determinísticos. Considerando os resultados obtidos pelos autores, provavelmente, o modelo de qualidade de água implantado para este estudo está superestimando o  $T_{90}$ , e consequentemente as concentrações, para condições de alta radiação solar e maior temperatura da água.

O modelo de qualidade de água do presente estudo é um modelo 2DH, assim, os resultados das concentrações de enterococos são médias na coluna d'água. Para a região das praias, rasa e com influência da ação das ondas, é provável que as concentrações sejam homogêneas na vertical. Entretanto, em outras regiões, principalmente no interior do estuário, sujeitas a maiores variações de salinidade e descargas dos rios, a coluna d'água pode ter estratificação em condições de maior precipitação e consequentemente maior vazão dos rios (Seiler *et al.*, 2020). Assim, descargas de enteroco-

cos lançadas nessas regiões, sobretudo nos eventos de maior precipitação, tendem a se misturar menos na coluna d'água, assim a concentração na superfície e posteriormente a concentração que chega às praias, especialmente as localizadas na Baía de São Vicente, também tende a ser maior.

Apesar das incertezas (previsão de precipitação, horário das amostragens de água, fontes de contaminação, vazão dos canais afluentes às praias, operação das comportas) e limitações (não considera ressuspensão,  $T_{90}$  sem incluir todos os processos envolvidos, modelo 2D), o modelo implantado conseguiu reproduzir de maneira satisfatória os eventos que comprometem a qualidade da água para fins de balneabilidade na região das praias estudadas, apresentaram boa concordância com os dados medidos e com indicadores superiores aos obtidos pela maioria dos estudos citados anteriormente.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os picos de concentração de enterococos em todas as praias estudadas estiveram associados aos eventos de precipitação, com exceção da Ponta da Praia, e, principalmente das praias da Baía de São Vicente. Essas regiões também foram influenciadas pelas descargas contínuas que chegam a essas praias pela circulação ocasionada pela maré. As plumas que passam pela Baía de São Vicente, oriundas do interior do estuário, chegam à Baía de Santos, mas devido à circulação, à diluição e ao decaimento, não chegam às praias localizadas nessa baía.

Apesar das incertezas (previsão de precipitação, horário das amostragens de água, fontes de contaminação, vazão dos canais afluentes às praias, operação das comportas) e simplificações assumidas (não considera ressuspensão,  $T_{90}$  sem incluir todos os processos envolvidos, modelo 2D), o modelo implantado conseguiu reproduzir de maneira satisfatória os eventos que comprometem a qualidade da água para fins de balneabilidade na região das praias estudadas, apresentaram boa concordância com os dados medidos e com indicadores superiores aos obtidos pela maioria dos estudos citados anteriormente. Assim podendo ser incorporado como um sistema de previsão e fornecer informações para a efetiva proteção à saúde pública.

#### REFERÊNCIAS

- BENNETT, Neil D., *et al.* Characterising performance of environmental models. *Environmental Modelling & Software*, v. 40, p. 1-20, 2013.
- BEDRI, Zeinab *et al.* An integrated catchment-coastal modelling system for real-time water quality forecasts. *Environmental Modelling & Software*, v. 61, p. 458-476, 2014.
- BOEHM, Alexandria B. *et al.* Decadal and shorter period variability of surf zone water quality at Huntington Beach, California. *Environmental Science & Technology*, v. 36, n. 18, p. 3885-3892, 2002.

- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre os critérios de balneabilidade em águas. *Diário Oficial da União*: República Federativa do Brasil, poder Executivo, Brasília, DF, nº 18, de 25 de janeiro de 2001, Seção 1, páginas 70-71.
- BRAUNSCHWEIG, Frank *et al.* The object-oriented design of the integrated modelling system MOHID. *Computational Methods in Water Resources International Conference*, Chapel Hill, North Carolina, USA. 2004.
- BYAPPANAHALLI, Muruleedhara N. *et al.* Enterococci in the environment. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, v. 76, n. 4, p. 685-706, 2012.
- CETESB. Qualidade das praias litorâneas no estado de São Paulo 2015. São Paulo: CETESB, 2016. 188p + Apêndices.
- CHAN, Shirley N.; THOE, Wai; LEE, Joseph Hun Wei. Real-time forecasting of Hong Kong beach water quality by 3D deterministic model. *Water research*, v. 47, n. 4, p. 1631-1647, 2013.
- CHAPRA, Steven C. *Surface water-quality modeling*. McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering (USA), 1997.
- CODESP. *EIA-RIMA da Dragagem de aprofundamento do canal e bacias de evolução do Porto Organizado de Santos*, 2008.
- COSTA, Carine GR *et al.* An operational forecasting system for physical processes in the Santos-Sao Vicente-Bertioga Estuarine System, Southeast Brazil. *Ocean Dynamics*, v. 70, n. 2, p. 257-271, 2020.
- DE OLIVEIRA, Ana Julia Fernandes Cardoso; PINHATA, Juliana Maira Watanabe. Antimicrobial resistance and species composition of *Enterococcus* spp. isolated from waters and sands of marine recreational beaches in Southeastern Brazil. *Water research*, v. 42, n. 8-9, p. 2242-2250, 2008.
- FENG, Zhixuan *et al.* A predictive model for microbial counts on beaches where intertidal sand is the primary source. *Marine pollution bulletin*, v. 94, n. 1-2, p. 37-47, 2015.
- FENG, Lan; SUN, Xiang; ZHU, Xiaodong. Impact of floodgates operation on water environment using one-dimensional modelling system in river network of Wuxi city, China. *Ecological Engineering*, v. 91, p. 173-182, 2016.
- FEWTRELL, Lorna; KAY, David. Recreational water and infection: a review of recent findings. *Current environmental health reports*, v. 2, n. 1, p. 85-94, 2015.
- HARARI, Joseph *et al.* Numerical Modeling of the Hydrodynamics in the Coastal Area of Sao Paulo State Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 39:1560-1563, 2006.
- HARARI, Joseph *et al.* Modelagem numérica da hidrodinâmica e da dispersão de esgoto na Baía de Santos, SP. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 18, n. 1, p. 205-214, 2013.
- HIRAI, Fabio M.; PORTO, Monica F. do A. Metodologias de previsão de balneabilidade e sua aplicação na gestão da qualidade da água destinada à recreação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 19, p. 339-345.

- HUSSEN HAJJA, Sami Salama *et al.* Utilizing the internet of things (IoT) to develop a remotely monitored autonomous floodgate for water management and control. *Water*, v. 12, n. 2, p. 502, 2020.
- HWANG, Jin Young *et al.* Hydrodynamic and water quality modeling for gate operation: A case study for the Seonakdong River basin in Korea. *KSCE Journal of Civil Engineering*, v. 18, n. 1, p. 73-80, 2014.
- ISPRA. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine. *Valutazione dell'impatto di inquinanti sulle acque di balneazione tramite l'utilizzo di metodi numerici*. Itália. 2010. Disponível em <http://www.isprambiente.gov.it/it>. Acesso em: 08 nov. 2016.
- JIN, Guang; ENGLANDE JR, A. J.; LIU, A. A preliminary study on coastal water quality monitoring and modeling. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, v. 38, n. 3, p. 493-509, 2003.
- LAMPARELLI, Claudia Condé; NERY, Dario. Estudo da Influência da implantação de Emisários Submarinos na Qualidade das Praias. *Anais do 18º Simpósio Nacional de Estatística*. Águas de São Pedro, 2008.
- LAMPARELLI, Claudia Condé *et al.* Are fecal indicator bacteria appropriate measures of recreational water risks in the tropics: a cohort study of beach goers in Brazil? *Water research*, v. 87, p. 59-68, 2015.
- LEITÃO, P. *et al.* Modelling the main features of the Algarve coastal circulation during July 2004: A downscaling approach. *Journal of Atmospheric & Ocean Science*, v. 10, n. 4, p. 421-462, 2005.
- NEVERS, Meredith B.; BOEHM, Alexandria B. Modeling fate and transport of fecal bacteria in surface water. *The fecal bacteria*, p. 165-188, 2010.
- RIBEIRO, Renan B. *et al.* Sistema de previsão da qualidade das águas balneares como ferramenta de gestão. *Anais do 13º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa*. Porto, 2017.
- RIBEIRO, Renan B. *et al.* Influência do escoamento de águas pluviais na balneabilidade das praias em Santos, Brasil. *Anais do IX Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa*. Lisboa, 2019a.
- RIBEIRO, Renan B. *et al.* First approach of a storm surge early warning system for Santos region. In: *Climate Change in Santos Brazil: Projections, Impacts and Adaptation Options*. Springer, Cham, 2019b. p. 135-157.
- ROVERSI, Fernando; ROSMAN Paulo C. C.; HARARI, Joseph. Análise da renovação das águas do Sistema Estuarino de Santos usando modelagem computacional. *Revista Ambiente & Água*, v. 11, n. 3, p. 566-585, 2016.
- RUIZ, Matheus S. *et al.* Numerical modelling of storm tides in the Estuarine System of Santos, São Vicente and Bertioga (SP, Brazil). *Regional Studies in Marine Science*, v. 44, p. 101791, 2021.

- SAMPAIO, Alexandra F. P.; HARARI, Joseph. Avaliação da correlação entre parâmetros de qualidade da água e socioeconômicos no complexo estuarino de Santos - São Vicente, através de modelagem numérica ambiental. In: JACOBI, Pedro R. (Org.). *Novos paradigmas, práticas sociais e desafios para a governança ambiental*. 1ed. São Paulo: Annablume, 2012, v. 1, p. 83-116.
- SCHAEFER, Joseph T. The critical success index as an indicator of warning skill. *Weather and forecasting*, v. 5, n. 4, p. 570-575, 1990.
- SEILER, Lilian *et al.* Three-dimensional hydrodynamic modeling of the Santos-São Vicente-Bertioga estuarine system, Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, v. 37, p. 101348, 2020.
- SINGH, Vijay P.; WOOLHISER, David A. Mathematical modeling of watershed hydrology. *Journal of hydrologic engineering*, v. 7, n. 4, p. 270-292, 2002.
- USEPA. *Predictive tools for beach notification volume I: review and technical protocol*. United States Environmental Protection Agency, 2010. 71p.
- WADE, Timothy J. *et al.* Rapidly measured indicators of recreational water quality are predictive of swimming-associated gastrointestinal illness. *Environmental health perspectives*, p. 24-28, 2006.
- WEISKERGER, Chelsea J.; PHANIKUMAR, Mantha S. Numerical Modeling of Microbial Fate and Transport in Natural Waters: Review and Implications for Normal and Extreme Storm Events. *Water*, v. 12, n. 7, p. 1876, 2020.
- WHO. *Guidelines for safe recreational water environments: Coastal and fresh waters*. World Health Organization, 2003.
- WHITMAN, Richard L. *et al.* Physical and biological factors influencing environmental sources of fecal indicator bacteria in surface water. *The fecal bacteria*, p. 111-134, 2010.
- WMO (World Meteorological Organization). *Recommendations for the verification and inter-comparison of QPFs and PQPFs from operational NWP models: Revision 2*. WMO/TD-No.1485, WWRP 2009-1, 37 pp. Disponível em [http://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/documents/WWRP2009-\\_web\\_CD.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/documents/WWRP2009-_web_CD.pdf).
- ZHANG, Yongyong *et al.* Water quantity and quality optimization modeling of dams operation based on SWAT in Wenyu River Catchment, China. *Environmental monitoring and assessment*, v. 173, n. 1-4, p. 409-430, 2011.

# A qualidade da água costeira na baía de Ubatuba-SP: integração entre modelagem numérica e métodos econométricos para diagnóstico baseado em serviços ecossistêmicos

*Igor Ruiz Atake*

*Joseph Harari*

*Paulo Antônio de Almeida Sinisgalli*

## **RESUMO**

Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a qualidade da água na baía de Ubatuba - SP e sua relação com atividades antrópicas, como o turismo e a habitação, através de modelagem numérica computacional. Foi utilizado o módulo Delft3D-FLOW, para simular as condições hidrodinâmicas na região costeira, e o Delft3D-WAQ, para analisar a qualidade da água no meio marinho; e, com base nesses resultados, foi verificada a Disposição a Pagar (DAP) implícita por boa qualidade da água costeira, utilizando o preço de imóveis na região do estudo. A modelagem hidrodinâmica reproduziu as condições meteoceanográficas na região, bem como a redução de escala da plataforma continental rasa para a área da bacia de Ubatuba. Foram utilizados dados secundários de qualidade dos corpos hídricos superficiais, além de dados pluviométricos, delimitação

de bacias e balneabilidade costeira para a elaboração das premissas de modelagem da qualidade da água. As regiões com pior qualidade se concentram nas imediações da Praia de Itaguá, em especial na foz do Rio Acaraú. Foi aplicado um modelo de precificação hedônica, utilizando um algoritmo de aprendizado de máquina, com o modelo XGBoost. O modelo atingiu 97,62 % de acurácia em explicar o preço das casas e, através da análise de interpretabilidade, verificou-se que a balneabilidade não é um fator determinante para o aumento ou redução do preço de um imóvel. Infere-se que as condições ambientais não implicam em escolhas econômicas, apesar de ser um problema reconhecido no município. A baía de Ubatuba atua, de fato, como um serviço ecossistêmico na região, porém como um uso substituto a uma melhor infraestrutura de saneamento na região. Este trabalho é baseado na Dissertação de Mestrado defendida em 09 de maio de 2022 por Igor Ruiz Atake, no Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (Procam) do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, intitulada “A qualidade da água costeira na Baía de Ubatuba-SP: integração entre modelagem numérica e métodos econométricos para diagnóstico baseado em serviços ecossistêmicos” (Atake, 2022).

**Palavras-chave:** Modelagem numérica; modelagem de qualidade da água; serviços ecossistêmicos costeiros; precificação hedônica; modelos de aprendizado de máquina.

## 1. INTRODUÇÃO

A região do litoral norte do Estado de São Paulo sofreu uma grande mudança ao longo do século passado. Em 1940, o município de Ubatuba possuía aproximadamente 3.800 habitantes; entretanto, a partir da década de 1950, estradas começaram a ser abertas para a região, retirando o município do isolamento e criando uma dinâmica populacional, impulsionada principalmente pelo turismo oriundo do município de Taubaté. Com a abertura da BR-101 (Rio-Santos), na década de 1980, o turismo atingiu um nível mais elevado no município, desencadeando o processo de especulação imobiliária da região, ainda ditada por costumes da população caieira (Luchiari, 1999).

Há um grave desequilíbrio provocado pela adoção, ao longo do século XX, de um modelo de turismo baseado na sazonalidade e na criação de um significativo parque de residências de veraneio em todas as cidades litorâneas do Estado de São Paulo. A modalidade de turismo denominada de “segunda residência” traz enormes inconvenientes e desafios. Esse tipo de turismo demanda a implantação de infraestrutura urbana para atender os picos das temporadas de veraneio, deixando-a ociosa em grande parte do ano (Raimundo; Fracalanza; Jacobi, 2017).

Além disso, segundo o Instituto Água e Saneamento (<https://www.aguaesaneamento.org.br/>), os serviços de esgotamento sanitário do Município de Ubatuba, sob concessão da Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), têm um índice de atendimento em Ubatuba de 41,74 %, enquanto no próprio estado de São

Paulo o atendimento médio é de 90,5 %, demonstrando a discrepância entre o município e o restante do estado.

O desequilíbrio ecossistêmico causado por ações antrópicas é algo que se volta contra a própria sociedade, apesar de haver serviços e bens ecossistêmicos não contabilizados, pois não são reconhecidos como tal. Neste sentido, há diversos trabalhos que definem tais contribuições como **serviços ecossistêmicos**. Estes, por sua vez, fornecem provisões para sustentar a vida humana através de suas reações e complexidades (Assessment, 2005; Costanza *et al.*, 1997; de Groot *et al.*, 2010).

Partindo do ponto de vista de que a qualidade ambiental constitui um serviço ecossistêmico fornecido, este trabalho visa entender a dinâmica da modelagem ambiental da poluição aquática (de águas doces e marinhas) e sua valoração econômica. Uma das maneiras de observar os impactos de despejo de esgoto clandestino é através da qualidade da água de corpos superficiais. As bacias hidrográficas do Litoral Norte são de área restrita, nas quais os rios deságuam, em geral, em bacias próximos de suas áreas fonte (CBH-LN, 2017). Neste contexto, os rios de baixa vazão e pequena extensão espacial têm pouco tempo para realizar a autodepuração dos contaminantes orgânicos, fazendo com que parte da poluição chegue às zonas costeiras.

Considerando o problema delineado acima, o presente trabalho visa quantificar o impacto do desequilíbrio na qualidade da água no município de Ubatuba, por meio da elaboração de um modelo hidrodinâmico que fornece subsídios para a modelagem de qualidade da água. Em seguida busca-se inferir, através de algoritmos de aprendizado de máquina, o impacto da qualidade da água na disposição a pagar (DAP) por imóveis próximos ou distantes das regiões mais poluídas.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Modelagem hidrodinâmica

Foi utilizado o sistema de Modelos Delft3D (Deltares, 2013a) para fazer a redução dos processos de média e larga escala para uma dimensão em que é possível observar os processos de diluição de contaminantes na zona costeira. A região modelada, sua batimetria e os limites da grade computacional utilizada são apresentados na Figura 1.

O Delft3D possibilita representar diversos processos físicos em suas formulações. No entanto, como a modelagem hidrodinâmica proposta para a região do estudo é a redução de escala das observações de dimensões maiores, apenas alguns processos são considerados para simulação, sendo esses representados inicialmente pelas condições de contorno laterais, que incluem os de processos da dinâmica costeira (maré, nível médio do mar, correntes, temperatura e salinidade). Além das condições de contorno da borda, deve-se utilizar forçantes que atuam na superfície do domínio – são as forçantes atmosféricas – vento, pressão, umidade, temperatura do ar, cobertura de nuvens e radiação de onda curta

incidente, que são consideradas de forma variável no espaço e no tempo. A grade da modelagem hidrodinâmica possui 497 elementos de grade no sentido longitudinal por 238 elementos no sentido latitudinal, com resolução horizontal em torno de 200 m.

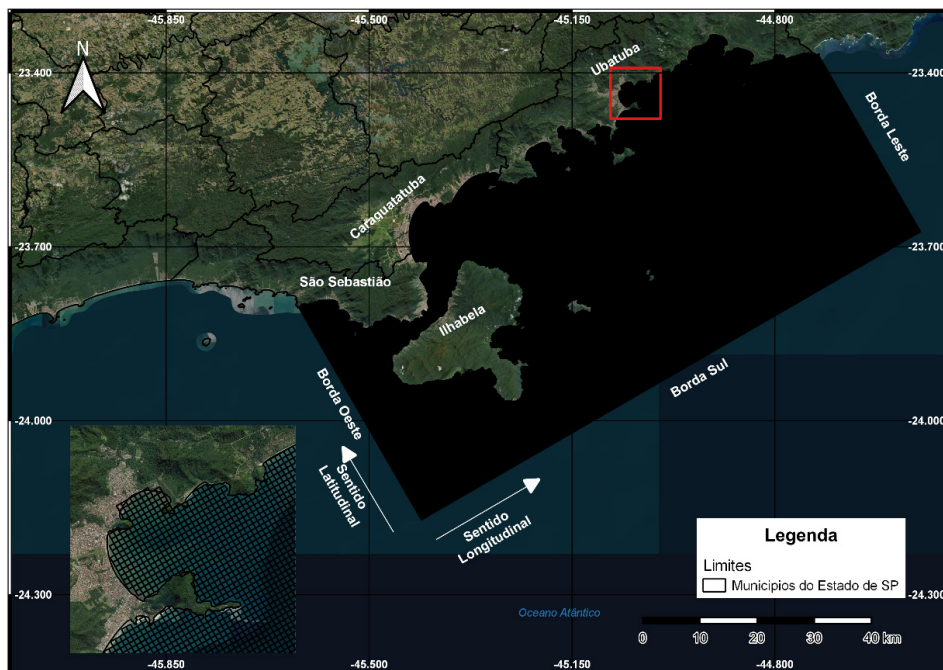


Figura 1 – Área de estudo, batimetria e limites da grade computacional do modelo hidrodinâmico. No detalhe, pode-se observar a baía de Itaguá e a localização do rio Acaraú, onde análises mais detalhadas foram realizadas ao longo do estudo.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para a especificação de correntes, nível médio do mar, temperatura e salinidade, optou-se por utilizar os resultados do modelo global HYCOM – Hybrid Coordinate Model (Modelo de coordenadas híbridas) (Chassignet *et al.*, 2007). Para a maré, as constantes harmônicas do TPXO 8.0 (Egbert; Erofeeva, 2002) foram extraídas através do software Delft Dashboard; essas constantes são tratadas em procedimentos internos do aplicativo, de modo a ajustar seus parâmetros oceânicos, para regiões costeiras modeladas. Na fórmula da condição de contorno Riemann (utilizada nas bordas externas do modelo hidrodinâmico), necessita-se da elevação total, portanto é realizada a soma da previsão harmônica (Schureman, 1958a) com as elevações fornecidas pelo modelo HYCOM para cada período desejado. As velocidades normais à borda são obtidas a partir da decomposição vetorial de cada componente de velocidade do HYCOM. Para a especificação das profundidades médias dos pontos de borda, foram utilizadas as informações de cartas náuticas com as devidas interpolações para as posições de interesse.

O Delft3D permite ao usuário fornecer dados de entrada atmosféricos variáveis no espaço e no tempo, sendo este o padrão adotado para a melhor representação da interação oceano-atmosfera na modelagem hidrodinâmica. O conjunto de dados meteorológicos selecionado foi o NCEP CFSv2 (Saha *et al.*, 2014), sendo a sigla CFS referente a Climate Forecasting System (Sistema de Previsão Climática). O CFSv2 é um modelo oceânico-atmosférico-terrestre, que acopla diversos dados de entrada e fornece previsões diárias para diversas variáveis ambientais. No presente trabalho, foram utilizadas como forçantes atmosféricas do modelo a intensidade e direção dos ventos a 10 m de altura do nível médio do mar, além da pressão atmosférica. Para representar a troca de calor entre o oceano e a atmosfera, foram utilizados os dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, cobertura de nuvens e radiação de onda curta incidente.

