

Sonia Regina Paulino  
Tania Pereira Christopoulos  
Wânia Duleba  
Alexandre Toshiro Igari  
Paulo Santos de Almeida  
organizadores

# AGENDAS LOCAIS E GLOBAIS DA SUSTENTABILIDADE

Ciência, tecnologia, gestão e sociedade



AGENDAS LOCAIS  
E GLOBAIS DA  
SUSTENTABILIDADE

*Conselho editorial*

André Costa e Silva

Cecilia Consolo

Dijon de Moraes

Jarbas Vargas Nascimento

Luis Barbosa Cortez

Marco Aurélio Cremasco

Rogério Lerner

**Blucher** Open Access

SONIA REGINA PAULINO  
TANIA PEREIRA CHRISTOPOULOS  
WÂNIA DULEBA  
ALEXANDRE TOSHIRO IGARI  
PAULO SANTOS DE ALMEIDA  
(organizadores)

AGENDAS LOCAIS E GLOBAIS DA  
SUSTENTABILIDADE  
ciência, tecnologia, gestão e sociedade

2022

*Agendas locais e globais da sustentabilidade: ciência, tecnologia, gestão e sociedade*

© 2022 Sonia Regina Paulino, Tania Pereira Christopoulos, Wânia Duleba, Alexandre Toshio Igari, Paulo Santos de Almeida.

Editora Edgard Blücher Ltda.

*Publisher* Edgard Blücher

*Editor* Eduardo Blücher

*Coordenação editorial* Jonatas Eliakim

*Produção editorial* Thaís Costa

*Diagramação* Taís do Lago

*Capa* Laércio Flenic

---

# 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 Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed.  
do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*,  
Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

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)  
Angélica Ilacqua CRB-8/7057

Agendas locais e globais da sustentabilidade :  
ciência, tecnologia, gestão e sociedade / organizado  
por Sonia Regina Paulino...[et al]. - São Paulo : Blucher,  
2022.

364 p.

Bibliografia

ISBN 978-65-5550-159-9 (impresso)

ISBN 978-65-5550-155-1 (digital)

Open Access

1. Sustentabilidade 2. Direito ambiental 3. Gestão  
ambiental 4. Meio ambiente 5. Ciência e tecnologia I.  
Paulino, Sonia Regina

22-1301CDD 363.7

---

Índices para catálogo sistemático:

1. Sustentabilidade

---

# APRESENTAÇÃO

A sustentabilidade, como campo de conhecimento em construção, visa contribuir para facilitar a concepção, implantação e avaliação das intervenções práticas com diferentes níveis de incidência e que promovam a sustentabilidade em lugares e contextos particulares. Nesse sentido, o entendimento da interação entre processos globais e características ecológicas e sociais de locais e setores particulares tem relevância destacada para a ciência da sustentabilidade.

O livro é, parcialmente, um desdobramento das edições dos anos 2020 e 2021 do Seminário Interdisciplinar de Sustentabilidade (SIS) organizado pelo Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade da Universidade de São Paulo (USP). Com o tema “Agendas Locais e Globais da Sustentabilidade”, os eventos tiveram por objetivo discutir o conhecimento científico e tecnológico, instrumentos de gestão, políticas, instrumentos e ordenamento jurídico que configuram as agendas da sustentabilidade. Os eventos reuniram pesquisadores e pós-graduandos nas linhas de pesquisa “Gestão Ambiental” e “Ciência e Tecnologia Ambiental”. Artigos apresentados nos eventos foram posteriormente selecionados com base em revisão por pares e compõem a maior parte dos capítulos deste livro. Adicionalmente, a obra conta com outras produções de alunos de programas de pós-graduação da Universidade Federal de São Paulo e da Fundação Getúlio Vargas. Nesse

sentido, os organizadores agradecem a colaboração dos professores Ana Luisa Vietti Bitencourt, Annelise Vendramini Felsberg e Giovano Candiani. Todos os manuscritos tiveram avaliação duplo cego na qual os avaliadores não têm acesso ao(s) nome(s) dos autores e vice-versa.

Na Agenda 2030, apresentada como pacto de ação global e adotada em 2015 no âmbito da Organização das Nações Unidas (ONU), são estabelecidos os temas que pautam os grandes desafios do século XXI por meio da definição de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), sendo salientada a centralidade da esfera local expressa no “Roteiro para a Localização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: implementação e acompanhamento no nível subnacional”. Vários temas de referência nas agendas locais e globais da sustentabilidade são abordados, direta ou indiretamente, ao longo dos capítulos que compõem esta obra: ODS 3 Saúde e Bem-Estar; ODS 7 Energia Limpa e Acessível; ODS 8 Trabalho Decente e Crescimento Econômico; ODS 10 Redução das Desigualdades; ODS 11 Cidades e Comunidades Sustentáveis; ODS 12 Consumo e Produção Responsáveis; ODS 13 Ação contra a Mudança Climática Global; ODS 14 Vida na Água; ODS 15 Vida Terrestre; ODS 16 Paz, Justiça e Instituições Eficazes; e ODS 17 Parcerias e Meios de Implementação.

## **ESTRUTURA DO LIVRO**

A organização desta obra está estruturada em quatro eixos temáticos: Ciência e Tecnologia, Governança e Políticas Públicas, Mercado e Sustentabilidade e Direito Ambiental.

O **eixo Ciência e Tecnologia** é composto de sete capítulos abordando sustentabilidade de ambientes construídos, mobilidade urbana, oceanos e o aproveitamento da flora local e de subprodutos.

O Capítulo 1, elaborado por Roberto Oranje e Helene Mariko Ueno, aborda a relação entre ventilação em edifícios climatizados e a prevalência de agravos à saúde dos seus ocupantes, considerando não só nas condições atuais, mas também cenários futuros que abrangem mudanças do clima.

No Capítulo 2, Anna Laura Canuto Rocha de Andrade e Andrea Cavicchioli tratam da conservação de bens culturais e das tendências da sustentabilidade, discutindo o papel do diagnóstico microclimático em museus. Busca-se fomentar a discussão sobre a incorporação de padrões ambientais nos ambientes de coleções que sejam mais próximos da realidade climática local.

No Capítulo 3, os autores Douglas Gonçalves, Pedro José Pérez-Martinez e Regina Maura de Miranda verificam se as alterações de velocidade influenciaram os índices de acidentes no período 2011-2020, tendo como referência as recomendações da ONU para a “Década de Ação Segura no Trânsito” e uma das metas inseridas nos ODS de reduzir pela metade o número de mortes por acidentes rodoviários até 2020.

No Capítulo 4, Marília de Carvalho Campos, Stefano Crivellari e Cristiano Mazur Chiessi enfatizam os serviços ecossistêmicos providos pelos oceanos com vista a explorar alguns exemplos que justificam o aumento dos investimentos em ciências do mar, de modo a gerar conhecimento científico de suma importância para o melhor enfrentamento das mudanças climáticas.

No Capítulo 5, Maria Carolina Hernandez Ribeiro, Wânia Duleba, Camila Cunha Passos, Rayssa de Almeida Viana e Anderson Targino da Silva Ferreira identificam as associações de foraminíferos vivos (0-0,50 cm) de duas localidades da Península Antártica. Buscou-se encontrar semelhanças entre as regiões estudadas e complementar o Censo da Vida Marinha da Antártica, editado pelo Comitê Científico sobre Pesquisa Antártica (SCAR).

No Capítulo 6, Viviane da Silva Carvalho e Renata Colombo verificam o comportamento da clorexidina quando submetida à condição de cloração similar à aplicada em estação de tratamento de águas (ETA). A identificação dos subprodutos da desinfecção (DBP) formados e a avaliação da toxicidade dos subprodutos formados são importantes, uma vez que o uso do biocida denominado clorexidina como desinfetante e antisséptico tem promovido um aumento na incidência dessa substância em corpos hídricos.

O Capítulo 7, elaborado por Charlyana de Carvalho Bento, Marcelo José Pena Ferreira, Gabriel Teles de Proença, Luciana Sayuri Tahira, Ângela Lúcia Bagnatori Sartori e Miriam Sannomiya, analisa extratos de *Machaerium acutifolium* Vogel e focaliza o estudo de espécies de plantas medicinais brasileiras, a fim de preservar e valorizar o conhecimento popular e a flora local no desenvolvimento de novos fitoterápicos.

**O eixo Governança e Políticas Públicas** tem cinco capítulos e aborda a gestão de resíduos sólidos e cidades inteligentes.

No Capítulo 8, Jackson Cruz Magalhães, Amanda Cseh e Sylmara Lopes Francelino Gonçalves Dias utilizam a ferramenta de mapa falado para investigar uma experiência de mobilização comunitária voltada para a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. O estudo permitiu contextualizar a problemática dos resíduos sólidos, descrever os atores, o problema e os principais conflitos

que envolvem o descarte e a coleta de resíduos no Jardim Keralux, bairro com comunidade em situação de vulnerabilidade localizado na zona leste de São Paulo.

No Capítulo 9, Dumara Regina de Lima, André Felipe Simões, Sonia Seger Pereira Mercedes e Ramatis Jacino analisam a geração e o gerenciamento de resíduos em emblemáticas festas populares brasileiras (Carnaval de rua do Rio de Janeiro, RJ, e de São Paulo, SP, e o Círio de Nossa Senhora de Nazaré de Belém, PA). O estudo contribui para a discussão sobre os conflitos de injustiça ambiental da reciclagem pós-consumo de embalagens de bebidas.