## 2.2 Modelagem de qualidade da água

A discretização do domínio numérico para a modelagem de qualidade de água foi definida como 10 vezes mais refinada do que a modelagem hidrodinâmica, atingindo resolução horizontal de cerca 20 x 20 m.

O domínio numérico das simulações de qualidade da água foi ajustado para responder a um conjunto de informações que possibilitasse o uso dos dados para validação e comparações. No processo de aninhamento, foi reduzido o número de camadas sigma de 8 para 5, visto que, na plataforma rasa, os processos de estratificação térmica e halina perdem relevância. Tal aproximação reduz a complexidade e o tempo de processamento das simulações sem prejudicar a estabilidade das simulações e sua qualidade. Foram utilizados dados de qualidade hídrica fornecidos pelas estações de monitoramento da Cetesb (Cetesb, 2020), bem como o monitoramento realizado pelo Instituto Costa Brasilis no rio Acaraú (dados disponíveis em <http://costabrasilis.org.br/projetos/rio-acarau-ubatubasp/>).

Para estimativa da vazão dos rios em Ubatuba, Buchianeri (2004) utilizou modelos de chuva-vazão, isto é, modelos hidrológicos simplificados que utilizam séries históricas de chuva, além de características meteorológicas e hidrológicas para fornecer séries de vazões aproximadas ao que de eventos reais. O modelo adotado foi o SMAP - Soil Moisture Accounting Procedure (Lopes; Braga Jr; Conejo, 1981). O SMAP é um modelo determinístico baseado na divisão da vazão em escoamento superficial e em escoamento subterrâneo.

Considerando os valores obtidos em trabalhos anteriores, aplicados ao contexto do presente estudo, os parâmetros de calibração são:

- Área de drenagem: variável para cada bacia;
- Capacidade de saturação do solo: 1105 mm;

- Parâmetro de escoamento superficial: 4,3;
- Parâmetro de recarga subterrânea: 57,7%
- Evapotranspiração potencial: variável por mês para a Bacia do Rio Grande (mm/dia).

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
126,9	119,7	121,3	85,9	68,5	52,1	51,3	59,5	65,1	82,2	96,8	120,3

A modelagem foi realizada para dois períodos:

- 1) Verão: 10/01/2018 a 10/02/2018;
- 2) Inverno: 10/06/2018 a 10/07/2018.

Nesses períodos, com duração de um mês cada, são utilizados os resultados do aninhamento do modelo hidrodinâmico de maior escala (aproximadamente 100 km de extensão) para o modelo de qualidade da água de menor escala (aproximadamente 5 km de extensão), com a utilização de todas as componentes oceânicas e atmosféricas do modelo maior. Em contrapartida, a vazão e os constituintes de cada rio são inseridos somente na modelagem de pequena escala.

No que concerne aos constituintes descartados e às vazões dos rios, na Tabela 1 são apresentados valores considerados para os períodos simulados de verão e inverno.

**Tabela 1** – Concentrações de constituintes presentes nos rios que chegam à baía de Ubatuba, para os períodos simulados de verão e inverno

Rio	Período	Vazão Média (m <sup>3</sup> /s)	Coliformes Totais (NMP 100/ml)
Acaraú	Verão	2,75	55.000,0
	Inverno	0,22	140,0
Tavares ou Lagoa	Verão	1,93	1.800,0
	Inverno	0,16	176,0
Grande	Verão	15,25	1.900,0
	Inverno	1,24	264,0
Indaiá	Verão	7,66	176,0
	Inverno	0,62	128,0

### 2.3 Precificação de serviços ecossistêmicos

Os trabalhos de Chen *et al.* (2020) e Grybauskas *et al.* (2021) demonstram como distintos modelos de aprendizado de máquina são capazes de explicar a influência de fatores locais na definição dos preços de imóveis, em suas respectivas áreas de estudo. Para isso, são utilizados os valores shapley (HART, 1989; SHAPLEY, 1953), que são baseados na teoria dos jogos, isto é, um ramo da matemática aplicada que busca identificar como ações de jogadores influenciam uma ação de opositores. Pela ampla aplicabilidade da teoria, ela é utilizada em diversos campos do conhecimento, com destaque na área econômica.

Desta maneira, para explicar os resultados oriundos dos modelos, são utilizados algoritmos para identificar que fatores que determinaram os resultados obtidos - no caso do presente estudo, o preço dos imóveis. Para isso, é utilizada a biblioteca SHAP (Lundberg; Lee, 2017), para a linguagem de programação Python.

Finalmente, para compor uma base de dados capaz de fornecer respostas aos preços hedônicos dos imóveis, são necessários dados das imediações, identificando potenciais fatores que aumentam ou diminuem o preço de um determinado imóvel. Para elaborar essa base, foram coletados dados de imóveis no Zap Imóveis (<https://www.zapimoveis.com.br/>) e, a partir da geolocalização destes, foram adicionadas informações socioeconômicas, pontos de interesse local e as condições de balneabilidade, conforme dados da Cetesb (2020).

A consulta às informações imobiliárias, feita em 08/11/2021, retornou 1.049 imóveis com geolocalização definida ao menos por bairro. Para cada imóvel, são fornecidas as seguintes variáveis:

**1- Valor de consulta: preço em reais (R\$) disposto na plataforma do Zap Imóveis, 2-Área total em m<sup>2</sup>, 3 - Número de dormitórios, 4- Número de banheiros, 5- Número de vagas de estacionamento de veículos.**

O Censo Demográfico é a mais complexa operação estatística realizada por um país quando são investigadas as características de toda a população e dos domicílios do Território Nacional. Para incluir mais elementos espaciais ao conjunto de dados do CENSO 2010 (BRASIL, 2010), optou-se por utilizar a API (Application Programming Interface) do Google Places, de modo a coletar estabelecimentos e outros pontos de interesse localizados na área de interesse. Após a coleta, os locais coletados dividem-se nas categorias:

**restaurantes, bares, lojas, supermercados, mercados, polícia, escolas, lojas de conveniência, padarias, caixas automáticos de banco, postos de combustíveis, academias de ginástica, cafés, salões de beleza.**

Quanto à qualidade da água, optou-se por utilizar as coletas realizadas pela CETESB na região costeira do Município de Ubatuba. Essas informações são essenciais para determinar se é possível ou não se banhar nas imediações de uma bandeira indicando a qualidade da água.

Para agregar os dados na base, foram coletados, a partir de séries temporais de Enterococos, os seguintes dados:

- 1) distância do imóvel até a bandeira da CETESB mais próxima;
- 2) concentração média de Enterococcus (2006-2020);
- 3) concentração máxima de Enterococcus (2006-2010).

Com exceção da Base Google Places e das características dos imóveis, todas as outras variáveis foram adicionadas buscando pela informação na menor distância possível. Para a base de localidades, foram contabilizados quantos pontos de interesse havia em um raio de 2 km (através de junção espacial) de distância da propriedade. Assim, na Tabela 1 são demonstradas, resumidamente, as variáveis consideradas em cada um dos imóveis.

Tabela 2 – Descrição das variáveis consideradas para a precificação hedônica

Variável	Tipo	Unidade
<b>Variável Dependente</b>		
Preço Anunciado da Propriedade	Variável dependente	R\$
<b>Características do Imóvel</b>		
Área Total		m <sup>2</sup>
Número de Banheiros		Quantidade
Número de Quartos		Quantidade
Número de Vagas		Quantidade
<b>CENSO 2010</b>		
Rural ou Urbano	Dummy	-
Número de Domicílios		Quantidade
Número de Residentes		Quantidade
Densidade Habitantes		Hab./km <sup>2</sup>
Renda média per capita		R\$/Hab.
<b>Google Places (valores dentro de 2,0 km)</b>		
Número de Restaurantes		Quantidade
Número de Bares		Quantidade
Número de Lojas		Quantidade
Número de Supermercados		Quantidade
Número de Conveniências		Quantidade
Número de Delegacias de Polícia		Quantidade

Variável	Tipo	Unidade
Número de Escolas		Quantidade
Número de Padarias		Quantidade
Balneabilidade da água Costeira - CETESB		
Média da concentração de Enterococcus 2012-2020		NMP/100 ml
Máximo da concentração de Enterococcus 2012-2020		NMP/100 ml
Distância do imóvel até a bandeira mais próxima		km

Fonte: Elaborada pelos autores.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Modelagem hidrodinâmica

Com constantes harmônicas de maré da Fundação de Estudos do Mar (FEMAR) para o Porto de São Sebastião, foi efetuada uma previsão harmônica (Schureman, 1958). Para demonstrar a validade do modelo, aplica-se um tratamento através da metodologia desenvolvida por Godin (1972). São aplicados filtros, de maneira a retirar os sinais não relacionados à maré astronômica, possibilitando a comparação entre a previsão harmônica de maré e os resultados do modelo. O resultado da série filtrada é demonstrado na Figura 2.

Após a realização dos procedimentos numéricos, demonstra-se que o modelo é capaz de reproduzir a previsão harmônica da FEMAR, com um índice skill (Willmott, 1981) de 0,95, enquanto o índice de Concordância (Willmott; Robeson; Matsuura, 2012), foi de 0,81.

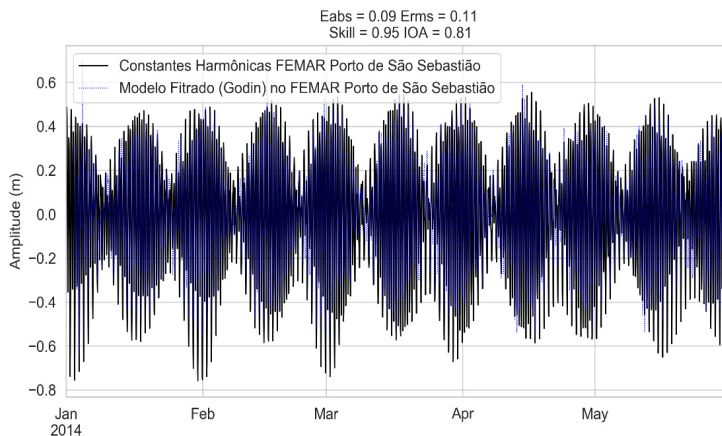


Figura 2 – Comparação das elevações (m) entre modelo filtrado através da metodologia de Godin (1972) e previsão de maré a partir das constantes harmônicas da FEMAR.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Através de solicitação ao Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), foram obtidos dados coletados para o Projeto Biota, com interesse na baía do Araçá, região vizinha ao Porto de São Sebastião.

Os dados de corrente foram coletados de 15 de janeiro de 2014 a 31 de maio de 2014, compreendendo boa parte das estações de verão e outono, na posição 23,81° S 45,40° W. O equipamento utilizado foi um ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler, instrumento que mede perfis de correntes através do Efeito Doppler), e as informações foram registradas apenas para uma profundidade.

Na Figura 3 são apresentadas as séries temporais de velocidades decompostas nas direções U (zonal) e V (meridional) para as medições e para os resultados do modelo (referentes à posição geográfica em que o ADCP foi fundeado).

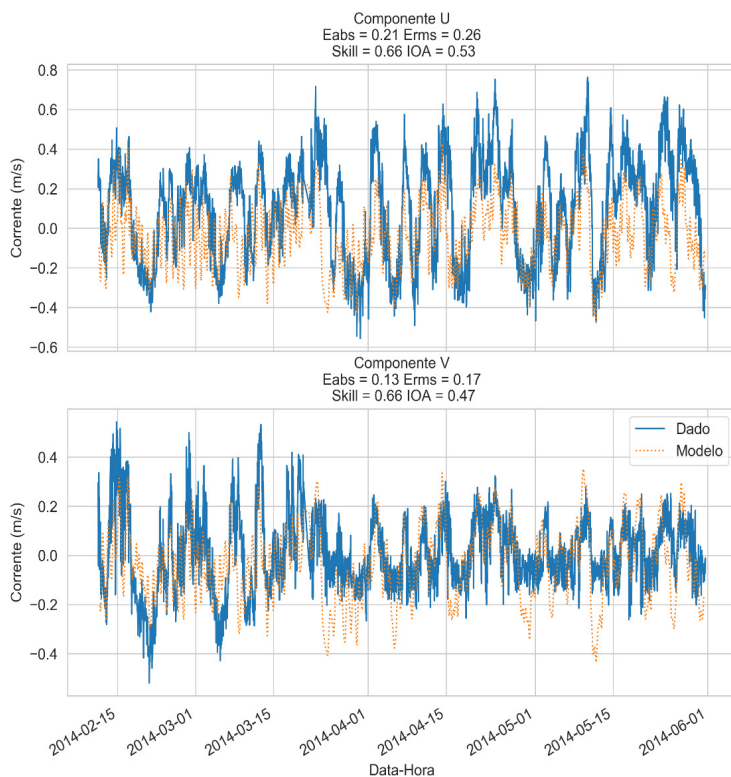
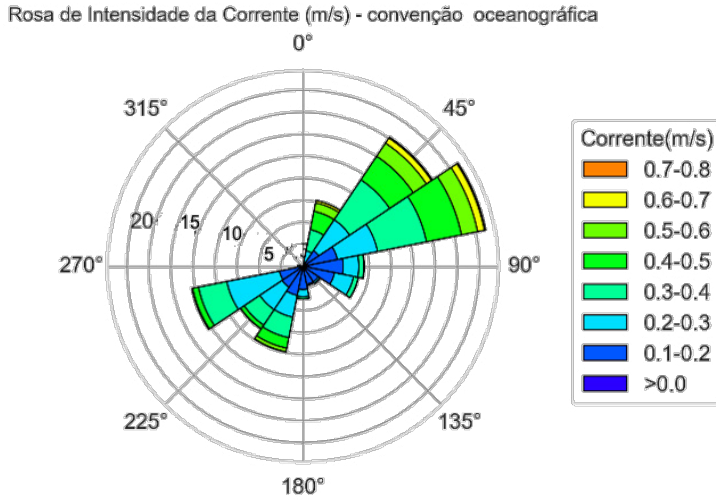


Figura 3 – Série das componentes U e V de velocidade de resultados do modelo e de medições de ADCP (fundeado nas imediações da baía do Araçá, canal de São Sebastião).

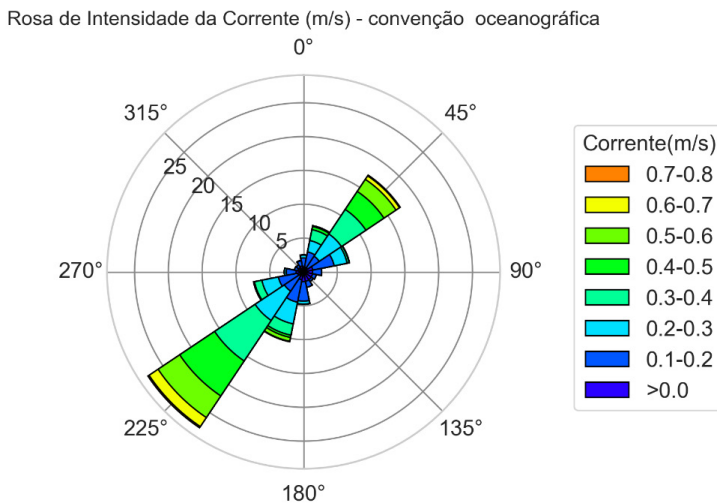
Fonte: Elaborada pelos autores.

O índice skill para as componentes U e V chega a 0,66 e o índice de concordância foi de 0,53 para a componente U e 0,47 para a componente V. Embora não seja próximo ao valor da concordância para maré, a calibração para correntes é, em geral, mais difícil, devido à sua grande variabilidade em função dos inúmeros fatores que influenciam a sua magnitude e direção.



**Figura 4** – Histogramas direcionais de corrente para o ADCP fundeado na baía do Araçá em 2014 (com a declinação magnética de 14,84° Oeste incluída).

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Figura 5** – Histograma direcional de correntes calculadas pelo modelo (na mesma posição que foi realizado o fundeio do ADCP, na baía do Araçá).

Fonte: Elaborada pelos autores.

### 3.2 Modelagem de qualidade da água

Após simulação por um mês para cada um dos períodos de inverno e verão, foram obtidas as concentrações médias para cada elemento de grade, bem como a probabilidade de encontrar concentrações acima do limite estabelecido pela CONAMA 274 (BRASIL, 2001), correspondente a 2.500,0 NMP/ 100 ml (Figuras 6 e 7).

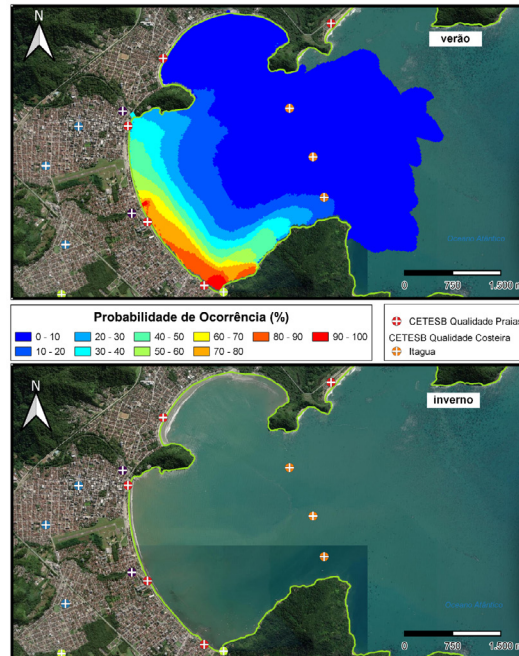


Figura 6 – Concentrações médias de Coliformes Termotolerantes calculadas nos processamentos do modelo de qualidade da água, ao longo dos períodos de verão e inverno, na baía de Ubatuba.

Fonte: Adaptada pelo autor de QGIS 3.12, Google Earth Satellite

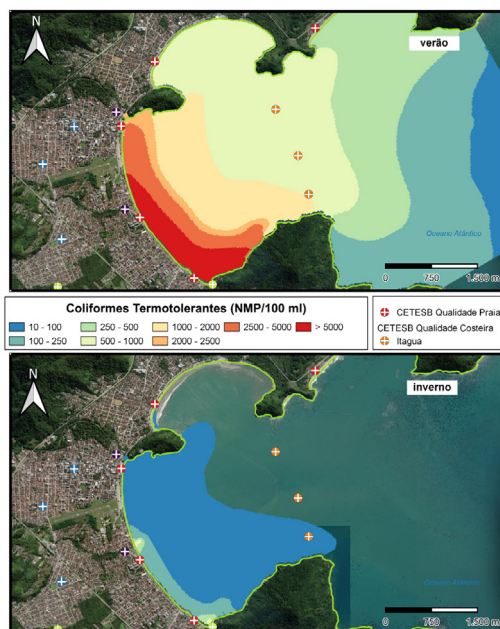


Figura 7 – Probabilidade de ocorrência de concentrações de Coliformes Termotolerantes acima de 2.500,0 NMP/100 ml, segundo os cálculos do modelo ao longo dos períodos de verão e inverno, na baía de Ubatuba.

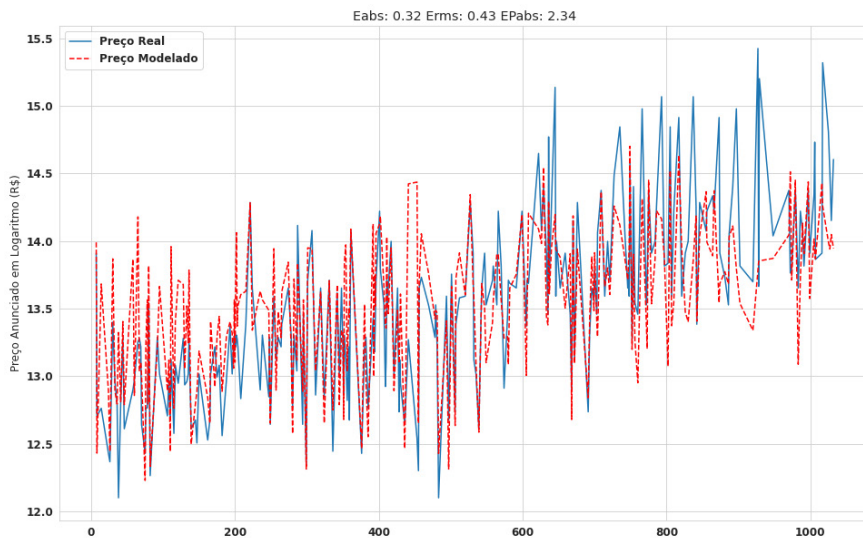
Fonte: Adaptada pelo autor de QGIS 3.12, Google Earth Satellite

### 3.3 Precificação de serviços ecossistêmicos

Para a precificação de serviços ecossistêmicos, um conjunto total de 1 049 imóveis foi dividido em 75% para treino (786 imóveis) e 25% para teste (263). Este processo é necessário para ajustar os hiperparâmetros do modelo XGBoost (através da linguagem de programação Python), de modo a diminuir os erros ao fazer as previsões de preços.

No processo de validação, o modelo XGBoost utilizado para a precificação hedônica foi capaz de atingir uma acurácia média de 97,66% (ou Erro Absoluto Médio de 2,34 %) em relação ao conjunto de testes, demonstrando o potencial que a metodologia teve em aprender as alavancas das variáveis na base de informações geoprocessadas.

Na Figura 8, são apresentadas as comparações entre o preço anunciado real (azul), e o preço anunciado pelo modelo (vermelho tracejado). Observa-se que o modelo reproduz com bastante eficácia a maior parte dos imóveis com valores inferiores a 14,0 log do preço real (equivalente a aproximadamente R\$ 1.200.000,00). No entanto, a partir deste limiar, a aderência do modelo aparentemente perde acurácia. No entanto, há menos imóveis a partir deste limite, o que prejudicou a base de treino, fazendo com que a performance não atingisse a precisão atingida em imóveis mais baratos.



**Figura 8** – Validação do modelo de precificação hedônica, utilizando a base de teste para verificação. Nota-se uma acurácia de 97,66 % ao analisar o conjunto previsto como um todo.

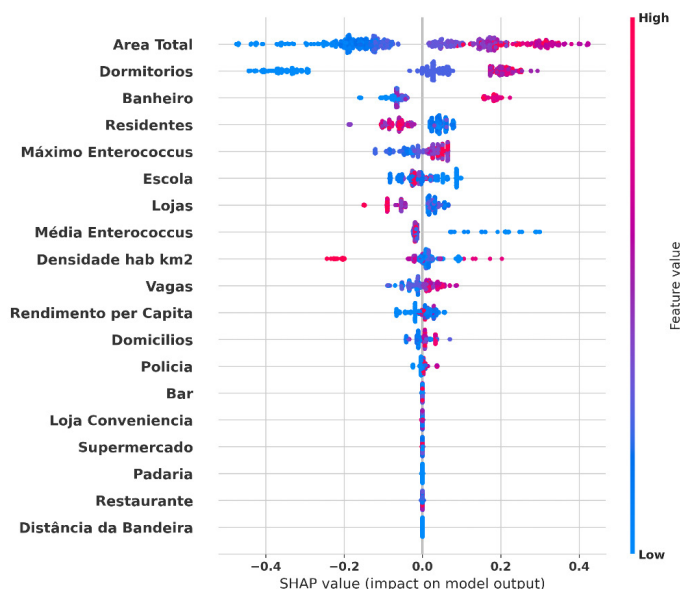
Fonte: Elaborada pelos autores.

Assim, a partir dos resultados obtidos, considera-se que o modelo tem capacidade de responder com alta precisão à dinâmica de preços dos imóveis na região de Ubatuba, demonstrando que características especiais dos próprios imóveis são o suficiente para encontrar uma aproximação ao preço de negociação.

Para deixar a análise mais clara, na Figura 9 é apresentado o gráfico do tipo “enxame de abelhas”, muito similar ao gráfico anterior, mas os valores shapley são apresentados sem considerar apenas o módulo, demonstrando, portanto, como uma variável pode ser responsável por abaixar ou aumentar o preço de um imóvel. A linha central vertical indica o valor 0 shapley, ou seja, baixo impacto. Quanto mais distante de 0 no eixo X, maior é o impacto da variável. A cor de cada ponto representa o quanto o valor de cada variável representava na amostra de cada imóvel.

Fica evidente que, quanto maior a área do imóvel, mais caro ele tende a ser, e quanto menor, mais barato. O mesmo padrão se repete para o número de dormitórios e de banheiros. Quanto a número de residentes, nota-se que quanto maior o número de residentes nas imediações, menor o preço de um imóvel. Este mesmo efeito se repete no número de lojas nas imediações e na densidade de habitantes (número de habitantes por km<sup>2</sup>).

Ao analisar as variáveis de poluição (Máximo valor de Enterococcus e Média de Enterococcus), quanto menor o valor de máximo de Enterococcus, maior seria o preço de um imóvel; mas isto não foi verificado. Na verdade, a variável Máximo Enterococcus identifica mais o bairro de Itaguá do que a poluição em si; isto se dá pelo fato que ambas as estações mais poluídas do município de Ubatuba se encontram nas duas estações de monitoramento de Itaguá, ao mesmo tempo que é uma das regiões mais valorizadas do município. Nesse caso, tal peso demonstra que a poluição em si não explica a piora nas condições locais e, com base nesta análise, não é considerada na negociação de um imóvel.



**Figura 9** – Gráfico tipo “Enxame de Abelhas” das variáveis mais significativas do modelo XGBoost. O eixo X representa o impacto negativo ou positivo dos valores shapley, enquanto a cor das amostras representa a magnitude do valor de cada variável em relação à média.

Fonte: Elaborada pelos autores.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1 Modelagem hidrodinâmica

Através dos resultados do modelo hidrodinâmico e de sua validação com dados, além de comparação com a bibliografia de referência, pode-se afirmar que a metodologia proposta é capaz de reproduzir as feições oceanográficas satisfatoriamente e ser utilizada na modelagem de qualidade da água.

Tanto os dados quanto os resultados do modelo representam o que vários autores observaram com outros conjuntos de dados para o Canal de São Sebastião (Castro Filho; Miranda, 1998; Dottori; Siegle; Castro Filho, 2015; Silva; Miranda; Castro Filho, 2005). No canal, as correntes geradas por maré são de menor intensidade quando comparadas às correntes forçadas pelos ventos sinóticos e locais. Essas correntes de superfície, por sua vez, têm resposta praticamente instantânea com os ventos locais e também com os ventos gerados pela Alta Subtropical do Atlântico Sul ou Sistemas de Frentes Frias (Castro Filho, 1990). Detalhes sobre os resultados de modelagem hidrodinâmica e sua validação podem ser encontrados em Atake (2022).

Em resumo:

- 1) Para validação do nível, só foi possível utilizar as constantes harmônicas da FEMAR. Dessa forma, demonstrou-se que o modelo consegue reproduzir as oscilações harmônicas de maré.
- 2) As correntes no ponto de validação tiveram aderência esperada ao descrito na bibliografia e reproduziram o comportamento bimodal observado nos dados obtidos junto ao BNDO.

### 4.2 Modelagem de qualidade da água

Para a modelagem de qualidade da água, foi elaborado um novo modelo hidrodinâmico de escala reduzida, utilizando os resultados do modelo de maior escala devidamente validado. Verificou-se que foi possível propagar o sinal de maior escala para o modelo de maior resolução sem alterações no sinal de elevação da superfície do mar, validando assim a abordagem proposta.

A partir dos resultados de verão e inverno, dos mapas probabilísticos e das séries temporais, pode-se inferir as seguintes conclusões (Atake, 2022):

- 1) O Rio Acaraú tem papel relevante na piora da qualidade ambiental da baía de Ubatuba. Sendo o rio mais poluído do município, as imediações da sua foz tendem a apresentar concentrações de coliformes acima dos limites ambientais estabelecidos
- 2) Há sazonalidade no aporte de coliformes termotolerantes na baía de Ubatuba.

- 3) Concentrações abaixo dos limites ambientais chegam eventualmente até a estação de monitoramento da qualidade da água costeira, realizada pela Cetesb.
- 4) De acordo com os mapas de probabilidade de ocorrência, as piores condições ambientais tendem a concentrar-se próximas à faixa de areia e à Praia de Itaguá.

### 4.3 Precificação de serviços ecossistêmicos

As técnicas elaboradas para chegar aos resultados são produto de um corte espacial, ao considerar apenas os imóveis em Ubatuba, e um corte no tempo, visto que só foram avaliados imóveis que estavam à disposição para venda no período da pesquisa (Atake, 2022).

O artigo de meta-análise de Boyle e Kiel (2001) discute diferentes modelos de preços hedônicos que considerem variáveis ambientais, tais como qualidade do ar, qualidade da água e proximidade a aterros sanitários e outros acidentes ambientais, nos Estados Unidos da América. Especialmente para a qualidade da água, todos os estudos apontaram efeitos significativos de queda de preço em localidades de pior qualidade. No entanto, a pior qualidade esteve mais associada a fatores visuais, como por exemplo a alta turbidez da água.

Pela escassez de estudos similares no Brasil, pode-se inferir que uma possibilidade é a existência de um mercado que não leve em conta alguns fatores, ou mesmo não há informação adequada na hora da compra, ao menos no município de Ubatuba. Isto é, as condições ambientais que impactam os preços não são relevantes no contexto local. Há ainda a possibilidade de se avaliar que a precificação hedônica pode não ser uma metodologia precisa para identificar o valor associado aos serviços ecossistêmicos neste recorte temporal e espacial.

No entanto, assim como discutido em Carrilho e Sinisgalli (2018), na baía do Araçá, a maior contribuição de serviços ecossistêmicos foi justamente o serviço de substituição de tratamento de efluentes na baía, visto que a capacidade de autodepuração do meio substitui em parte a necessidade de uma infraestrutura sanitária no valor de milhões de reais. Paralelamente, tal serviço também é prestado pela baía de Ubatuba, em outra escala de valores.

Levando em conta todos os fatores e custos envolvidos, pode-se dizer que a região central de Ubatuba atua como uma zona de sacrifício ambiental, evitando custos da ordem de milhões para manter uma qualidade ambiental, visto que o problema da qualidade da água fica em segundo plano e outras praias do município podem prover o entretenimento a quem é capaz de se locomover e arcar com os respectivos custos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A modelagem hidrodinâmica, elaborada de Ilhabela até aproximadamente a divisa dos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, reproduziu satisfatoriamente as condições baro-

tropicais e baroclínicas da circulação costeira. Complementarmente, a redução de escala de um modelo com elementos de grade de 200 n x 200 m, para outro refinado, com elementos de grade de 20 x 20 m, através de aninhamento offline, foi efetuada com sucesso.

A modelagem implementada permite a reprodução do estudo feito na baía de Ubatuba para outras localidades, permitindo analisar condições de locais específicos e considerar não apenas a qualidade da água, mas também o transporte de sedimentos, a incidência de ondas e outros efeitos de cunho oceanográfico ou socioambiental.

A abordagem de modelagem da precificação hedônica, levando em conta os dados de balneabilidade no município, não encontrou impacto relevante das concentrações para a determinação dos preços dos imóveis no município. As maiores contribuições para mudanças no preço dos imóveis são as próprias características deles. Através da análise de Interpretabilidade dos algoritmos, encontrou-se que a variável do número máximo de *Enterococcus* estava mais relacionada ao bairro de Itaguá do que à condição de balneabilidade.

A partir da comparação com a bibliografia e com outros estudos que aplicaram métodos distintos, infere-se que, para Ubatuba, no recorte espacial e temporal adotado, a precificação hedônica não é uma boa ferramenta para mensuração dos serviços ecossistêmicos. Assim como levantado na metodologia, o fato de o Brasil ser um país heterogêneo de diversas maneiras (economicamente e geomorfologicamente), implica em maior dificuldade da aplicação do método de precificação hedônica. Verifica-se que a baía de Ubatuba atua hoje como um serviço de substituição no município, evitando custos de construção e manutenção de aparatos de saneamento básico e / ou ambiental.

## REFERÊNCIAS

- ASSESSMENT, M. E. *Living beyond our means: natural assets and human well-being: statement from the board*. [s.l.] Millennium Ecosystem Assessment, 2005.
- ATAKE, I. R. *A qualidade da água costeira na Baía de Ubatuba-SP: integração entre modelagem numérica e métodos econométricos para diagnóstico baseado em serviços ecossistêmicos*. 2022.
- BOYLE, M.; KIEL, K. A Survey of House Price Hedonic Studies of the Impact of Environmental Externalities. *Journal of Real Estate Literature*, v. 9, n. 2, p. 117–144, 1 jan. 2001.
- BRASIL, C. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. *DOU*, n. 18, p. 70–71, 2001.
- BRASIL, I. Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. *Censo demográfico*, v. 2010, p. 11, 2010.
- BUCHIANERI, V. C. *Geração da série histórica de vazão por meio do modelo SMAP: subsídio para o plano de manejo da bacia do Rio Grande de Ubatuba*. Mestrado em Recursos Florestais—Piracicaba: Universidade de São Paulo, 13 abr. 2004.

- CARRILHO, C. D.; DE ALMEIDA SINISGALLI, P. A. Contribution to Araçá Bay management: The identification and valuation of ecosystem services. *Ocean & Coastal Management*, v. 164, p. 128–135, 2018.
- CASTRO FILHO, B. M. Wind driven currents in the Channel of São Sebastião: winter, 1979. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, v. 38, n. 2, p. 111–132, 1990.
- CASTRO FILHO, B. M. DE; MIRANDA, L. B. DE. Hydrographic properties in the São Sebastião Channel: daily variations observed in March 1980. *Revista Brasileira de Oceanografia*, v. 46, n. 2, p. 111–123, 1998.
- CETESB, C. A. D. E. SÃO PAULO. Qualidade das Praias Litorâneas no Estado de São Paulo 2012. *Série Relatórios. São Paulo: CETESB*, [s.d.].
- CHASSIGNET, E. P. *et al.* The HYCOM (hybrid coordinate ocean model) data assimilative system. *Journal of Marine Systems*, v. 65, n. 1–4, p. 60–83, 2007.
- CHEN, L. *et al.* Measuring Impacts of Urban Environmental Elements on Housing Prices Based on Multisource Data—A Case Study of Shanghai, China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 9, n. 2, p. 106, 10 fev. 2020.
- COSTANZA, R. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v. 387, n. 6630, p. 253–260, 1997.
- DE GROOT, R. S. *et al.* Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological complexity*, v. 7, n. 3, p. 260–272, 2010.
- DOTTORI, M.; SIEGLE, E.; CASTRO FILHO, B. M. Hydrodynamics and water properties at the entrance of Araçá Bay, Brazil. *Ocean Dynamics*, v. 65, n. 12, p. 1731–1741, dez. 2015.
- EGBERT, G. D.; EROFEEVA, S. Y. Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides. *Journal of Atmospheric and Oceanic technology*, v. 19, n. 2, p. 183–204, 2002.
- GODIN, G. *The analysis of tides*. [s.l.: s.n.].
- GRYBAUSKAS, A.; PILINKIENĖ, V.; STUNDŽIENĖ, A. Predictive analytics using Big Data for the real estate market during the COVID-19 pandemic. *Journal of Big Data*, v. 8, n. 1, p. 105, dez. 2021.
- HART, S. Shapley value. Em: *Game theory*. [s.l.] Springer, 1989. p. 210–216.
- LOPES, J. E. G.; BRAGA JR, B. P. F.; CONEJO, J. G. L. SMAP, A simplified hidrologic model. Symposium on Rainfall Runoff Modeling. Mississippi. *Anais...*1981.
- LUCHIARI, M. T. D. P. O lugar no mundo contemporâneo: turismo e urbanização em Ubatuba-SP. 1999.
- LUNDBERG, S.; LEE, S.-I. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. *arXiv:1705.07874 [cs, stat]*, 24 nov. 2017.
- RAIMUNDO, S.; FRACALANZA, A. P.; JACOBI, P. R. GOVERNANÇA DA ÁGUA EM ÁREAS TURÍSTICAS: UM ESTUDO DE CASO DO LITORAL NORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL. CHÁVEZ, Eduardo Salinas; MAURO; Cláudio Antonio Di;

- MORETTI, Edvaldo Cesar (Org.). *Água, recurso hídrico: bem social transformado em mercadoria*. Tupã: ANAP, p. 189–200, 2017.
- SAHA, S. *et al.* The NCEP Climate Forecast System Version 2. *Journal of Climate*, v. 27, n. 6, p. 2185–2208, 13 mar. 2014.
- SCHUREMAN, P. *Manual of harmonic analysis and prediction of tides*. [s.l.] US Government Printing Office, 1958a. v. 4
- SCHUREMAN, P. *Manual of harmonic analysis and prediction of tides*. [s.l.] US Government Printing Office, 1958b. v. 4
- SHAPLEY, L. S. Stochastic games. *Proceedings of the national academy of sciences*, v. 39, n. 10, p. 1095–1100, 1953.
- SILVA, L. DOS S.; MIRANDA, L. B. DE; CASTRO FILHO, B. M. DE. Numerical study of circulation and thermohaline structure in the São Sebastião Channel. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 23, n. 4, p. 407–425, 2005.
- WILLMOTT, C. J. On the validation of models. *Physical geography*, v. 2, n. 2, p. 184–194, 1981.
- WILLMOTT, C. J.; ROBESON, S. M.; MATSUURA, K. A refined index of model performance. *International Journal of Climatology*, v. 32, n. 13, p. 2088–2094, 2012.



# Aplicação de aeronaves remotamente pilotadas e fotogrametria para avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração florestal

*Rafael Walter Albuquerque  
Carlos Henrique Grohmann*

## **Resumo**

Diversas atividades humanas acarretam a supressão de vegetação nativa acima dos limites legais, tornando necessária a Restauração Florestal (RF). No campo das geotecnologias, câmeras convencionais acopladas a *drones*, ou *Remotely Piloted Aircrafts* (RPAs), podem aprimorar o processo de monitoramento da RF. O objetivo desta pesquisa é estudar a aplicação de RPA e fotogrametria para avaliação e monitoramento de quatorze áreas em processo de RF, sendo sete na Amazônia e sete na Mata Atlântica. Seguindo o Protocolo de Monitoramento da RF da Mata Atlântica, dois importantes aspectos da vegetação foram obtidos por RPA e fotogrametria: (i) estrutura, que consistiu no uso de dados altimétricos, algoritmo Máxima Local, índice de vegetação e *machine learning* para medir cobertura de dossel, densidade de árvores, cobertura de gramíneas e altura de dossel; e (ii) biodiversidade, que consistiu no uso de *deep learning* na identificação de espécies relevantes para a RF e no delineamento das copas das árvores, que foram avaliadas quanto ao grau de heterogeneidade frente a dados de campo. RPA e fotogrametria mostraram êxito na medição

de todos os indicadores, mas trabalhos futuros devem coletar mais dados acerca de biodiversidade para criação de modelos com maior capacidade de generalização.

**Palavras-chaves:** Restauração de Ecossistemas; Drone; Machine Learning; Deep Learning; Governança.

## 1. INTRODUÇÃO

Diversas são as atividades humanas que acarretam a supressão de vegetação nativa, em muitas vezes excedendo os limites legais, bem como o próprio limite de resiliência natural, tornando necessária a Restauração Florestal (RF) (Aronson; Durigan; Brancalion, 2011). No campo das geotecnologias existem frentes de trabalho que se utilizam de imagens obtidas por Aeronaves Remotamente Pilotadas, ou *Remotely Piloted Aircraft* (RPAs), popularmente conhecidos como *drones*. No entanto, o uso destas imagens é ainda bastante incipiente.

Dentre os diferentes sensores possíveis de serem acoplados aos RPA como plataforma de voo, este trabalho trata de câmeras digitais operantes no espectro visível *Red-Green-Blue* (RGB). Os RPA portadores de sensores RGB são considerados RPA de baixo custo (Tarolli, 2014), sendo que tais equipamentos possibilitam o registro detalhado de paisagens em visão panorâmica/tridimensional através da tecnologia *Structure from Motion and Multi-View-Stereo* (SfM-MVS) (Colomina; Molina, 2014).

Diante deste contexto, urge a necessidade de estudar possíveis contribuições que o uso de RPA e SfM-MVS (RPA-SfM) pode proporcionar ao monitoramento de projetos de RF. O objetivo do presente trabalho não é detalhar os métodos científicos aplicados na pesquisa, porque tais detalhes já se encontram publicados em periódicos científicos e foram objeto de tese defendida no Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental (Procam) da USP. O objetivo do presente trabalho é, portanto, divulgar de forma sucinta os métodos científicos utilizados na pesquisa.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

A figura 1 mostra os municípios das quatorze áreas de estudo: dois municípios situam-se na Amazônia e três na Mata Atlântica. Todas essas áreas de estudo, em ambos os biomas, foram selecionadas de forma a abranger diferentes técnicas de RF.

Na Amazônia, todas as quatro áreas de estudo no município de Apuí (AM), detalhadas em Albuquerque *et al.* (2020), eram pastagem, mas cada uma passou por diferentes métodos de RF. No município de Jirau (RO), as três áreas de estudo, detalhadas em Albuquerque *et al.* (2022b), diferiam entre si quanto aos métodos de RF, mas as três fazem parte de Área de Preservação Permanente de represa hidrelétrica.

Dentre os municípios situados na Mata Atlântica, a área de estudo em Miguel Pereira (RJ), detalhada em Albuquerque *et al.* (2021), era uma pastagem, sendo o projeto de RF considerado referência na região. As três áreas de estudo do município de Extrema (MG), detalhada em Albuquerque *et al.* (2022a) eram todas pastagens, mas possuíam diferentes métodos de RF. As três áreas de estudo em São José dos Campos (SP), também detalhadas em Albuquerque *et al.* (2022a), são experimentos de RF monitorados por grupos de pesquisa.

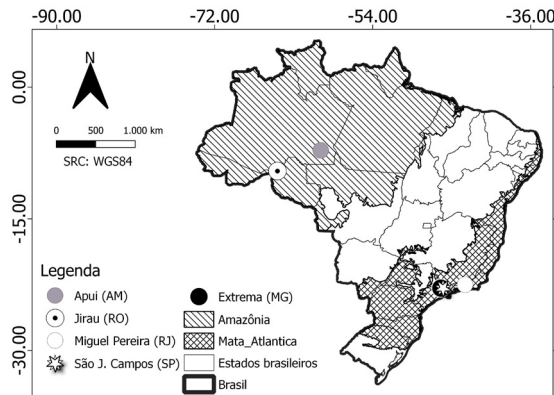


Figura 1 – Áreas de estudo do presente trabalho.

Fonte: Elaborada pelos autores.

## 2.2 Materiais

O RPA utilizado foi o Phantom 4 Pro embarcado com sensor RGB 1”CMOS 20MP. *Ground Control Points* (GCP), ou pontos de controle foram coletados pelo *Global Navigation Satellite System* (GNSS) geodésico Spectra Precision SP60. O planejamento de voo foi feito utilizando-se o software *Map Pilot*. O Modelo Digital de Superfície (MDS), Modelo Digital de Terreno (MDT), *Canopy Height Model* (CHM), que é a diferença entre MDS e MDT, e ortomosaico foram gerados no software *Agisoft Metashape*.

Os procedimentos de machine learning (*Random Forest*), regressão linear e gráficos foram realizados em R versão 3.6. O *Deep Learning* foi feito utilizando a linguagem de programação Python versão 3.5. Os índices de vegetação e layouts dos mapas foram feitos no software QGIS versão 3.12.

## 2.3 Métodos

### • Parâmetros estruturais

O monitoramento da RF neste trabalho seguiu a abordagem de duas fases utilizada no protocolo de monitoramento da RF do Pacto pela Restauração da Mata Atlântica (PACTO): estruturação do dossel; e trajetória ecológica (Viani *et al.*, 2013).

Para obter alguns dos indicadores relevantes da primeira fase da RF via RPA-SfM, uma análise da estrutura da vegetação ocorreu por contagem automática de árvores na área de estudo de Apui (AM). Conforme descrito em Albuquerque *et al.* (2020), foi analisado se o algoritmo Máxima Local gera resultados mais acurados quando aplicado sobre o MDS ou sobre o CHM.

Em Albuquerque *et al.* (2021), além do indicador densidade de árvores, foram avaliados também o dossel (copas das árvores no estrato superior da floresta) e a ocorrência de gramíneas. Assim, os indicadores estruturais avaliados na área de estudo em Miguel Pereira (RJ) foram: cobertura de dossel, altura de dossel e infestação de gramíneas. A altura do dossel foi calculada extraíndo-se os valores CHM das árvores identificadas automaticamente (Albuquerque *et al.*, 2020). A cobertura de dossel poderia ser medida utilizando-se apenas o CHM, mas para incluir algumas árvores pequenas em regiões íngremes, também foram utilizadas: uma camada de dados do índice *Triangular Greenness Index* (TGI) chamada neste trabalho por TGIveg; uma camada contendo dados de desvio padrão do MDS, chamada neste trabalho de SDdsm; e uma camada de classificação *Random Forest* envolvendo três classes (vegetação, sem-vegetação, sombra). A equação 1 mostra como essas camadas foram utilizadas no cálculo da cobertura de dossel. Na equação 1, a expressão maior que zero é utilizada para possibilitar a execução do processo com uma linha de código ao invés de duas. Afinal, valores negativos nesse caso não são considerados como cobertura de dossel.

$$\text{CoberturaDossel} = [(TGIveg + SDdsm + CHM) - (3 * Sombra) > 0] \quad (1)$$

Com relação ao indicador estrutural infestação de gramíneas, ele foi obtido conforme equação 2. No caso, a classe vegetação da camada *Random Forest* envolve árvores e gramíneas, então a cobertura apenas de gramíneas foi obtida pela diferença entre toda a vegetação e a cobertura de dossel.

$$\text{Gramíneas} = \text{Vegetação} - \text{CoberturaDossel} \quad (2)$$

O método utilizado para obter a cobertura de dossel em Albuquerque *et al.* (2021) buscou um aprimoramento da acurácia do indicador cobertura de dossel porque pequenas árvores em regiões íngremes não foram incluídas no CHM. Entretanto, o ganho de acurácia não foi significativo, sendo que é possível obter a cobertura de dossel de forma acurada lançando-se mão de metodologia mais simples. Neste método, descrito em Albuquerque *et al.* (2022a) e utilizado nas áreas de estudo em Extrema (MG) e São José dos Campos (SP), basta selecionar o intervalo de altura do CHM que separa árvores de gramíneas. Este método é o mais recomendado para mapeamento do indicador cobertura de dossel devido à sua praticidade e acurácia.

### • Parâmetros de biodiversidade

A avaliação da biodiversidade, descrita em Albuquerque *et al.* (2022b), foi realizada nas áreas de estudo situadas em Jirau (RO). Foram utilizadas técnicas de *deep learning* (Mask-RCNN) e análises de regressão.

Dois espécies chave para a gestão da RF na Amazônia (*Cecropia* sp. e *Vismia* sp.) foram mapeadas utilizando-se *deep learning*. Também via *deep learning* realizou-se o delineamento das copas de todas as árvores. Após delineadas as copas, uma análise de regressão avaliou a relação de suas medidas de heterogeneidade estrutural com as medidas de diversidade de espécies. Considerou-se na regressão, como variável independente (dado que conseguimos medir), as medidas de heterogeneidade nas imagens obtidas via RPA de baixo custo, e como variável dependente (dado que queremos estimar), a medida de riqueza de espécies obtida em trabalhos convencionais de campo.

### • Avaliação de acurácia

Para avaliação da acurácia, os erros de omissão (Falso-Negativo; FN), comissão (Falso Positivo; FP) e Acurácia Geral (Congalton, 1991) (equação 3) permitem o cálculo dos índices Recall (percentual dos alvos existentes devidamente identificados), Precisão (probabilidade de uma previsão estar correta) e F1 (média harmônica de Recall e Precisão) conforme as equações 4, 5 e 6, respectivamente. Tais índices variam de 0 (zero) a 1 (um), sendo que o valor 1 (um) indica totalmente acurado. Erros de comissão e omissão também permitem a avaliação de acurácia através de matriz de confusão (CONGALTON, 1991), que mostra para todas as classes os valores dos erros (FN e FP) e dos acertos (Verdadeiro-Positivo – VP; e Verdadeiro-Negativo – VN).

$$\text{AcuráciaGeral} = \frac{VP + VN}{VP + VN + FP + FN} \quad (3)$$

$$r = \frac{VP}{VP + FN} \quad (4)$$

$$p = \frac{VP}{VP + FP} \quad (5)$$

$$F1 = \frac{2 * (r * p)}{(r + p)} \quad (6)$$

Onde: VP = Verdadeiro Positivo, FN = Falso Negativo, FP = Falso Positivo, r = recall, p = precisão

Conforme explicado em Albuquerque *et al.* (2022b), a acurácia de alvos mapeados por *deep learning* também envolveu os índices Acurácia Geral, Recall, Precisão e F1,

mas neste caso considerando toda a área das amostras de testes, sendo que as amostras de teste devidamente identificadas são aquelas em que mais de 50% de sua área é mapeada. A detecção de alvos por *deep learning* também avaliou a acurácia do delimitamento dos alvos, mas neste caso medida pelo índice *Intersection over Union* (IoU) (equação 4), onde árvores corretamente delimitadas apresentam  $\text{IoU} \geq 0,5$  (ALBUQUERQUE *et al.*, 2022b).

$$\text{IoU}(\text{AmostraTeste}, \text{MapeamentoAutomático}) = \frac{\text{AmostraTeste} \cap \text{MapeamentoAutomático}}{\text{AmostraTeste} \cup \text{MapeamentoAutomático}} \quad (4)$$

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Parâmetros estruturais

A figura 2 mostra os resultados na área de estudo em Apui (AM). Já a tabela 1 mostra que a contagem automática de árvores via algoritmo Máxima Local, para obter o indicador densidade de árvores, é mais precisa utilizando-se o MDS do que o CHM, pois os valores de r, p e F1 são maiores em quase todas as situações. Mais detalhes sobre esses resultados em Albuquerque *et al.* (2020).

Em relação à medição dos indicadores estruturais de RF na área de estudo em Miguel Pereira (RJ), os resultados em parte da área são mostrados na Figura 3. A contagem automática de árvores para obtenção do indicador densidade de árvores apresentou Recall, Precision, F-score, e Acurácia geral equivalentes a 0,93, 0,90, 0,92 e 0,87, respectivamente. A altura de dossel média prevista (via CHM obtido por RPA-SfM) e medida em campo (referência) foi equivalente a, respectivamente, 1,68 m e 1,93 m, considerada acurada porque imagens de RPA de baixo custo subestimam alturas de árvores de 2 metros de altura em aproximadamente 13% (neste caso, superestimar seria problema porque errar para mais sugeriria que a RF está melhor do que a realidade). Sobre os indicadores cobertura de dossel e infestação de gramíneas, a tabela 2 traz os resultados da acurácia.

Sobre o método apontado como o mais indicado para medição da cobertura de dossel via RPA de baixo custo, método este aplicado nas áreas de estudo de Extrema (MG) (Figura 4.a, 4.b e 4.c) e São José dos Campos (SP) (Figura 4.d, 4.e e 4.f), a tabela 3 mostra que há alta acurácia. Todos os valores F1 foram maiores que 0,9, enquanto as médias de Acurácia Geral, Precision, Recall e F1 dos estudos de caso foram equivalentes a 0,97, 0,96, 0,98, e 0,97, respectivamente, reforçando a robustez do método.

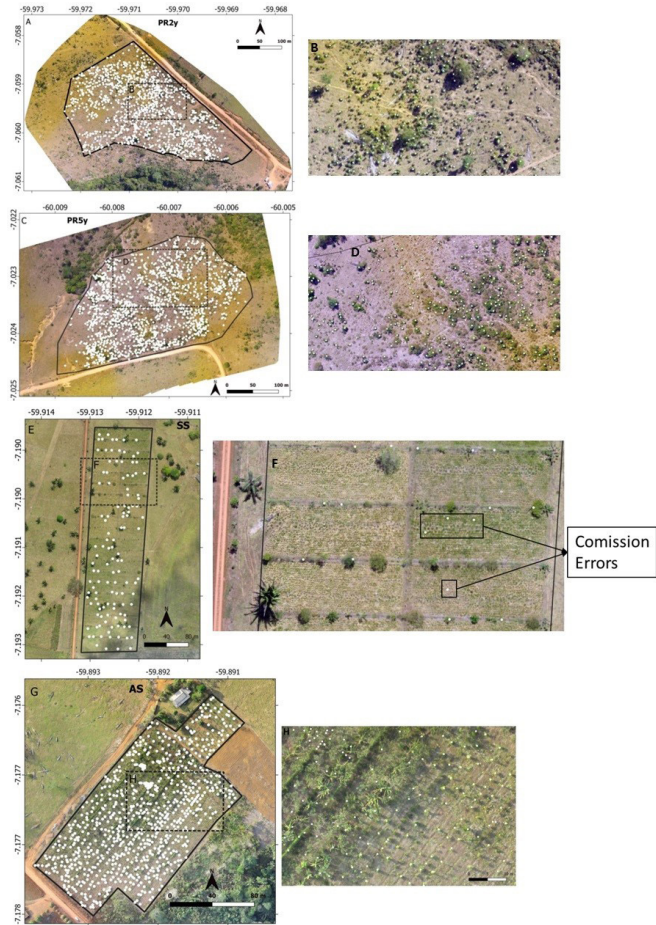


Figura 2 – Síntese dos resultados na área de estudo em Apui (AM). Cada ponto em branco representa uma árvore identificada automaticamente sobre a base MDS, que apresentou melhores resultados que a base CHM.

Fonte: Albuquerque *et al.* (2020).

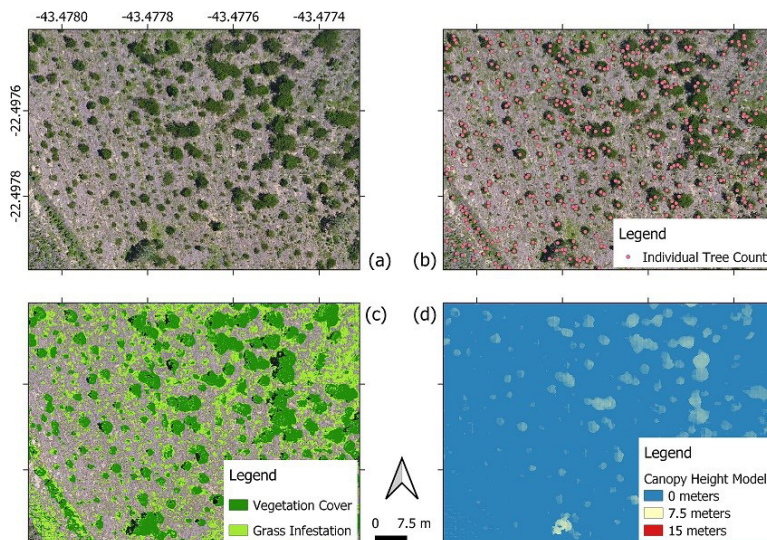
Tabela 1 - Número de árvores identificadas automaticamente e acurácia dos resultados obtidos utilizando as bases MDS e CHM

Área de estudo	No. de árvores existentes	No. de árvores mapeadas automaticamente	VP	FP	FN	r	p	F1	Acurácia geral
RP2a base MDS	1.794	1.204	1.192	12	602	0,66	0,99	0,80	0,66
RP2a base CHM	1.794	1.075	1.047	28	747	0,58	0,97	0,73	0,58

Área de estudo	No. de árvores existentes	No. de árvores mapeadas automaticamente	VP	FP	FN	r	p	F1	Acurácia geral
RP5a base DSM	1.947	1.499	1.497	2	450	0,77	1,00	0,87	0,77
RP5a base CHM	1.947	1.288	1.268	20	679	0,65	0,98	0,78	0,65
SS base DSM	412	128	86	42	326	0,21	0,67	0,32	0,21
SS base CHM	412	204	100	104	312	0,24	0,49	0,32	0,24
SA base DSM	4.027	810	794	16	3.233	0,20	0,98	0,33	0,20
SA base CHM	4.027	1.015	841	174	3.186	0,21	0,83	0,33	0,21

Onde VP = Verdadeiro Positivo, FP = Falso Positivo, FN = Falso Negativo,  $r$  = *recall*,  $p$  = *precision* e  $F$  = *F1-score*, RP2a = Restauração Passiva com 2 anos de abandono, RP5a = Restauração Passiva com 5 anos de abandono, SS = Sistema Silvopastoril, SA = Sistema Agroflorestal.

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Figura 3** – Síntese dos resultados na área de estudo em Miguel Pereira (RJ): (a) ortomosaico; (b) coordenadas geográficas representando árvores identificadas automaticamente; (c) detecção automática de ocorrência de árvores e de gramíneas; (d) altura das árvores no terreno.

Fonte: Albuquerque *et al.* (2021).

Tabela 2 - Matriz de confusão do mapeamento de cobertura de dossel e infestação de gramíneas.

		Referência		
		Gramíneas	Dossel	Outras Classes
Previsão	Gramíneas	26 (52%)	5 (10%)	0 (0%)
	Dossel	1 (2%)	41 (82%)	4 (8%)
	Outras Classes	23 (46%)	4 (8%)	46 (92%)

Fonte: Elaborada pelos autores.

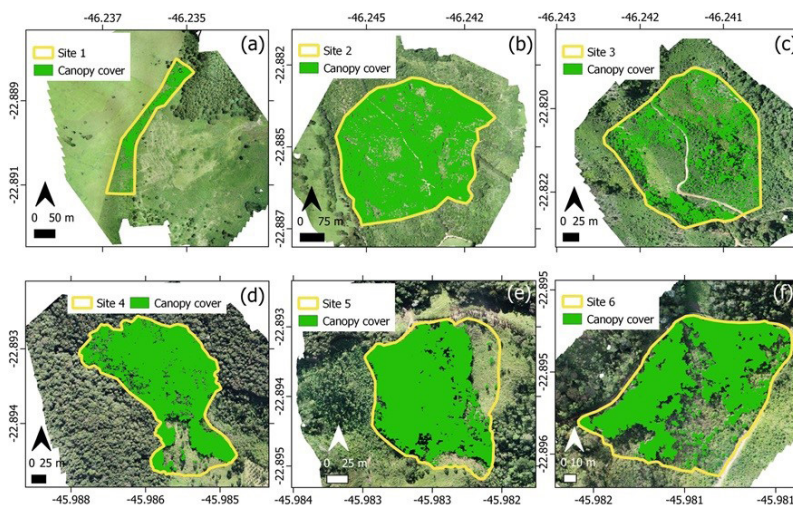


Figura 4 – Síntese dos resultados na área de estudo em Extrema (MG) e em São José dos Campos (SP).

Fonte: Albuquerque *et al.* (2022a).

### 3.2 Parâmetros de biodiversidade

A Figura 5 ilustra uma síntese dos resultados obtidos para os parâmetros de biodiversidade. Já a tabela 4 apresenta os valores de acurácia obtidos no mapeamento das espécies *Cecropia* sp. e *Vismia* sp., bem como no delineamento das copas de todas as árvores. Resultados foram acurados, exceto o delineamento de *Vismia* sp.

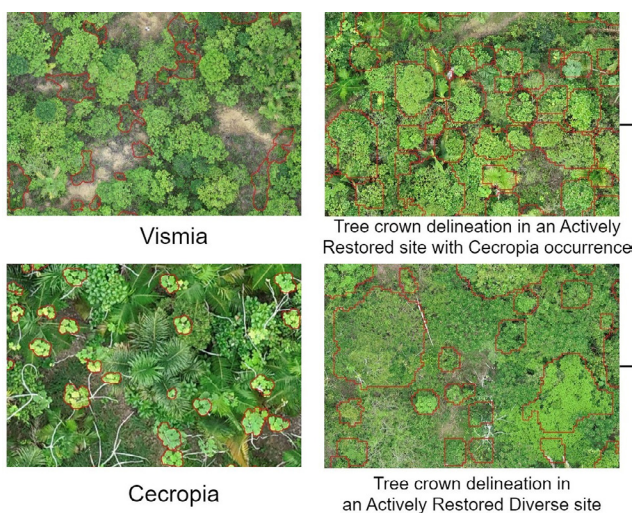
A Figura 6 mostra que a diversidade de espécies medida em campo possui relação com alguns atributos de heterogeneidade obtidos nas imagens adquiridas via RPA-SfM,

como área da copa, perímetro da copa e componente principal da transformada de Fourier. Apesar da regressão contar apenas com 5 amostras, esses atributos apresentaram  $p$ -valor  $< 0,05$ .

**Tabela 3** - Valores de acurácia da cobertura de dossel dos estudos de caso em Extrema (MG) e em São José dos Campos (SP)

Acurácia da cobertura de dossel					
Área de RF	Cobertura dossel	Acurácia Geral	Precision	Recall	F1
FR ativa de 6 anos com trecho de FR ativa de 1 ano	0,417	0,935	0,892	0,99	0,938
RF ativa de 4 a 16 anos variando em diferentes trechos	0,735	0,97	0,99	0,95	0,969
RF ativa e passiva de 1 ano com trechos de floresta madura	0,353	0,965	1	0,93	0,964
RF ativa de 40 anos com trechos de gramíneas	0,698	0,985	0,98	0,99	0,985
Floresta madura com trechos de gramíneas	0,646	0,985	0,971	1	0,985
Floresta madura com trechos de RF ativa de 1 ano	0,518	0,975	0,952	1	0,976

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Figura 5** – Síntese dos resultados na área de estudo em Jirau (RO).

Fonte: Albuquerque *et al.* (2022b).

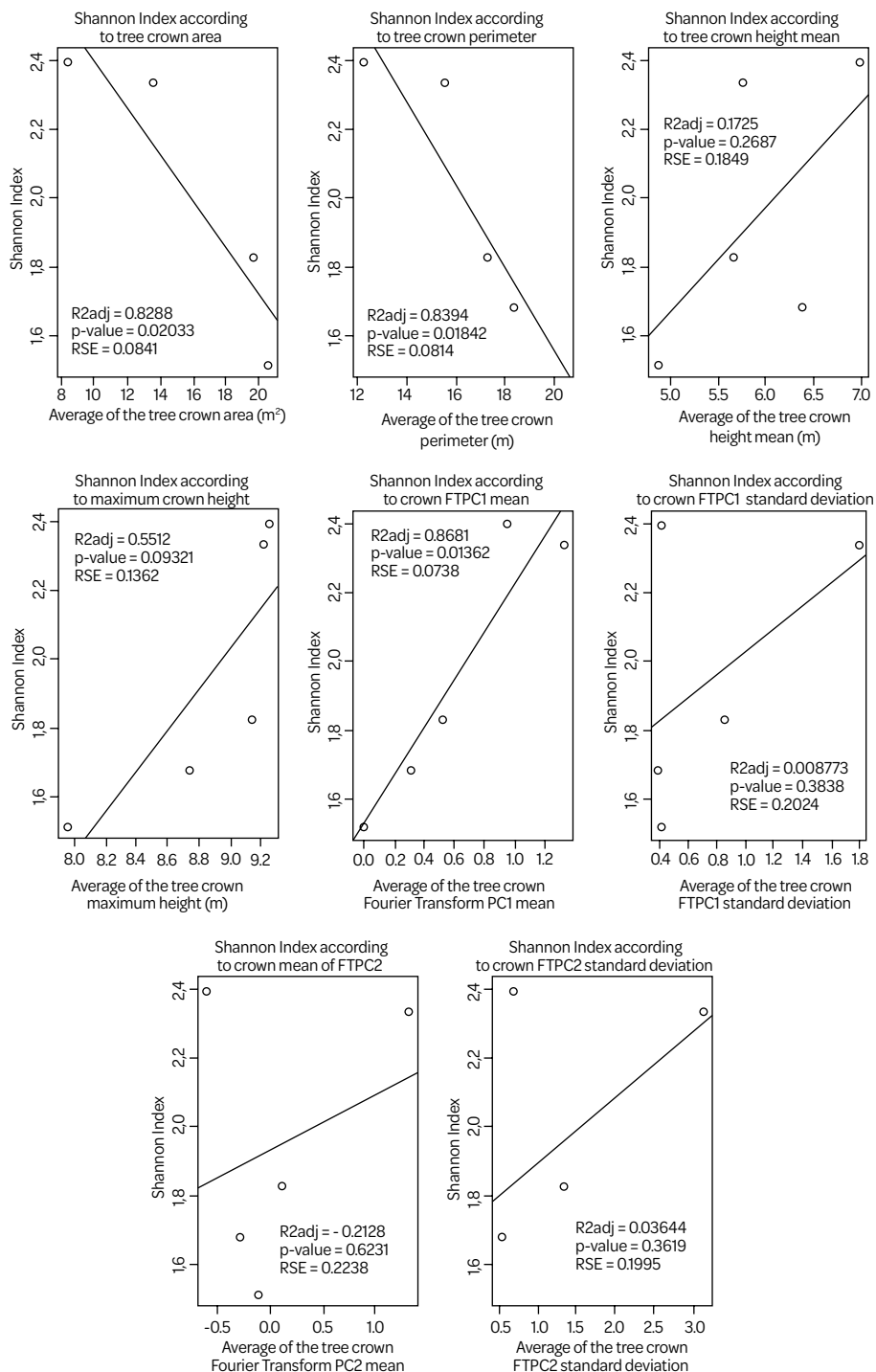
**Tabela 4** - Acurácia quanto ao delineamento e distribuição de área da rede Mask-RCNN. RN é Regeneração Natural com ocorrência de *Vismia* sp., ARCEC é Área de Restauração ativa com *Cecropia* sp. e ARFD é área de Restauração Ativa em Floresta Diversa

		Cecropia: ARCEC	Vismia: RN	Árvores: ARCEC	Árvores: ARFD	Cecropia: ARD (apenas teste)
Parâmetro de Acurácia de delineamento	Árvores identificadas	91.25%	72.92%	72.00%	56.00%	80.00%
	Copas de árvores corretamente delineadas	0.918	0.086	0.667	0.607	1.000
	IoU Precisão Recall	0.772 0.937 0.820	0.202 0.221 0.888	0.563 0.730 0.764	0.558 0.764 0.738	0.790 0.989 0.798
	F1	0.875	0.354	0.746	0.751	0.883
Parâmetro de Acurácia de área	Acurácia Geral	0.993	0.926	0.902	0.642	0.981
	Precisão	0.976	0.760	0.893	0.932	0.943
	<i>Recall</i>	0.752	0.796	0.616	0.565	0.669
	F1	0.849	0.777	0.729	0.704	0.783

Fonte: Elaborada pelos autores.

#### 4. DISCUSSÃO

Todos os parâmetros avaliados no presente estudo apresentaram boa acurácia. Com relação aos parâmetros estruturais, além dos resultados acurados, os métodos relatados, exceto para o indicador infestação de gramíneas, podem ser aplicados em outras imagens obtidas por RPA de baixo custo. Tal capacidade de generalização a outras imagens é possível porque a base de dados utilizada é a nuvem de pontos, que não sofre influência de luz solar (Albuquerque *et al.*, 2021; Albuquerque *et al.*, 2022a). Cabe ressaltar, entretanto, que o indicador Altura de Dossel pode ser medido por RPA de baixo custo, em condições de dossel fechado, somente se as imagens possuírem pontos de controle (Albuquerque *et al.*, 2021).



**Figura 6** – Regressão linear entre atributos de heterogeneidade das imagens obtidas por sobrevoo de RPA de baixo custo e diversidade de espécies medida em campo.

Fonte: Albuquerque *et al.* (2022b).

Ainda sobre os parâmetros estruturais, o método de obtenção do indicador Infestação de Gramíneas não possui capacidade de generalização porque usa dados do ortomosaico, que sofre influência da luz solar (diferentes padrões de luz ao longo do dia e do ano). A ocorrência de gramíneas, entretanto, é um indicador de menor relevância frente aos demais parâmetros estruturais (Albuquerque *et al.*, 2021).

A falta de capacidade de generalização na identificação de alvos em imagens também se mostrou presente no método de medição de parâmetros de biodiversidade de RF. Apesar de ter apresentado boa acurácia em geral (exceto em *Vismia* sp., que apresentou desempenho satisfatório da distribuição das áreas, mas não no delimitamento), a tecnologia *deep learning* também foi aplicada sobre o ortomosaico. O efeito *data drift*, que mostra a capacidade de generalização do modelo, foi evidenciado no mapeamento de *Cecropia* sp. Na área utilizada para treinamento e mapeamento, o modelo obteve um desempenho melhor do que na área utilizada apenas para mapeamento. Logo, trabalhos futuros devem sobrevoar outras áreas e em diferentes horários do dia e estações do ano.

Sobre a regressão linear para estimar a riqueza de espécies, os atributos área da copa, perímetro da copa e componente principal da transformada de Fourier apresentaram resultados estatisticamente significativos ( $p$ -valor  $< 0,05$ ). Entretanto, o total de 5 amostras, por si só, não pode ser considerado suficiente, fazendo com que o  $p$ -valor  $< 0,05$  evidencie apenas a potencialidade do método, reforçando que trabalhos futuros colem mais dados para que seja atingida a suficiência amostral.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

RPAs de baixo custo mostraram potencial no monitoramento de RF. Cobertura e altura do dossel podem ser mensuradas de forma generalizável utilizando-se a nuvem de pontos, sendo que a altura de dossel requer disponibilidade de MDT preciso em situações de dossel fechado. Já os parâmetros de biodiversidade, apesar de acurados neste estudo, requerem coleta de mais dados para se obter modelos generalizáveis. Tais modelos de biodiversidade devem ser capazes de apresentar bom desempenho em diferentes condições de luz, bem como diferentes fases de projetos de RF. Ou seja, os modelos de biodiversidade propostos devem ser estudados em imagens diferentes das avaliadas no presente trabalho.

## 6. FINANCIAMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de Financiamento 001. Este trabalho também teve contribuições financeiras da Embrapa Cenargen, TNC, WRI e WWF. Carlos Henrique Grohmann (proc. #311209/2021-1) é bolsista de produtividade de pesquisa CNPq.

## 7. AGRADECIMENTOS

À Capes pela concessão de bolsa nacional e internacional (PrIntUSP). À Sociedade Brasileira de Restauração Ecológica (SOBRE), Departamento de Ciência da Computação da Universidade de Copenhage (DIKU), Embrapa CENARGEN, Embrapa Meio Ambiente, The Nature Conservancy (TNC), World Wide Fund for Nature (WWF) e World Resources Institute (WRI) pelo apoio profissional e estímulo ao desenvolvimento desta pesquisa. Ao Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE-USP) pelo apoio institucional, ao Spatial Modelling Laboratory (SPAM Lab) e ao Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (Lapig), Programa Pro-Vant, pela infraestrutura e ambiente de trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, R. W.; COSTA, M. O.; FERREIRA, M. E.; CARRERO, G. C.; GROHMANN, C. H. Remotely piloted aircraft imagery for automatic tree counting in forest restoration areas: a case study in the amazon. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, NRC Research Press 1840 Woodward Drive, Suite 1, Ottawa, ON K2C 0P7, v. 8, n. 3, p. 207–223, 2020.
- ALBUQUERQUE, R. W.; FERREIRA, M. E.; OLSEN, S. I.; TYMUS, J. R. C.; BALIEIRO, C. P.; MANSUR, H.; MOURA, C. J. R.; COSTA, J. V. S.; BRANCO, M. R. C.; GROHMANN, C. H. Forest restoration monitoring protocol with a low-cost remotely piloted aircraft: lessons learned from a case study in the brazilian atlantic forest. *Remote Sensing*, v. 13, n. 12, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/12/2401>.
- ALBUQUERQUE, R. W.; MATSUMOTO, M. H.; CALMON, M.; FERREIRA, M. E.; VIEIRA, D. L. M.; GROHMANN, C. H. A protocol for canopy cover monitoring on forest restoration projects using low-cost drones. *Open Geosciences*, v. 14, n. 1, p. 921–929, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/geo-2022-0406>
- ALBUQUERQUE, R. W.; VIEIRA, D. L. M.; FERREIRA, M. E.; SOARES, L. P.; OLSEN, S. I.; ARAUJO, L. S.; VICENTE, L. E.; TYMUS, J. R. C.; BALIEIRO, C. P.; MATSUMOTO, M. H.; GROHMANN, C. H. Mapping key indicators of forest restoration in the amazon using a low-cost drone and artificial intelligence. *Remote Sensing*, v. 14, n. 4, 2022. ISSN 2072-4292. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/4/830>.
- ARONSON, J.; DURIGAN, G.; BRANCALION, P. Conceitos e definições correlatos à ciência e à prática da restauração ecológica. *IF Série Registros*, v. 44, p. 1–38, 2011. Disponível em: <http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/recomendados/artigos/aronson2011.pdf>. Acesso em: 20 out. 2016.
- COLOMINA, I.; MOLINA, P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, Elsevier, v. 92, p. 79–97, 2014.
- CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote sensing of environment*, v. 37, n. 1, p. 35–46, 1991.

- TAROLLI, P. High-resolution topography for understanding earth surface processes: Opportunities and challenges. *Geomorphology*, v. 216, p. 295–312, 2014.
- VIANI, R.; RODRIGUES, R.; PADOVEZI, A.; FARAH, F. T.; GARCIA, L.; SANGLADE, L.; BRANCALION, P.; CHAVES, R.; BARRETO, T.; STRASSBURG, B.; SCARAMUZZA, C. D. M. *Pacto pela restauração da Mata Atlântica - Protocolo de monitoramento para programas e projetos de restauração florestal*. [S.l.:s.n.], 2013. 61 p. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/304073085\\_Pacto\\_pela\\_restauracao\\_da\\_Mata\\_Atlantica\\_-\\_Protocolo\\_de\\_monitoramento\\_para\\_programas\\_e\\_projetos\\_de\\_restauracao\\_florestal](https://www.researchgate.net/publication/304073085_Pacto_pela_restauracao_da_Mata_Atlantica_-_Protocolo_de_monitoramento_para_programas_e_projetos_de_restauracao_florestal). Acesso em: 17 jun. 2021.



# Sensoriamento remoto como ferramenta para a caracterização dos ambientes alagáveis da Volta Grande do Xingu sob influência do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte

*Alynne Almeida Affonso  
Carlos Henrique Grohmann*

## **Resumo**

A Volta Grande do Xingu (VGX) destaca-se pela biodiversidade e geomorfologia singular, com canais entrelaçados, cachoeiras e corredeiras, e foi escolhida para a construção do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte (CHBM). Contudo, esse megaempreendimento ameaça a viabilidade da região, seus ecossistemas e as populações tradicionais locais.

Este estudo utiliza sensoriamento remoto para monitorar as mudanças na dinâmica de alagamentos e caracterizar os ambientes sazonalmente alagáveis afetados pelo barramento do Rio Xingu causado pelo CHBM na VGX.

O artigo destaca a importância dessas técnicas para monitorar transformações, descrevendo as áreas alagáveis mais sensíveis aos impactos do CHBM. Também aborda os impactos hidrológicos da obra, focando na extensão das áreas alagáveis e na elevação da superfície da água.

A combinação de sensoriamento remoto, modelagem espacial e medições hidrológicas permitiu uma análise abrangente, oferecendo contribuições relevantes para as Ciências Ambientais e ampliando as possibilidades de monitoramento e conservação da região.

**Palavras-chave:** Habitats Alagáveis; Análise Espaço-Temporal; Modelagem Espacial.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o bioma Amazônico cobre 4.871.000 km<sup>2</sup>, com 23 unidades biogeográficas, representando cerca de 48% do território nacional (Ferreira, 2003). A Amazônia Oriental é dominada por rios de água clara, como Xingu, Tapajós e Tocantins, com baixa concentração de sedimentos e ricos em ambientes aquáticos alagáveis (Ayres, 1995).

Na região do Médio Rio Xingu, próximo ao município de Altamira (PA), localiza-se a Volta Grande do Xingu (VGX), uma área com características geofísicas singulares que, entre outros fatores, motivaram sua escolha para a instalação do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte (CHBM) (Costa *et al.*, 2012).

Variações no fluxo do rio, por mudanças climáticas e barragens, alteram os ambientes sazonalmente alagáveis, essenciais para habitats, ecossistemas e a biodiversidade (Archer, 2005; Latrubesse *et al.*, 2017).

Os ambientes sazonalmente alagáveis da VGX dependem do pulso de inundação do rio (Salomão *et al.*, 2007; Sartorelli, 2018). Alterações no fluxo podem causar impactos severos, afetando espécies endêmicas e comunidades tradicionais que dependem de suas águas (Assahira, 2014; Pezzuti *et al.*, 2018).

O manejo e manutenção desses ecossistemas exige descrição detalhada da estrutura e funções para comparar condições pré e pós construção de grandes empreendimentos como o CHBM. Este estudo monitora a dinâmica de alagamento e identifica e descreve os ambientes alagáveis da VGX usando processamento digital de imagens aéreas e satélites.

Para isso, foram usados dados históricos hidrológicos *in situ* e satélites para observar a vegetação e áreas alagadas antes e depois do CHBM, incluindo altimetria, para medir variações da superfície da água e analisar mudanças da cobertura do solo.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo

O rio Xingu é um dos maiores e mais volumosos afluentes do rio Amazonas (Figura 1a). Sua bacia possui uma extensão de cerca de 1.900 km, desde a nascente localizada no Mato Grosso até a foz na margem direita do rio Amazonas (Fig. 1c). Sua área de drenagem é de aproximadamente 530.000 km<sup>2</sup>. Duas terras indígenas (Tis) margeiam o trecho da VGX: Arara da Volta Grande e Paquiçamba (Fig. 1b).

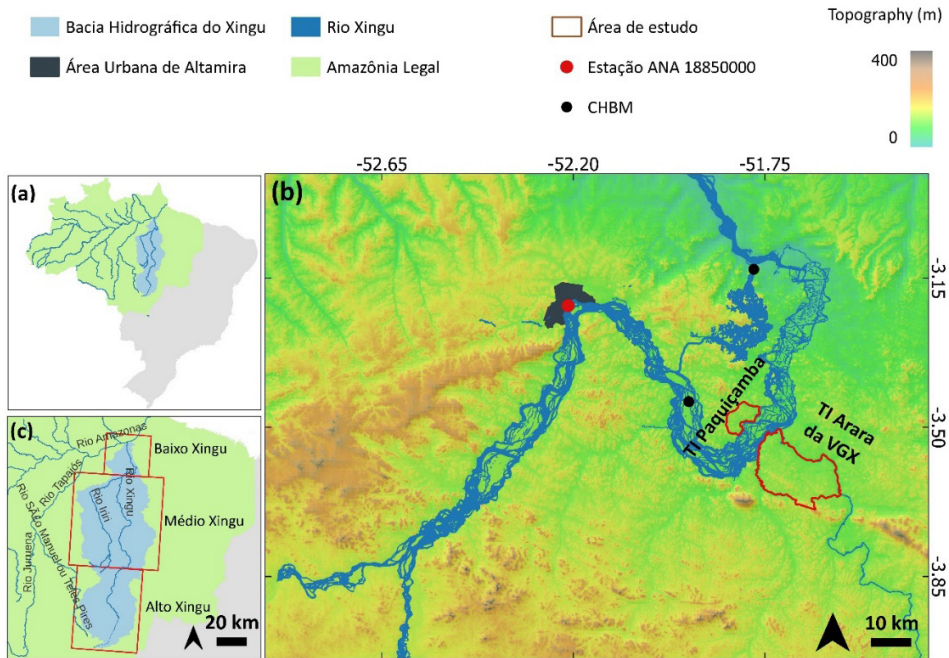


Figura 1 - (a) Bacia hidrográfica amazônica. (b) Área de estudo com a localização do CHBM, das TIs Paquiçamba e Arara da Volta Grande e da estação ANA 18850000. (c) Bacia hidrográfica do Xingu.

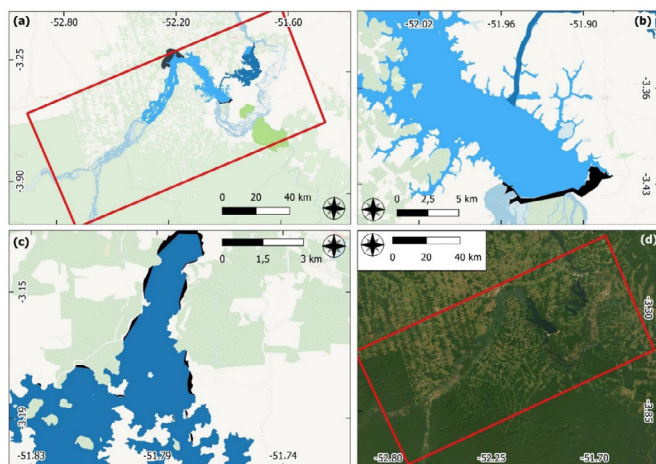
Fonte: Elaborada pelos autores.

A vazão média é  $9.700 \text{ m}^3/\text{s}$ , variando de cerca de  $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$  na seca (set-out) até  $20.000 \text{ m}^3/\text{s}$  na cheia (nov-jul) (Latrubesse; Franzinelli, 2005).

O leito do Xingu é formado por areia fina e grossa, com baixa carga em suspensão e águas neutras a alcalinas (Sawakuchi *et al.*, 2015). Flui dominado por rochas até a bacia sedimentar amazônica, onde cai abruptamente de 50-60 m para 5-20 m e passa a ser influenciado pelas marés.

O rio Xingu apresenta rias que causam desníveis de até 85 m no Médio e Baixo Xingu (Archer, 2005; Sevá Filho, 2005). Essas variações elevadas atraem interesse hidrelétrico e a VGX foi escolhida para a usina de Belo Monte, abrangendo 11 municípios do Baixo e Médio Xingu (Sevá Filho, 2005; Salomão *et al.*, 2007).

A usina de Belo Monte é uma “usina a fio d’água”, com duas barragens principais. Na barragem de Pimental (Fig. 2a), a montante da Volta Grande, foram inundados  $134 \text{ km}^2$  em um trecho de 80 km do rio Xingu, transformando canais anastomosados em um reservatório entre Altamira e a foz do Iriri (Fig. 2b). Acima de Pimental, um canal artificial desvia a água represada para um segundo reservatório fora do curso do rio, que inundou  $382 \text{ km}^2$  antes drenados por 4 afluentes (Fig. 2c). Este reservatório alimenta 20 turbinas e diques garantem que o rio Xingu receba água após o CHBM.



**Figura 2 -** (a) VGX e reservatório principal (azul claro) e intermediário (azul escuro) do CHBM; (b) Extremo do reservatório principal, delimitado pela Barragem Pimental e pelo canal de derivação; (c) Usina de Belo Monte no final do reservatório intermediário; (d) Imagem de satélite da VGX (set/2023).

Fonte: Elaborada pelos autores.

## 2.2 Conjunto de dados e processamento

Para caracterizar a dinâmica do alagamento e dos ambientes alagáveis da VGX, e comparar condições atuais e passadas do rio, foram usados diversos conjuntos de dados.

A estação fluviométrica principal utilizada para levantar dados hidrológicos foi a estação ANA 18850000, no município de Altamira (Figura 1b). Os dados foram baixados do portal Hidroweb e abrangem 30 anos de cotas e fluxo do rio Xingu, permitindo analisar sua variação hidrológica ao longo do tempo.

Para identificar categorias de paisagem e mudanças no uso do solo antes e depois de Belo Monte, aplicaram-se seis classificadores – Mínima Distância (MD), Distância de Mahalanobis (MH), Máxima Verossimilhança (ML), Rede Neural (NN), Floresta Aleatória (RF) e Máquina de Vetores de Suporte (SVM) – à duas imagens multiespectrais corrigidas (Landsat 7 de 05/2000 e Landsat 8 de 07/2017). As classificações foram comparadas pixel a pixel, calculando diferenças de área e trajetórias de mudança para identificar os ambientes mais alterados entre os períodos pré e pós-CHBM.

Para calcular as áreas alagáveis e identificar habitats sensíveis ao CHBM, utilizou-se o conjunto de dados Global Surface Water (GSW), do Programa Copernicus. Esse banco mapeia a distribuição e dinâmica das superfícies de água nas últimas quatro décadas (Pekel *et al.*, 2016). No Google Earth Engine (GEE), foram gerados mapas anuais de sazonalidade da água para representar a dinâmica intra-anual e a extensão das áreas alagáveis na VGX.

Entre 7 e 14 de novembro de 2021, foi realizada uma campanha de campo na VGX para captar imagens em alta resolução com aeronave remotamente pilotada (ARP), visando detalhar os principais ambientes alagáveis identificados nos mapas de uso e

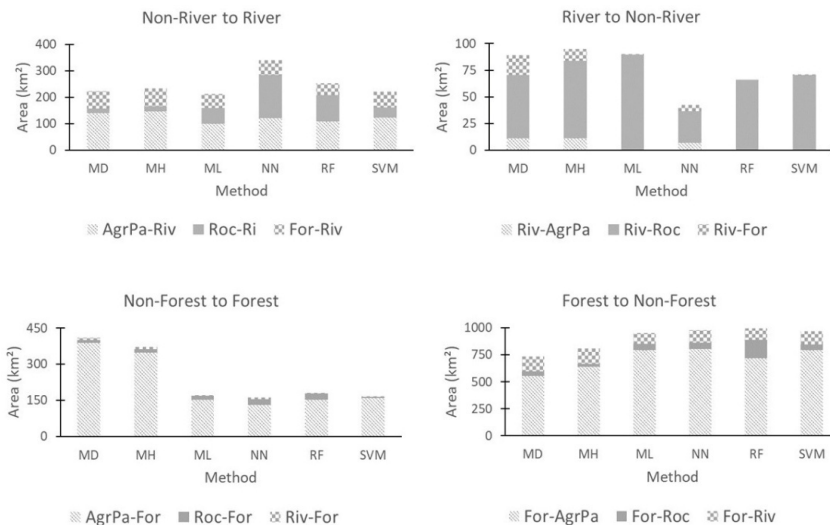
ocupação do solo. Foram executadas 37 missões, gerando ortofotos e modelos 3D via técnica *Structure-from-Motion Multi View Stereo* (SfM-MVS). Esses produtos permitiram caracterizar com precisão ambientes alagáveis pouco descritos na literatura.

Foram utilizados dados de altimetria dos satélites ICESat e ICESat-2 para determinar a altura da superfície da água em quatro áreas na VGX. As informações, obtidas no portal *Open Altimetry*, referem-se ao produto GLAH06 (2003–2009, pré-CHBM) e ATL13 (2018–2022, pós-CHBM). Após validação com dados *in situ* e remoção de *outliers*, aplicaram-se análises estatísticas (Pearson, Kruskal-Wallis e post-hoc) para avaliar a relação entre altura da água, extensão das áreas alagadas e os impactos do CHBM.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Transformações da paisagem por análises de uso e ocupação do solo

O projeto de Belo Monte previa desviar 42% do Rio Xingu e remover 24% das florestas locais (Eletrobrás, 2009). Este estudo confirmou essas mudanças: observou-se a conversão de trechos do rio em não-rio, a jusante da barragem de Pimental, e de floresta em não-floresta nas margens dos reservatórios, especialmente no reservatório secundário (Figura 3 e Figura 4), em todos os classificadores testados. A montante de Pimental, houve aumento da área de água devido ao reservatório (Fig. 4, a direita), transformando o ambiente lótico em lântico, com impactos sobre a qualidade da água e a biodiversidade.



**Figura 3** - Trajetórias de transformação do uso do solo entre 2000 e 2017 para cada classificador testado. Acima: conversões entre não-rio e rio, e entre rio e não-rio. Abaixo: conversões entre não-floresta e floresta, e entre floresta e não-floresta. Trajetórias específicas: floresta para agropasto (For-AgrPa), floresta para pedrais (For-Roc), floresta para rio (For-Riv), agropasto para floresta (AgrPa-For), pedrais para floresta (Roc-For) e rio para floresta (Riv-For).

Fonte: Elaborada pelos autores.

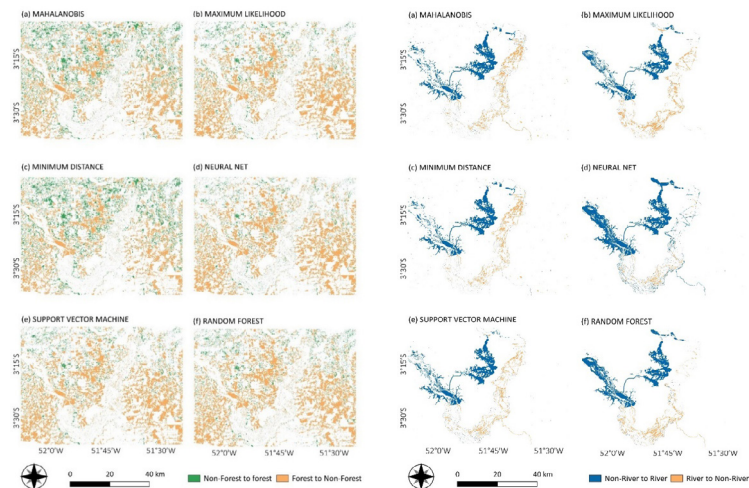


Figura 4 - Mapa representando as mudanças de uso e ocupação do solo na VGX entre floresta e não-floresta (a esquerda) e de rio para não-rio (a direita), entre 2000 e 2017, para os seis classificadores testados neste estudo.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Um dos principais impactos foi a conversão de áreas de rio para não-rio (Figura 3, anterior) no sul da VGX (Figura 4, à direita identificada por todos os seis classificadores e corroborada pelos dados da GSW (Figura 5). O desvio do curso do rio expôs os pedrais, como evidenciam as figuras 3 (acima), 4 (a direita) e 5.

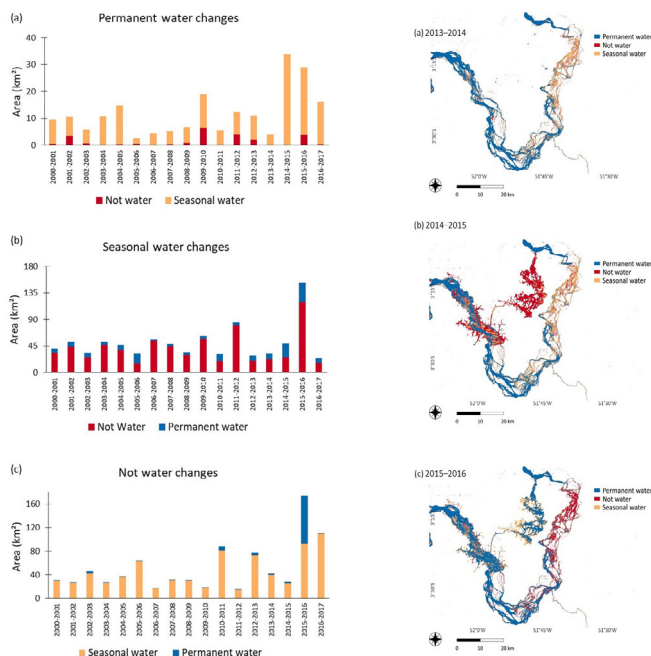


Figura 5 - Mudanças na superfície da água na VGX.

Fonte: Elaborada pelos autores.

A Figura 5 (à direita) mostra que grande parte da região leste da VGX, dominada por pedrais, foi convertida de água permanente para água sazonal (laranja) e, sobretudo, para áreas não-água (vermelho), como solo, rocha ou vegetação. Esse padrão de exposição dos pedrais foi confirmado por todos os algoritmos de classificação.

A Figura 5 (à esquerda), confirma que o padrão hidrológico da VGX foi profundamente alterado entre 2014-2015, com o início do desvio do rio, e 2015-2016, quando ele foi concluído. Destaca-se, na Fig. 5b (à esquerda) a conversão preocupante de extensas áreas de água sazonal, dependentes do pulso de inundação, em não-água logo após a conclusão da barragem, indicando a interrupção do pulso natural. Por outro lado, a Fig. 5c (à esquerda), mostra o efeito do enchimento dos reservatórios, com áreas antes classificadas como não-água passando a ser água sazonal ou permanente, padrão também visível nos três mapas da Fig. 5 (à direita), que ilustram a formação do reservatório ao longo dos anos.

A exposição dos pedrais ameaça a biodiversidade adaptada a esse ambiente, como a vegetação dos pedrais, que depende dos pulsos de inundação para manter sua produtividade (Junk *et al.*, 2013). A mortalidade em massa de peixes registrada em 2015-2016, amplamente documentada na literatura e na mídia (Pezzuti *et al.*, 2018; Zuanon *et al.*, 2019) está diretamente associada à interrupção do fluxo migratório e à perda de áreas de desova e alimentação, que deixaram de ser inundadas (Zuanon *et al.*, 2019; Fearnside, 2021). Além disso, a ausência de alagamentos comprometeu a qualidade nutricional dos peixes sobreviventes (Pezzuti *et al.*, 2018; Zuanon *et al.*, 2019). Esses eventos acendem um alerta sobre os impactos do novo regime hidrológico imposto ao Xingu após o represamento.

### 3.2 Caracterização dos ambientes alagáveis da VGX

Das 37 missões de voo realizadas no campo, 9 foram selecionadas para este estudo e estão disponíveis em <https://skfb.ly/oILVp>, onde podem ser visualizados os modelos 3D dos principais ambientes da VGX. A coleção completa com as 37 ortofotos georreferenciadas e modelos 3D está em <https://doi.org/10.5281/zenodo.8251029>.

A Tabela 1 a seguir é um resumo dos principais ambientes alagáveis da VGX detectados através dos voos por ARP. Ela apresenta uma descrição concisa dos ambientes da Fig. 6, seus nomes locais e sua sazonalidade de acordo com o pulso de inundação.

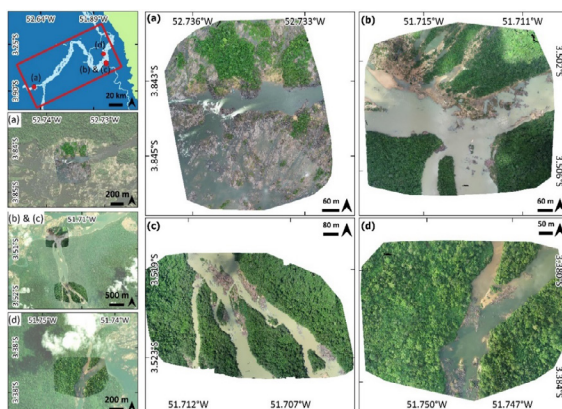
**Tabela 1** - Ambientes sazonalmente alagáveis da VGX detectados pelas imagens de alta resolução resultantes de voos de ARP

Ambiente	Nome local	Descrição	Época da cheia
Afloramentos rochosos	Pedral	Largas e contínuas extensões de rochas no leito do rio	Seca

Vegetação associada aos afloramentos rochosos	Saroba/ Sarobal	Área de rochas e praias de areia grossa, com árvores baixas e arbustos dispersos, além de muitas árvores frutíferas. Durante o inverno, fica submersa. Trata-se de uma forma de Floresta Ombrófila Densa.	Seca e cheia
Baixios	Sequeiro	Área rasa ou seca com rochas intercaladas e pequenos trechos de praia e pequenos cursos d'água.	Seca e cheia
Borda das ilhas	Beiradão	Parte da margem da ilha onde a floresta, tipicamente densa e com cipós, encontra a margem do rio.	Seca e cheia
Florestas de restinga	Restinga	Pequena área elevada em ilhas propensas a inundações que demora mais para ser coberta pela água.	Cheia
Quedas d'água	Cachoeira	Área relativamente extensa com muitas rochas, onde a água flui com muita força, tornando a navegação difícil e perigosa. Existem cachoeiras que formam cascatas.	Seca e cheia
Ilhas	Ilha	Porção de terra com floresta cercada por água na seca. Na cheia, algumas ilhas podem ficar cobertas por água, com apenas a vegetação exposta.	Seca e cheia
Florestas de igapó	Igapó	Floresta aberta alagada localizada nas margens do rio e dentro das ilhas quando inundadas. É a principal forma de Floresta Ombrófila Densa Aluvial.	Cheia
Igapós de terras baixas	Baixão	Área antes ocupada pelo igapó na estação úmida. Corresponde a uma forma de Floresta Ombrófila Densa Aluvial.	Seca

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os ambientes sazonalmente alagáveis da VGX descritos aqui não são inéditos e paisagens similares já foram identificadas em outros rios amazônicos, como os rios Negro e Madeira. O que diferencia o rio Xingu é o fato de ser um rio de água clara, com baixa carga de sedimentos, além da presença de corredeiras, cachoeiras e declives (1,2m/km), formados por canais anastomosados e ilhas aluviais.



**Figura 6** - Ecossistemas sazonalmente alagáveis da VGX: (a) Sarobal, sequeiro e cachoeira; (b) Beiradão e florestas de restinga em bancos de areia; (c) Baixão; (d) Floresta alagada de igapó na margem de uma ilha.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Embora haja boas análises da vegetação alagável da bacia do Xingu (Salomão *et al.*, 2007; Cunha, 2009), até este estudo eram escassas as descrições, definições e representações visuais das áreas sazonalmente alagáveis, sobretudo sob a ótica geomorfológica e da paisagem.

Embora a vegetação aluvial seja comumente associada às áreas sazonalmente alagáveis da VGX, esses ambientes também possuem características geomorfológicas e funções socioambientais relevantes. Comunidades tradicionais, como indígenas e ribeirinhos, possuem denominações e usos próprios para esses locais, muitas vezes distintos do conhecimento técnico. A falta de compreensão sobre essas classificações pode levar a uma gestão ambiental inadequada. Por isso, este estudo buscou classificar e descrever esses ambientes a partir da percepção das populações tradicionais, adotando uma abordagem regionalizada, em contraste com a visão macroscópica predominante na literatura técnica.

### 3.3 Determinação da altura da superfície da água por altimetria satelital

A análise dos dados hidrológicos da estação da ANA em Altamira revelou as taxas máximas, médias e mínimas de fluxo anual (Figura 7), demonstrando padrões bem definidos de pulsos de inundação e secas.

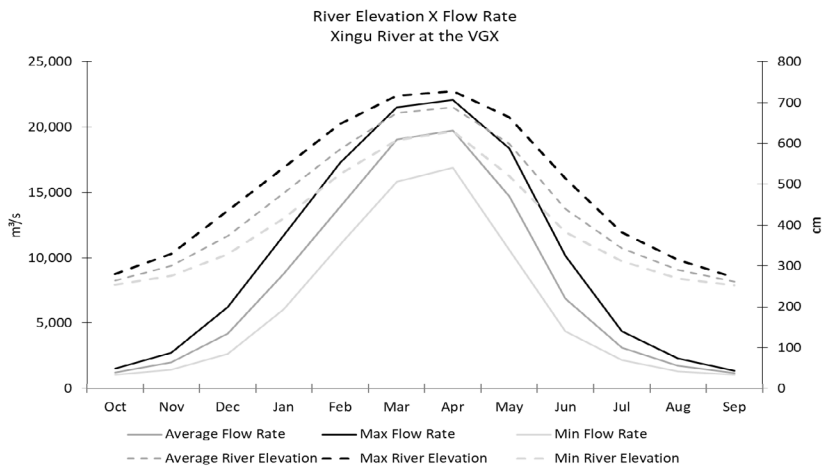


Figura 7 - Máximas, médias e mínimas das cotas e do fluxo do Rio Xingu entre 1972-2015 (ANA 18850000).

Fonte: Elaborada pelos autores.

Ao serem integrados aos dados de extensão do alagamento (Figura 8), esses dados serviram como linha de base para comparar com a altimetria por satélite. Isso permitiu avaliar a correlação entre a extensão da área alagada e a altura da lâmina d'água, entender o padrão de exposição dos ambientes alagáveis, especialmente após a construção do empreendimento, e verificar possíveis variações na altura da água antes e depois da CHBM.

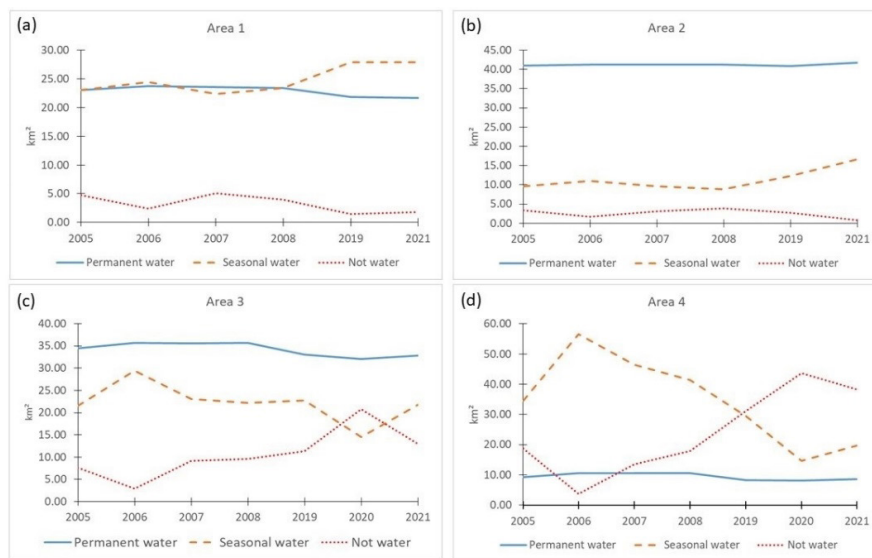


Figura 8 - Gráficos da extensão de alagamento da superfície da água nas 4 áreas teste na VGX.

Fonte: Elaborada pelos autores.

A análise estatística dos dados de altimetria por satélite confirmou que a altura da superfície da água varia ao longo do tempo. Contudo, além das diferenças entre os períodos antes (2005-2008) e depois (2019-2021) da construção do CHBM, também foram observadas variações dentro de cada série temporal.

Esperava-se que o aumento das áreas não alagadas e a conversão de águas permanentes em sazonais resultassem na redução da elevação da superfície da água, ou seja, que ela se tornasse mais rasa em relação ao período pré-CHBM. Presumia-se, portanto, que após o represamento haveria um padrão altimétrico distinto, inexistente antes da obra. No entanto, essa hipótese não se confirmou na análise.

Não houve evidências conclusivas de que as variações anuais na altura da superfície da água estejam diretamente associadas às flutuações na extensão da área alagada ou sejam exclusivamente atribuíveis ao CHBM. Esse resultado, porém, não é inédito na bacia amazônica. Frappart *et al.* (2005), ao usar altimetria na planície de inundação do rio Negro, também não identificaram relação direta entre o volume de água e a extensão da área alagada.

Esses resultados podem refletir limitações metodológicas, como a baixa frequência dos dados de altimetria por satélite na escala necessária para captar os pulsos de inundação. Mitigar essas limitações exige incorporar observações intra-anuais e construir um banco de dados consistente, com medições em intervalos adequados ao longo do VGX. Assim, os resultados deste estudo se assemelham a 'fotografias' no tempo, que mostram tendências antes e depois do CHBM, mas não uma evolução contínua da dinâmica sazonal de inundação.

Embora não tenha sido possível confirmar uma relação direta entre a altura da superfície da água e a extensão da inundação, nem atribuir exclusivamente ao CHBM as variações altimétricas, os dados indicam alterações na dinâmica da inundação ao longo dos anos. Essas mudanças podem resultar tanto dos impactos do complexo hidrelétrico quanto de anomalias climáticas e do desvio de água para usos como a agricultura.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo demonstrou o potencial do sensoriamento remoto para analisar as transformações na VGX após o CHBM e caracterizar sua hidrodinâmica em comparação ao período prévio. Além disso, permitiu um mapeamento de alta resolução dos ecossistemas alagáveis afetados, com detalhada modelagem espacial e descrição desses habitats.

As principais mudanças detectadas foram a conversão de áreas florestais em áreas fluviais, de áreas permanentemente submersas em sazonalmente alagáveis, e de áreas sazonalmente alagáveis em áreas permanentemente emersas, expondo os pedrais. Essas alterações estão diretamente ligadas à construção dos reservatórios do CHBM, evidenciando a sensibilidade desses ambientes e a necessidade de monitoramento contínuo.

Embora não tenha sido estabelecida correlação direta entre a elevação da água, a extensão das áreas alagadas e o CHBM, o estudo mostrou que a elevação da água tem variado ao longo do tempo. Isso reforça a importância de monitorar impactos antropogênicos em ambientes frágeis como a VGX e a necessidade de estratégias de gestão sustentável, ainda insuficientes na região.

A principal contribuição original desta pesquisa foi a combinação de sensoriamento remoto, modelagem espacial e medições hidrológicas, oferecendo uma visão abrangente da VGX e permitindo uma análise detalhada das mudanças, especialmente em comparação ao período pré-CHBM.

Para pesquisas futuras, recomenda-se ampliar o uso de sensoriamento remoto, incluindo mais satélites e sensores como LiDAR e Laser Scanner Terrestre, além de aprimorar as metodologias. Espera-se que este estudo sirva como base para futuras investigações da VGX e dos ecossistemas sazonalmente alagáveis da Amazônia.

#### REFERÊNCIAS

- ARCHER, A. W. Review of Amazonian depositional systems. *Spec. Publ. int. Ass. Sediment*, v. 35, pp. 17-39, 2005.
- ASSAHIRA, C. *A relação entre a usina hidroelétrica de Balbina e a morte de árvores de *Macrobium acaciifolium* Benth. (Fabaceae) nas florestas alagáveis a jusante do Rio Uatumã, Amazônia Central*. Dissertação (Mestrado) – INPA. Manaus: INPA, 2014.
- AYRES, J. M. *As matas de várzea do Mamirauá: Médio Rio Solimões*. Brasília: CNPQ, 1995.

- CUNHA, D. D. A. *Análise da paisagem e estrutura das comunidades vegetais das formações pioneiras do Baixo Xingu, Pará*. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Rural da Amazônia. Museu Paraense Emílio Goeldi, 2009.
- ELETROBRÁS. *Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) - Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte*. Brasília, Brasil.
- FEARNSIDE, P. Brazil's Belo Monte Dam: Struggle for the Volta Grande Enters a New Phase (Commentary). *Mongabay*. 2021. Disponível em: <https://news.mongabay.com/2021/06/brazils-belo-monte-dam-struggle-for-the-volta-grande-enters-a-new-phase-commentary/>. Acesso em: 29 abr. 2022.
- COSTA, B. B. S. *et al.* Licenciamento ambiental no Brasil sobre usinas hidrelétricas: um estudo de caso da usina de Belo Monte, No Rio Xingu. *Cadernos de Graduação*, v. 1, n. 15, p. 19–33, 2012.
- FERREIRA, L. V. O uso de análise de lacunas e paisagens para a identificação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade no bioma Amazônia. In: *Anais do 54º Congresso Nacional de Botânica*. Museu Paraense Emílio Goeldi, 2003, p. 143-144.
- FRAPPART, F. *et al.* Floodplain water storage in the Negro River Basin estimated from microwave remote sensing of inundation area and water levels. *Remote Sensing of Environment*, v. 99, n. 4, 2005. DOI: 10.1016/j.rse.2005.08.016
- JUNK, W.J. *et al.* Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v. 24, p. 5-22, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/aqc.2386>.
- LATRUBESSE, E. M.; FRANZINELLI, E. The late quaternary evolution of the Negro River, Amazon, Brazil: implications for island and floodplain formation in large anabranching tropical systems. *Geomorphology*, v. 3, p. 372-392, 2005.
- LATRUBESSE, E. M. *et al.* Damming the rivers of the Amazon basin. *Nature*, v. 546, p. 363-369, 15 de junho de 2017. DOI: 10.1038/nature22333.
- PEKEL, J.-F. *et al.* High-Resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, v. 540, p. 418-422, 2016. DOI: 10.1038/nature20584.
- PEZZUTI, J. *et al.* *Xingu, o Rio que Pulsa em Nós: monitoramento independente para registro de impactos da UHE Belo Monte no território e no modo de vida do povo Juruna (Yudjá) da Volta Grande do Xingu*. 1. ed. Altamira (Pará): Instituto Socioambiental, 2018.
- SALOMÃO, R. D. *et al.* As Florestas de Belo Monte na grande curva do rio Xingu, Amazônia Oriental. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais*, v. 2, n. 3, p. 57–153, 2007.
- SARTORELLI, P. A. R. (Ed.). *Plantas dos povos da Volta Grande do Xingu*. Baobá Florestal, 2018.
- SAWAKUCHI, A. O. *et al.* The Volta Grande Do Xingu: reconstruction of past environments and forecasting of future scenarios of a unique amazonian fluvial landscape. *Scientific Drilling*, v. 20, p. 21–32, 2015.

SEVÁ FILHO, O. Povos indígenas, as cidades, e os beiradeiros do rio Xingu que a empresa de eletricidade insiste em barrar. In: SEVÁ FILHO, O.; SWITKES, G. (Ed.). *Tenotã-Mô: Alertas sobre as consequências dos projetos hidroelétricos no rio Xingu*. 1. ed., pp. 29-54. International Rivers Network, 2005. Disponível em: [http://www.fem.unicamp.br/~seva/Tenota-Mo\\_caps1a3\\_pag92.pdf](http://www.fem.unicamp.br/~seva/Tenota-Mo_caps1a3_pag92.pdf).

ZUANON, J. *et al.* Condições para a manutenção da dinâmica sazonal de inundação, a conservação do ecossistema aquático e manutenção dos modos de vida dos povos da volta grande Do Xingu. *Papers do NAEA*, v. 28, n. 2, 2019.



# Incorporação da biodiversidade na avaliação de impacto ambiental: contribuição para estudos sobre efetividade

*Rossana Borioni  
Luiz Henrique Sanchez*

## **Resumo**

A efetividade da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) pode ser analisada sob diferentes dimensões. A emergência do problema da depleção da biodiversidade em nível global e a consequente afirmação da Convenção da Diversidade Biológica (CDB), introduziram novos desafios a efetividade da AIA. Este texto tem o objetivo de avaliar em que extensão a AIA de projetos submetidos ao licenciamento ambiental federal no Brasil incorpora a abordagem ecossistêmica, que fundamenta a CDB. Com essa finalidade, foi elaborado um quadro de análise para explorar três dimensões da efetividade a partir de perguntas orientadoras que emanam da abordagem ecossistêmica. O modelo foi aplicado a oito casos selecionados de projetos sujeitos à AIA. Evidenciou-se que o modelo foi eficaz para apontar deficiências que indicam um grau elevado de afastamento da abordagem ecossistêmica nos casos analisados.

**Palavras-chave:** Biodiversidade; Abordagem Ecossistêmica; Avaliação de Impacto Ambiental; Efetividade.

## 1. INTRODUÇÃO

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é internacionalmente reconhecida como instrumento de política pública que possibilita avaliar *ex ante*, e comunicar aos tomadores de decisão e ao público, as implicações ambientais de uma proposta de desenvolvimento que possa causar efeitos socioambientais significativos (Bond *et al.*, 2020). No Brasil, foi introduzida pela Lei 6938 / 1981 (Brasil, 1981) da Política Nacional do Meio Ambiente. Além de prevenir possíveis efeitos adversos das atividades humanas, a AIA desempenha um papel significativo na obtenção de benefícios ambientais que, ao ir além da mitigação, contribuem com ganhos líquidos para o ambiente (Rajvanshi *et al.*, 2011).

A ampliação da gama de preocupações com as questões ambientais a partir dos anos de 1980 trouxe o problema da depleção da biodiversidade, pautado por evidências científicas (Cardinale *et al.*, 2012; Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2019) e agravado pela ação sinérgica das mudanças climáticas.

Em seu artigo 14, a CDB recomenda às partes o estabelecimento de mecanismos para exigir a AIA em projetos que “[...] possam ter sensíveis efeitos adversos sobre a diversidade biológica [...]” (Convention On Biological Diversity, 1992). Assim, tornou-se um importante instrumento para a inclusão da biodiversidade nas decisões sobre projetos de desenvolvimento (De Witt *et al.*, 2019). Entretanto, essa inclusão demanda adequações no instrumento para a internalização de conceitos, métodos e técnicas que possibilitem o acolhimento dos múltiplos aspectos que caracterizam o referencial oferecido pela CDB:

[...] Diversidade biológica significa a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas” (Artigo 2 da Convention on Biological Diversity, 1992).

O Brasil, como país membro, ratificou a convenção e instituiu a Política Nacional de Biodiversidade (PNB), que inseriu a avaliação de impacto como um de seus componentes. Os princípios da abordagem ecossistêmica (CDB, 2004), que constituem o fundamento teórico da CDB, oferecem, assim, a oportunidade para a revisão do sistema de AIA no Brasil, particularmente quanto à efetividade da incorporação de questões relativas à biodiversidade. Estabeleceu-se como objetivo geral avaliar em que extensão a biodiversidade é incorporada na AIA em casos de Licenciamento Ambiental Federal, utilizando, para isso, um quadro conceitual construído com base em conceitos relativos à efetividade da AIA e nos princípios da abordagem ecossistêmica.

## 2. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A pesquisa foi desenvolvida em duas etapas, com utilização de fontes variadas para a obtenção de dados empíricos, utilizando-se métodos que dialogam com a pesquisa qualitativa. As etapas são as descritas a seguir.

### 1ª Etapa

Procedeu-se à construção de um quadro de análise, ou *framework*, com base em revisão da literatura científica nos campos de conhecimento da efetividade da AIA e da abordagem ecossistêmica, com 28 quesitos voltados à exploração da etapa do licenciamento que se estende até a emissão da Licença Prévia (LP), a qual atesta a viabilidade ambiental do projeto sob análise.

### 2ª Etapa

Aplicação do quadro análise em fontes documentais de oito casos de AIA do licenciamento federal, nomeadamente: Termos de Referência (TRs), Estudos de Impacto Ambiental (EIAs) e Licenças Prévias (LPs). Entrevistas semiestruturadas orientadas pelo quadro foram conduzidas com agentes públicos tomadores de decisão.

Os casos da pesquisa correspondem a obras de infraestrutura representativas dos principais tipos de empreendimento licenciados pelo Ibama, intencionalmente selecionados por serem potencialmente causadores de impactos significativos sobre biodiversidade (Tabela 1).

Tabela 1 – Projetos escolhidos para a aplicação do quadro referencial

Localização	Cod.	Nome do Empreendimento	Ano de emissão (TR)	Ano de emissão (LP)
Mato Grosso e Pará	UHE	Aproveitamento hidrelétrico São Manoel	2008	2013
Pará	MIN	Projeto Ferro Carajás Bloco D do Corpo S11	2009	2012
Tocantins e Bahia	FER1	Implantação da Ferrovia Oeste Leste (EF 334) entre Figueirópolis e Ilhéus	2009	2010
Mato Grosso e Goiás	ROD	Implantação e pavimentação da rodovia BR 080	2012	2018
Espírito Santo	POR	Porto Central	2012	2014
Amazonas e Roraima	LIT	Linha de Transmissão 500kv Engenheiro Lechuga - Equador - Boa vista e subestações associadas	2012	2015

Localização	Cod.	Nome do Empreendimento	Ano de emissão (TR)	Ano de emissão (LP)
Mato Grosso e Pará	FER 2	Infraestrutura Ferroviária EF 170 Trecho Lucas do Rio Verde a Itaituba	2017	suspenso
Bacia de Santos	PEG	Produção de óleo e gás no campo de Bacalhau	2019	2022

Fonte: Ibama - Sistema Eletrônico de Informações. UHE (Usina Hidrelétrica); MIN (Mineração); FER (Ferrovia); ROD (rodovia); POR (Porto marítimo); LIT (Linha de Transmissão); PEG (Produção de petróleo e gás).

O rastreamento dos termos biodiversidade e diversidade biológica foi realizado com utilização do software específico para análise de conteúdo. As entrevistas foram conduzidas com analistas ambientais com cargos de coordenação.

### 3. ABORDAGEM ECOSISTÊMICA E IMPLICAÇÕES PARA A AIA

Abordagens ecossistêmicas se destacam na literatura acadêmica desde os anos de 1950 (Waylen *et al.*, 2014) para se referir a diferentes formas de gestão ambiental. Tais formas inovam em relação às tradicionais por assumirem que a conservação da biodiversidade se beneficia do manejo baseado em interações, processos e funções ecossistêmicos, mais do que de programas voltados a conservar espécies ou habitats isolados (Van Der Biest *et al.*, 2020).

Fundamentalmente, as abordagens ecossistêmicas implicam o reconhecimento da natureza dinâmica e complexa dos ecossistemas. A complexidade está relacionada ao seu comportamento não determinístico e mutável ao longo do tempo (Key; Schneider, 1994), com processos, funções e resiliência inextricavelmente ligados à biodiversidade (Van Der Biest *et al.*, 2020). A abordagem ecossistêmica adotada pela CDB consiste em uma estratégia para promover desenvolvimento econômico e bem-estar social com sustentabilidade ambiental. Isso implica o reconhecimento da gestão dos ecossistemas como um processo social, que envolve interesses dos mais diversos, inclusive numa perspectiva econômica.

Em razão de dificuldades para a operacionalização da abordagem ecossistêmica, a Conferência das Partes da CDB aprovou doze princípios, conhecidos como “Princípios de Malawi” (Quadro 1) que fornecem o arcabouço conceitual das diretrizes da CDB para a AIA (CDB, 2004).

Quadro 1 - A AIA segundo uma abordagem ecossistêmica

Princípio	Descrição
1	Participação pública desde as etapas iniciais da AIA e processo realizado com transparência.
2	Realização da AIA no nível adequado de competência, que possibilite a maior aproximação dos tomadores de decisão às comunidades afetadas e demais setores envolvidos

Princípio	Descrição
3	A avaliação dos potenciais impactos significativos deve considerar os efeitos sobre habitats e espécies próximas e distantes dos locais de intervenção. Considerar os impactos diretos, indiretos e cumulativos.
4	Considerar os efeitos sobre os usos efetivos e potenciais dos habitats, os valores associados e as consequentes medidas de mitigação e compensação
5	Considerar a manutenção da estrutura e funções ecossistêmicas, pela conservação ou restauração, para a manutenção da biodiversidade em longo prazo
6	Ao considerar os limites no âmbito dos quais se mantêm as funções ecossistêmicas, adotar uma abordagem precaucionária diante de incertezas científicas
7	Considerar as escalas temporais e espaciais adequadas às diferentes questões envolvidas na AIA
8	Adotar uma perspectiva de longo prazo para a avaliação dos possíveis impactos, se adequada ao projeto.
9	Adotar uma gestão adaptativa para implementar os programas ambientais relativos ao monitoramento dos impactos sobre a biodiversidade e à restauração e conservação de processos e funções ecossistêmicos
10	Considerar a manutenção da conectividade entre áreas protegidas e não protegidas
11	Considerar todas as possíveis fontes de informação que podem contribuir para aumentar conhecimentos sobre como os ecossistemas poderão ser afetados.
12	Adotar medidas para garantir a efetiva participação dos possíveis setores sociais envolvidos, incluindo a comunidade científica.

Fonte: Elaborado pelos autores com base em CDB (2004) e Wawrzycezek *et al.* (2018).

As diretrizes da CDB para AIA fundamentam-se nos princípios de Malawi e, ainda: no princípio da não admissibilidade de perdas líquidas de biodiversidade; no princípio da precaução, o qual intervém para que a complexidade das situações ambientais sejam enfrentadas por posturas antecipatórias, condicionando-se as atividades a medidas de proteção ambiental e a adoção do pior cenário (COONEY, 2003); na participação pública e das diversas motivações para a conservação, junto com o conhecimento local, tradicional e indígena, além do científico.

#### 4. DIMENSÕES DA EFETIVIDADE DA AIA

Aplicada à AIA, a efetividade vem sendo abordada na literatura com diferentes enfoques teóricos (POPE *et al.*, 2013). Substancialmente é vista como uma qualidade que se relaciona com o alcance dos objetivos para os quais a avaliação ambiental foi proposta e a sua condução nos termos esperados (Cashmore *et al.*, 2004).

Inicialmente limitada às dimensões procedimental, substantiva e da eficiência, relativa ao alcance dos resultados esperados com custos mínimos (Sadler, 1996), o campo de conhecimento da efetividade expandiu-se para abarcar outras dimensões, influenciado pela afirmação de ideias construtivistas no pensamento científico, que possibilitaram uma revisão das premissas originais racionalistas da AIA (Cashmore; Bond; Sadler, 2009). Conceitos da teoria da ação comunicativa de Habermas influenciaram, por sua vez, o surgimento de modelos mais colaborativos e participativos (Morgan, 2012). Assim, outras vieram a ser consideradas, como: normativa (Bond; Pope; Morrison-Suanders, 2015); pluralista (Bond; Morrison-Suanders, 2013); relativa ao conhecimento (Pope *et al.*, 2018); e transformativa (Loomis; Bond; Dziedzic, 2022).

Novas indagações surgiram com a emergência do problema da depleção de biodiversidade, a qual passou a ser um tema específico no campo de conhecimento da efetividade da AIA. Para avaliar sua incorporação no processo, diferentes indicadores foram propostos em trabalhos científicos: a clareza no tratamento dos impactos sobre a biodiversidade (Atkinson *et al.* 2001); sondagens de percepção dos praticantes da AIA (Swanepoel *et al.*, 2019); verificação do atendimento a normas ou posturas nacionais quanto à biodiversidade (Drayson; Wood; Thompson, 2017; Gannon *et al.* 2021); análise dos discursos e representação da biodiversidade (Hugé *et al.*, 2017); e compensação ambiental (De Witt *et al.*, 2019)

Hugé *et al.* (2017) propuseram um *framework* que considera três dimensões: conceitual, da representação e o contexto da tomada de decisão. A análise segundo as três dimensões objetiva a exploração de uma ampla gama de questões que intervêm nas avaliações ambientais, ao mesmo tempo em que possibilita detectar interrelações entre os discursos dos atores envolvidos e seus reflexos na representação do tema biodiversidade na AIA e na tomada de decisão. A incorporação da biodiversidade segundo a abordagem ecossistêmica envolve o compartilhamento, entre os atores da AIA, de conceitos e princípios. Dessa forma, a análise dos discursos e das formas de representação, e seus reflexos na tomada de decisão, podem fornecer um quadro mais nítido da incorporação da biodiversidade na AIA.

## 5. QUADRO DE ANÁLISE

O framework proposto por Hugé *et al.* (2017) forneceu a base conceitual para a construção do quadro de análise utilizado nessa pesquisa, representado esquematicamente na figura 1.

- Dimensão conceitual ou dos discursos, relativa às concepções de biodiversidade compartilhadas (Hugé *et al.*, 2017).
- Dimensão da Representação, relativa às formas de operacionalização para a finalidade da AIA.

- Dimensão da Tomada de decisão, relativa à influência de questões relativas à biodiversidade na decisão sobre a viabilidade ambiental do projeto em análise.

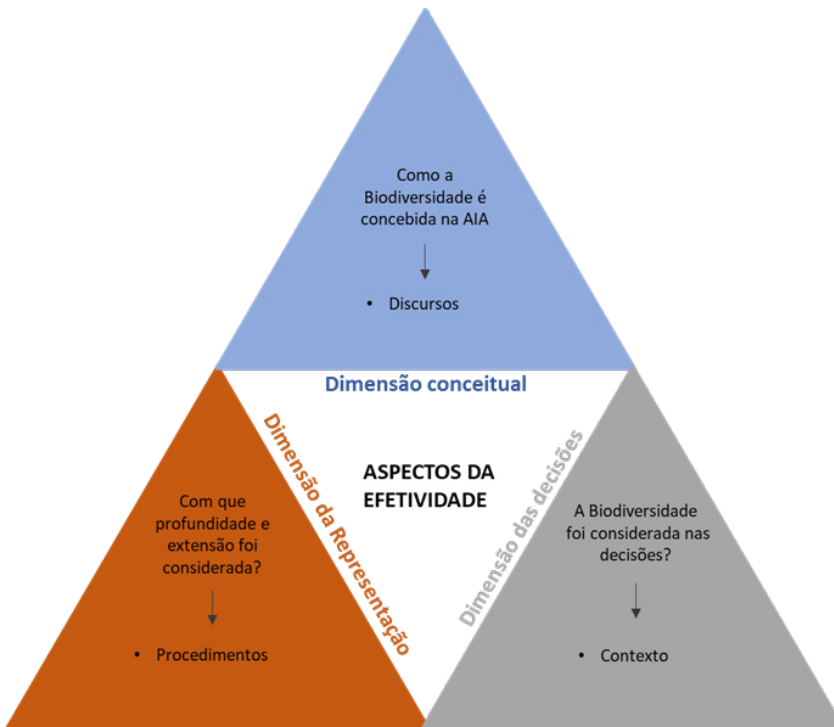


Figura 1 – Estrutura conceitual do quadro de análise.

Fonte: Elaborado pelos autores com inspiração em Hugé *et al.* (2017) e Pope *et al.* (2017).

As três dimensões delimitaram o âmbito no qual foram aplicados os quesitos, fundamentados na abordagem ecossistêmica (Quadro 2)

Quadro 2 - Dimensões, quesitos e fontes de dados do quadro de análise

Dimen.	Indicadores	Fonte
Conceitual	1. Em que contexto discursivo as palavras biodiversidade e diversidade biológica foram utilizadas no EIA? 2. Em que contexto discursivo foram utilizadas nos Termos de Referência? 3. Do ponto de vista institucional, as diretrizes da CDB são conhecidas e aplicadas?	EIA, TR e entrevistas
Representação	4. As comunidades afetadas foram identificadas no início da AIA? 5. Foram feitas considerações acerca do atendimento das resoluções do Conabio? 6. Foram exigidas a delimitação e caracterização das áreas protegidas?	EIA

Dimen.	Indicadores	Fonte
Representação	<p>7. Foram feitas considerações acerca das convenções internacionais (Convenção de Ramsar, das espécies migratórias e de combate à desertificação)?</p> <p>8. Contém orientações em relação à sazonalidade e abrangência geográfica para os levantamentos de dados primários?</p> <p>9. Contém orientações para identificar impactos nos três atributos da biodiversidade (composição, estrutura e processos)?</p> <p>10. Contém orientações para identificar possíveis impactos nos três níveis de organização biológica (genético, das espécies e dos ecossistemas)?</p> <p>11. Foi recomendada a identificação dos habitats e de suas variações sazonais?</p> <p>12. Foi recomendada a identificação de espécies-chave?</p> <p>13. Foi recomendada a identificação de componentes da biodiversidade de valor para as comunidades locais?</p> <p>14. Foram descritos os impactos significativos sobre a biodiversidade?</p> <p>15. Na seleção das alternativas, a biodiversidade foi considerada?</p> <p>16. Houve alguma forma de participação das comunidades locais, tradicionais e indígenas?</p> <p>17. A cumulatividade dos impactos foi claramente conceituada e identificada?</p> <p>18. Foram considerados os impactos sobre a biodiversidade decorrentes de mudanças socioeconômicas e físicas provocadas pelo empreendimento?</p> <p>19. Foram considerados os impactos sobre os três atributos da biodiversidade (composição, estrutura e processos)?</p> <p>20. Foram consideradas diferentes escalas de análise?</p> <p>21. A magnitude dos impactos foi avaliada qualitativamente e quantitativamente?</p> <p>22. A avaliação da significância foi realizada com base em uma ampla gama de questões de stakeholders?</p> <p>23. As incertezas em relação aos impactos foram apontadas?</p> <p>24. A descrição sintética dos potenciais impactos exprime com clareza o elemento afetado, o fato gerador e a direção?</p>	EIA
Decisão	<p>25. O princípio da precaução é considerado na tomada de decisão?</p> <p>26. A perda líquida de biodiversidade foi considerada para a compensação?</p> <p>27. Questões sobre biodiversidade são consideradas na tomada de decisão?</p> <p>28. A Licença Prévia foi aprovada com lacunas de conhecimento sobre a biodiversidade?</p>	Entrevistas e Licenças Prévias

Fonte: Adaptado de Atkinson *et al.* (2001); Drayson; Wood; Thompson (2015); Khera; Kumar (2010).

## 6. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO QUADRO DE ANÁLISE

Os resultados foram analisados inicialmente segundo cada dimensão, caso a caso, e posteriormente cruzados para uma síntese conclusiva.

## 6.1 Dimensão conceitual

Nos EIAs, as palavras biodiversidade e diversidade biológica, consideradas sinônimas na literatura especializada, foram utilizadas 144 vezes, com diferentes acepções e em diferentes capítulos. Nos glossários, foram identificadas acepções desde as mais abrangentes, que reproduzem a definição da CDB, até a mais restritiva, que se limita a defini-las como a variedade de espécies da fauna e da flora. Em alguns casos, biodiversidade e diversidade biológica foram tratados como conceitos distintos. Em 70 situações, nos demais capítulos, o conteúdo semântico foi genérico e inespecífico, mas, predominantemente, associável ao conceito de espécie. Foram identificados 22 contextos discursivos em que os termos foram utilizados, entre os quais se destacam citações referentes a áreas protegidas. Ambiguidades semânticas e dificilmente apreensíveis foram também observadas, como se percebe no seguinte excerto:

A UC contém um número significativo de espécies que constam na lista brasileira e na lista estadual de espécies ameaçadas de extinção, detém níveis significativos de biodiversidade, além de sustentar populações mínimas viáveis de espécies-chave [...].

O texto parece sugerir a exclusão das espécies e populações do conceito de biodiversidade. A falta de clareza impede a compreensão do significado que o autor pretendeu transmitir.

Dos TRs, excetuado o caso do Petróleo e Gás, depreendem-se discursos que se assemelham àqueles encontrados nos EIAs, com predominância de acepções relacionadas à diversidade de espécies. Essa situação não surpreende, uma vez que os Termos de Referência contêm, como o próprio nome indica, as especificações para a elaboração dos estudos. Os EIAs replicam, basicamente, os conceitos que aparecem de forma explícita ou implícita nos TRs.

Perguntados sobre os aspectos da biodiversidade ou do meio biótico que poderiam ser considerados no âmbito da AIA, os entrevistados referiram-se à composição de espécies da fauna e flora existentes nos locais possivelmente afetados.

Em síntese, a exploração da dimensão conceitual revelou a existência de diversas acepções da palavra biodiversidade, com predominância de significados que se relacionam à composição em espécies, mas sem evidências da existência de discursos ou significados compartilhados, nos termos sugeridos por Hugé *et al.* (2017), entre os agentes públicos e os especialistas que elaboram os EIAs. No entanto, os índices utilizados para a medição da biodiversidade evidenciam uma concepção equivalente à diversidade de espécies, com clara omissão da estrutura e dos processos ecossistêmicos, em contradição com algumas definições dos próprios glossários.

## 6.2 Dimensão da representação

Os resultados obtidos a partir da análise dos TRs são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Resultados obtidos na análise dos Termos de Referência

Quesitos para os Termos de Referência	Empreendimentos							
	2008	2009	2009	2012	2012	2012	2019	2021
	UHE	MIN	FER 1	ROD	POR	LIT	PET	FER 2
4 As comunidades afetadas foram identificadas no início do processo de AIA ?	n	n	n	n	n	n	n	n
5 Foram feitas considerações relativas ao atendimentos das resoluções da Comissão Nacional da Biodiversidade?	n	n	n	n	n	n	p	n
6 Foram citadas as convenções internacionais de que o Brasil é signatário?	n	p	n	n	p	n	p	n
7 Foi exigida a delimitação e caracterização das áreas protegidas?	s	s	s	s	s	s	s	s
8 Contém indicações para os levantamentos de dados primários em relação à sazonalidade e à abrangência geográfica?	s	n	p	p	n	n	n	s
9 Contém recomendações para a análise segundo diferentes atributos da biodiversidade (componentes, estrutura, processos)?	s	s	p	p	p	p	s	p
10 Contém recomendações para análises segundo os diferentes níveis (genética, espécies e ecossistemas)?	p	p	p	p	p	p	p	p
11 Foi recomendada a identificação dos habitats e de suas alterações sazonais?	p	n	p	p	p	n	p	p
12 Foi recomendada a identificação de espécies-chave?	n	n	n	n	n	s	s	n
13 Foi expressamente recomendada a identificação de componentes da biodiversidade de valor para as comunidades locais?	s	s	s	s	s	s	s	n
14 Foi destacado pelo menos um impacto significativo sobre a biodiversidade?	s	n	s	s	s	n	n	s

Fonte: Elaborado pelos autores (n= item não considerado no TR; s=considerado; p=parcialmente considerado).

Note-se que a identificação das populações afetadas não foi realizada nessa etapa, o que elide a participação dos conhecimentos locais e tradicionais e das diferentes percepções quanto ao projeto. O'Faircheallaigh (2010) argumenta que a participação pública precisa ser concebida sob diversas formas, ainda que tal participação possa suscitar questões relacionadas ao controle das decisões.

Os resultados para o quesito 5 indicam ampla omissão quanto à Política Nacional de Biodiversidade (PNB). O quesito foi considerado atendido somente no TR do Petróleo e Gás, o único a citar a definição de biodiversidade dada pela CDB.

Dentre as convenções internacionais relacionadas à biodiversidade (quesito 6) somente a Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies Silvestres da Flora e Fauna Ameaçadas de Extinção foi citada, apesar de diversos TRs incluírem tópicos para o diagnóstico relacionados ao mapeamento de áreas úmidas e a espécies migratórias, temas tratados em convenções internacionais.

Os resultados para o quesito 8 referem-se tão somente ao conteúdo dos TRs. Orientações mais precisas relacionadas ao quesito, em geral, constituem os planos de trabalho para a flora e a fauna, não analisados nessa pesquisa.

Em relação aos quesitos 9, 10 e 11 verificou-se que foram parcialmente atendidos na maioria dos casos, mas com predominância de exigências relativas à composição de espécies e, em menor grau, à estrutura.

O quesito 14 foi considerado atendido em cinco casos, embora por uma quantidade muito limitada de impactos sobre a biodiversidade, o que sugere a ausência de atividade sistemática preliminar para construir hipóteses sobre os possíveis impactos significativos ainda na etapa de definição do escopo, com já observado por Borioni, Gallardo e Sánchez (2017).

Nos EIAs repete-se o contexto observado nos TRs, em que nem todos os atributos da biodiversidade e nem diferentes escalas foram consideradas, mantendo-se a ênfase ao nível de espécies (Quadro 4).

Quadro 4 - Resultados obtidos na análise dos Estudos de Impacto Ambiental

Quesitos para os EIAs	Empreendimentos							
	2008	2009	2010	2012	2012	2012	2019	2021
	UHE	MIN	FER 1	ROD	POR	LIT	PET	FER 2
15 Na seleção das alternativas a biodiversidade foi considerada?	s	s	s	s	s	s	n	s
16 Houve participação, de alguma forma das comunidades locais, tradicionais ou indígenas?	s	s	s	n	s	s	n	n
17 A cumulatividade dos impactos foi claramente definida?	s	n	n	n	n	s	s	n
18 Foram considerados os impactos sobre a biodiversidade decorrentes de mudanças socioeconômicas e físicas?	s	s	s	p	s	p	s	s
19 Foram considerados os três atributos da biodiversidade?	p	p	p	p	p	p	p	s
20 Foram consideradas diferentes escalas?	n	n	n	n	n	n	n	p
21 A magnitude dos impactos foi avaliada qualitativa e quantitativamente?	p	p	n	n	n	n	n	n
22 A avaliação da significância foi feita com base em uma ampla gama de stakeholders?	n	n	n	n	n	n	n	n
23 As incertezas em relação aos impactos foram apontadas?	s	s	n	n	n	n	n	n
A descrição sintética dos potenciais impactos exprime com clareza o fator afetado, a direção da alteração e os aspectos ambientais relacionados?	n	n	n	n	n	n	n	p

Fonte: Elaborado pelos autores com base no conteúdo dos EIAs.

Os resultados indicam que as comunidades indígenas foram consultadas, em um caso, para se obter informações sobre aspectos locais da biodiversidade. Não se per-

cebeu consulta às comunidades locais para o diagnóstico, tampouco para a determinação da significância dos impactos. Esse contexto indica que a única perspectiva considerada para a significância é aquela dos consultores ambientais que elaboraram o EIA e, em grau bem menor, dos agentes públicos responsáveis pelos TRs.

Fischer e Young (2007) argumentam que a falta de conhecimento da terminologia científica relacionada à biodiversidade tem sido utilizada, de maneira frequente e inadequadamente, como impeditivo à participação pública na tomada de decisão e no desenvolvimento de políticas públicas. Os autores observaram, no entanto, que os indivíduos expressam posturas em relação ao melhor manejo da biodiversidade com fundamentos no contexto conceitual construído de forma independente da terminologia científica.

Ponto extremamente frágil dos EIAs consiste na identificação pouco clara dos impactos, os quais são em geral descritos como interferências ou alterações e, ainda, pressões, sobre a fauna ou a flora, sem ulteriores especificações.

### 6.3 Dimensão da tomada de decisão

- (i) *Que conhecimentos do meio biótico são consideradas importantes para a tomada de decisão?*

Foram citados a riqueza de espécies e qualidades aplicáveis a estas, como grau de ameaça, endemismos e raridade. Um entrevistado considerou que tais informações seriam suficientes para o diagnóstico ambiental do meio biótico. Registrou-se, também, fala dirigida à diversidade genética, a qual, segundo um entrevistado, estaria com mais frequência sendo considerada na AIA. Os processos ecossistêmicos não foram citados espontaneamente pelos entrevistados, mas somente após a entrevistadora comentar as diretrizes da CDB. Segundo o único entrevistado que demonstrou conhecer as diretrizes da CDB para a AIA, dificilmente os processos ecossistêmicos seriam considerados por exigirem maior expertise no campo da biologia da conservação e da ecologia.

- (ii) *O IBAMA trabalha com o princípio da precaução? O pior cenário é adotado diante de incertezas científicas quanto aos possíveis impactos do empreendimento submetidos à AIA?*

Notou-se que a precaução está presente no rol de preocupações dos entrevistados, mas há diferenças quanto ao entendimento do princípio, que foi por vezes relacionado a lacunas dos EIAs, e não a incertezas que tangem aspectos científicos menos conhecidos. A adoção do pior cenário diante de incertezas científicas não parece ser consensual.

- (iii) *O IBAMA trabalha com o princípio da CDB de não admitir nenhuma perda líquida de biodiversidade? Como vê a questão da compensação?*

Existe um reconhecimento geral de que o IBAMA não estabelece a compensação com base em estimativas de possíveis perdas de biodiversidade. A compensação é definida segundo normas específicas, como a que trata da reposição florestal ou a Lei da Mata Atlântica. A ausência de definições claras quanto a compensação no caso de impactos residuais parece ter ensejado o reconhecimento, entre os analistas ambientais, de que seria oportuno um aprofundamento do debate sobre o tema para a definição de diretrizes básicas, respeitadas as características de cada empreendimento.

*(iv) Questões relativas à biodiversidade são consideradas na tomada de decisão?*

Evidenciou-se que a biodiversidade participa das decisões, inclusive propiciando condições para negar licenças ambientais. O contexto em que tais decisões são tomadas, no entanto, é limitado às informações colhidas ao longo da AIA, as quais são direcionadas por concepções de biodiversidade que abarcam poucos aspectos. A possibilidade de mitigar os impactos previstos e as possibilidades efetivas de recuperação de áreas que foram degradadas ao longo da operação do empreendimento foram citados pelos entrevistados como fatores que auxiliam a tomada de decisão.

Apesar de ter sido comentado que o Ibama trabalha com o princípio da precaução, lacunas de informação sobre a biodiversidade, que podem denotar deficiências dos EIAs ou questões suscitadas nas audiências públicas, foram admitidas nas decisões quanto à emissão da Licença Previa e incluídas como condicionantes para a obtenção da Licença de Instalação. Evidencia-se, assim, que a decisão sobre a viabilidade ambiental, em pelo menos três casos, antecedeu a plena compreensão dos impactos do empreendimento sobre a biodiversidade, pois informações consideradas necessárias foram transferidas à etapa posterior.

## 7. DISCUSSÃO

A análise da dimensão conceitual trouxe evidências da ausência de ideias compartilhadas, ou de discursos, acerca da biodiversidade e pouca coerência entre as definições apresentadas nos glossários e os métodos escolhidos para avaliar a biodiversidade, os quais basicamente trazem informações sobre a diversidade específica. As concepções em jogo dependem mais da assunção implícita de conceitos e de modos de agir, do que de consensos explícitos, situação, essa, que poderia ser modificada pela confecção de guias institucionais com orientações específicas para a avaliação de impacto sobre a biodiversidade.

Guias, por si só, não garantem a efetividade da AIA no que diz respeito às questões substantivas (Bond; Morrison-Saunders, 2013), mas podem garantir a realização de um processo sólido quanto à extensão e profundidade com que a biodiversidade poderia ser representada, além de poder explicitar consensos sobre o conceito de biodiversidade. Assim, o contexto pouco participativo do processo de AIA dos casos

analisados, aliado à ausência de guias, favorece a predominância das concepções de agentes públicos e dos consultores ambientais (HUGÉ *et al.*, 2017).

A evidência de conflitos cognitivos quanto ao conceito de biodiversidade sugere deficiências relativas ao processo de aprendizagem conceitual que pode se desenvolver ao longo da AIA (Pope *et al.*, 2018). A clareza, que é um aspecto imprescindível para a AIA, envolve a utilização adequada de conceitos técnico-científicos aplicáveis, compartilhados entre os atores envolvidos. Atkinson *et al.* (2001) destacam a importância da clareza na AIA, e argumentam que as questões tratadas nos EIAs devem proporcionar condições para que a decisão sobre a viabilidade do projeto se fundamente na ampla compreensão de seus efeitos sobre a biodiversidade.

A representação da biodiversidade relaciona-se, de forma geral, às concepções em jogo (Hugé *et al.*, 2017) que, nos casos analisados, reportaram-se de forma exaustiva a atributos relacionados à composição no nível das espécies, mas pouco avançaram em relação à estrutura e, principalmente, em relação aos processos. Tais aspectos cognitivos são refletidos nas formas de representação observadas nos EIAs e nos TRs.

As entrevistas demonstraram haver um consenso de que os efeitos adversos sobre o meio biótico têm grande importância na tomada de decisão, particularmente quando envolvem espécies ameaçadas de extinção. Contudo, condicionantes de Licenças Prévia indicaram que, por vezes, a decisão é tomada com informações faltantes.

Bond e Morrison-Saunders (2013) argumentam que concepções de sustentabilidade podem orientar a tomada de decisão se critérios forem definidos institucionalmente com base na política pública. Na ausência desses critérios, as decisões dependerão, basicamente, das percepções e entendimentos dos que conduzem a AIA e dos aspectos formais quanto à aprovação ou rejeição do projeto. Esse parece ser o contexto observado nos casos analisados.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi verificado que os quesitos do quadro de análise são adequados à busca de informações nas fontes consideradas, pelas quais foi possível observar a existência de diversas deficiências nas três dimensões de efetividade consideradas.

Os resultados nas três dimensões consideradas indicam certo grau de comprometimento da efetividade quanto à incorporação da biodiversidade e um afastamento dos princípios da abordagem ecossistêmica, as quais podem ser assim resumidas

- Contexto pouco claro dos termos biodiversidade e diversidade biológica, impacto e precaução.
- Limitado envolvimento das comunidades afetadas, quer seja na identificação dos impactos e na avaliação da significância, quer seja como fontes de conhecimento.
- Poucas escalas de análise, ênfase nos aspectos taxonômicos no nível específico, e desconsideração dos impactos sobre os processos e as funções ecossistêmicos.

- Aspectos estruturais da biodiversidade considerados principalmente no diagnóstico ambiental, e não quanto às possíveis alterações em decorrência da instalação e operação do empreendimento.
- Avaliação dos impactos predominantemente qualitativa, com descrição genérica e pouco clara quanto ao componente da biodiversidade afetado e quanto aos atributos considerados.
- Critérios para a definição da compensação ambiental pouco claros, excetuados os que decorrem de ditames legais em casos específicos. Essa evidência indica um processo de tomada de decisão pouco fundamentado na perda de biodiversidade relacionada aos impactos não mitigáveis.
- Tomada de decisão com lacunas de conhecimento sobre a biodiversidade.

## REFERÊNCIAS

- ATKINSON, S. F.; BATIHA, S.; SCHOOLMASTER, A. F.; WALLER, W. T. Treatment of biodiversity impacts in a sample of US environmental impact statements. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v. 18, p. 271-282, 2001.
- BOND, A.; MORRISON-SAUNDERS. Challenges in determining the effectiveness of sustainability assessment. In: Bond, A., Morrison-Saunders, A. and Howitt, R., (eds.) *Sustainability assessment pluralism, practice and progress*. Routledge, Taylor & Francis Group, Ox, P. 37-50, 2013.
- BOND, A.; POPE, J.; MORRISON-SAUNDERS, A. Introducing the roots, evolution and effectiveness of sustainability assessment. In: MORRISON-SAUDERS, A.; POPE, J.; BOND, A. *Handbook of sustainability assessment*. United Kingdom: Edward Elgar, 2015.
- BOND, A.; POPE, J.; FUNDINGSLAND, M.; MORRISON-SAUNDERS, A.; RETIEF F.; HAUPTFLEISCH, M. Explaining the political nature of environmental impact assessment (EIA): a neo-Gramscian perspective. *Journal of Cleaner Production*, Oxford, v. 244, p. 118694, Jan. 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118694>
- BORIONI, R.; GALLARDO, A.L.C.F.; SÁNCHEZ, L.E. Advancing scoping practice in environmental impact assessment: an examination of the Brazilian federal system. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v.35, p.200-213, 20 CHANCHAPRITA, BOND, 2013
- CARDINALE, B. J.; DUFFY, J.E.; GONZALEZ, A.; HOOPER, D. U.; PERRINGS, C.; VENAIL, P.; NARWANI, A.; MACE, G. M.; TILMAN, D.; WARDLE, D. A.; KINZIG, A. P.; DAILY, G.C.; LOREAU, M.; GRACE, J. B; LARIGAUDERIE, A.; SRIVASTAVA, D. S.; NAEEM, S. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, London, v. 486, n. 7401, p. 59-67, June 2012. DOI 10.1038/nature11148
- CASHMORE, M.; BOND, A.; SADLER, B. Introduction: The effectiveness of impact assessment instruments. *Impact Assessment and Project Appraisal*, p. 91-93, 2009.
- CASHMORE, M.; GWILLIAM, R.; MORGAN, R.; COBB, D; BOND. A. The interminable issue of effectiveness: substantive purposes, outcomes and research challenges in the ad-

- vancement of environmental impact assessment theory. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v. 22, p. 295-310, Dec. 2004.
- CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY (CDB). [S.n.]: United Nations, 1992. Disponível em: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>. Acesso em: 23 set. 2022.
- CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY (CDB). Biodiversity in EIA and SEA. Background to CDB Decision VII/28: voluntary guidelines on Biodiversity- Inclusive Impact Assessment. Netherlands: Commission for Environmental Assessment, 2006.
- CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY (CDB). The Ecosystem Approach. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2004.
- COONEY, R. From promise to practicalities: The precautionary principle in biodiversity conservation and sustainable use. *Biodiversity and the precautionary principle*. 1. ed. Routledge, 2005.
- De WITT, M.; POPE, J.; RETIEF, F.; BOND, A.; MORRISON-SAUNDERS, A.; STEENKAMP, C. Biodiversity offsets in EIA: getting the timing right. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 75, p. 1-12, Mar. 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.11.001>.
- DRAYSON, K.; WOOD, G.; THOMPSON, S. Assessing the quality of the ecological component of English Environmental Statements. *Journal of Environmental Management*, London, v. 160, p. 241-253, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.06.022>.
- FISCHER, A.; YOUNG, J. C. Understanding mental constructs of biodiversity: Implications for biodiversity management and conservation. *Biological Conservation*, v. 136, n. 2, p. 271-282, Apr. 2007. DOI <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.11.024>.
- GANNON, P. The time is now to improve the treatment of biodiversity in Canadian environmental impact statements. *Environmental Impact Assessment Review*, [s.l.], v. 86 p. 106504, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106504>.
- HUGÉ, J.; ROCHETTE, A.; DE BISTHOVEN, L. J.; DAHDOUTH-GUEBAS, F.; KOEDAM, N.; VANHOVE, M. P. M. Utilitarian framings of biodiversity shape environmental impact assessment in development cooperation. *Environmental Science and Policy*, Exeter, v. 75, p. 91-102, 2017. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2017.06.003>.
- INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES (IPBES). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. 2019. Disponível em: [http://www.mari-odu.org/academics/2018su\\_Leadership/commons/library/Summary%20for%20Policymakers%20IPBES%20Global%20Assessment.pdf](http://www.mari-odu.org/academics/2018su_Leadership/commons/library/Summary%20for%20Policymakers%20IPBES%20Global%20Assessment.pdf). Acesso em: 15 ago. 2022.
- KEY, J. J.; SCHNEIDER, E. L. Embracing complexity: The challenge of the ecosystem approach. In: Westra; Lemons, J. (eds.). *Perspectives on Ecological Integrity*. Kluwer Academic Publishers, 1995.
- KHERA, N.; KUMAR, A. Inclusion of biodiversity in environmental impact assessments (EIA): a case study of selected EIA reports in India. *Impact Assessment and Project Appraisal*, London, v. 28, n. 3, p. 189-200, Sept. 2010. DOI [10.3152/146155110X12772982841005](https://doi.org/10.3152/146155110X12772982841005).

- LOOMIS, J. J.; BOND, A.; DZIEDZIC, M. Transformative effectiveness: How EIA can transform stakeholders' frames of reference. *Environmental Science and Policy*, v. 136, 207-215, 2022.
- MORGAN, R. K. Environmental impact assessment: the state of the art. *Impact Assessment and Project Appraisal*, London, v. 30, n. 1, p. 5-14, Mar. 2012. DOI <http://dx.doi.org/10.1080/14615517.2012.661557>.
- O'FAIRCHEALLAIGH, C. Public participation and environmental impact assessment: Purposes, implications, and lessons for public policy making. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 30, p. 19-27, 2010. DOI 10.1016/j.eiar.2009.05.001.
- POPE J.; BOND, A.; CAMERON, C.; RETIEF, F.; MORRISON-SAUNDERS, A. Are current effectiveness criteria fit for purpose? Using a controversial strategic assessment as a test case. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 7, p. 34-44, 2018.
- POPE J.; BOND, A.; MORRISON-SAUNDERS, A.; RETIEF, F. Advancing the theory and practice of impact assessment: Setting the research agenda. *Environmental Impact Assessment Review*, v.41, p. 1- 9, 2013.
- RAJVANSHI, A.; BROWNLIE, S.; SLOOTWEG, R.; ARORA, R. Maximizing benefits for biodiversity: the potential of enhancement strategies in impact assessment. *Impact Assessment and Project Appraisal*, London, v. 29, n. 3, p. 181-193, Sept. 2011. DOI <https://doi.org/10.3152/146155111X12959673796245>.
- SADLER, B. *International study of the effectiveness of environmental assessment*. Canada: Minister of Supply and Services Canada, 1996.
- SÁNCHEZ, L. E. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- SLOOTWEG, R.; RAJVANSHI, A.; MATHUR, V.; KOLHOFF, A. *Biodiversity in environmental assessment: enhancing ecosystem services for human well-being*.
- SWANEPOEL, F. *et al.* Explanations for the Quality of Biodiversity Inputs to Environmental Impact Assessment (EIA) in Areas with High Biodiversity Value. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, [s.l.], v. 21, n. 2, p. 1950009, June 2019. DOI 10.1142/S1464333219500091
- VAN DER BIEST, K.; MEIRE, P.; SCHELLEKENS, T.; D'HONDT, B.; BONTE, D.; VANAGT, T.; YSEBAERT, T.; Aligning biodiversity conservation and ecosystem services in spatial planning: Focus on ecosystem processes. *Science of The Total Environment*, v.712, 2020.
- WAWRZYCEZECK, J.; LINDSAY, R.; METZGER, M.; QUÉTIER, F. The ecosystem approach in ecological impact assessment: Lesson learned from windfarm developments on peatlands in Scotland. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 72, p. 157-165, Sept. 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.05.011>
- WAYLEN, K. A.; HASTINGS, E.J.; BANKS, E.A.; HOLSTEAD, K.L.; IRVINE, R.J.; BLACKSTOCK, K.L. The need to disentangle key concepts from ecosystem-approach jargon. *Conservation Biology*, Cambridge, v. 28, n. 5, p. 1215-1224, 2014. DOI 10.1111/cobi.12331.



As transformações ambientais que marcam o mundo contemporâneo colocam a ciência diante de desafios cada vez mais complexos. Mudanças climáticas, crises hídricas, eventos extremos e desigualdades socioambientais revelam a necessidade de compreender de forma integrada as relações entre sociedade e natureza. Esta obra reúne contribuições interdisciplinares que analisam criticamente esses processos, abordando temas como governança ambiental, justiça socioambiental, gestão de recursos naturais, adaptação às mudanças climáticas para o enfrentamento do negacionismo científico e climático. Ao articular diferentes abordagens teóricas, metodológicas e empíricas, o livro oferece reflexões fundamentais para fortalecer o debate público e acadêmico sobre sustentabilidade. Destina-se a estudantes, professores e pesquisadores das Ciências Ambientais, universitários de diversas áreas e leitores interessados em compreender os desafios ambientais contemporâneos.



[openaccess.blucher.com.br](http://openaccess.blucher.com.br)

**Blucher** Open Access