No Capítulo 10, os autores Leticia Moreira Viesba, Giovano Candiani e Ana Luisa Vietti Bitencourt destacam a ampliação do índice de reciclagem como o grande desafio da gestão de resíduos no município e discutem a gestão de resíduos na cidade de Diadema (SP). Considerando-se as políticas públicas e os procedimentos de manejo dos resíduos, é apontada a necessidade de programas de incentivo à valorização dos resíduos orgânicos, maiores investimentos nas cooperativas de coleta seletiva e reciclagem, aperfeiçoamento de um programa de educação ambiental e implementação do projeto de recuperação ambiental da área de destinação final de resíduos.

No Capítulo 11, Amanda Cseh e Sylmara Lopes Francelino Gonçalves Dias descreveram e sistematizaram modelos e experiências de gestão de resíduos orgânicos (RO) urbanos do município de São Paulo, sob retrospectiva histórica, institucional e tecnológica. O capítulo foi orientado por duas questões centrais: (i) como foi a gestão de RO no período de 1889 a 2020 no município de São Paulo; e (ii) quais são as perspectivas de gestão de RO para o futuro. Os dados obtidos pelas autoras revelaram que, desde o início do século XX até os dias atuais, o aterramento, a compostagem e a incineração estiveram presentes nas discussões em torno da solução para os RO do município de São Paulo. As autoras concluem que o debate atual remete sempre às mesmas soluções de um século atrás, apresentando uma lógica pendular na tomada de decisão municipal entre aterrar, queimar ou aproveitar.

Por fim, o Capítulo 12, de Ana Jane Benites e André Felipe Simões, propõe um referencial analítico multicritério e qualitativo para verificar o nível de controle, integração e reflexividade em Centros Inteligentes de Operações (CIO), que vigiam digitalmente as cidades, instalados em cidades pertencentes a diferentes cenários geopolíticos. A existência de correlação direta apenas entre integração e controle, na qual quanto maior a sofisticação tecnológica das plataformas inteligentes nos CIO, maior a capacidade de manutenção da ordem frente a crises urbanas, em detrimento da democracia, explicita a necessidade de redirecionamento dos CIO

de maneira a torná-los instrumentos oportunos para executar a reflexividade democrática deliberativa indispensável às cidades contemporâneas e à sustentabilidade.

O **eixo Mercado e Sustentabilidade** traz quatro capítulos com análises sobre produção na indústria, certificação ambiental e utilização de lógicas institucionais aplicadas ao estudo do campo da ciência da sustentabilidade em organizações.

O Capítulo 13, elaborado por Rita de Cássia Lopes Moro e Sonia Regina Paulino, aborda os avanços e os desafios da estrutura de governança de um programa setorial do varejo de vestuário brasileiro, com base em dados de 22 edições do regulamento do padrão Associação Brasileira do Varejo Têxtil (ABVTEX) e entrevistas com diferentes atores.

No Capítulo 14, Lucas Coury Silveira, Alexandre Toshiro Igari e Annelise Vendramini Felsberg identificam avanços emergentes do setor da moda em produtos, processos e tecnologias para a redução de emissões de gases de efeito estufa.

No Capítulo 15, elaborado por Joel Pereira Bastos da Silva e Sonia Regina Paulino, são utilizados dados de relatos de auditorias ambientais compulsórias para investigar a adoção do padrão voluntário de certificação ambiental ISO 14001:2015, comparando unidades industriais certificadas na norma com unidades não certificadas, mas que também adotam gestão sistêmica. Destaca-se que a gestão de riscos e oportunidades ao meio ambiente e aos negócios e também as práticas de comunicação externa são dois requisitos mandatórios que apresentam baixa aderência em certificadas e em não certificadas, apesar da forte ligação desses requisitos com a prevenção ou a remediação de conflitos, reputação das marcas e da própria certificação.

O Capítulo 16 foi elaborado por Fernanda Cervi e Tania Pereira Christopoulos e propõe uma abordagem metodológica para integrar a revisão sistemática de literatura e a análise temática aplicadas em um estudo de sustentabilidade em organizações. A utilização de *softwares* para o tratamento dos dados permite otimizar a interpretação dos resultados, contribuindo para a execução de pesquisas qualitativas.

O **eixo Direito Ambiental** tem dois capítulos e trata do tráfico de animais silvestres e da convenção internacional sobre contaminação por metais pesados

No Capítulo 17, Vitor Calandrini de Araújo e Paulo Santos de Almeida discutem a correlação entre os locais onde houve apreensões de animais silvestres no estado de São Paulo e o tipo de destinação e recepcionários de animais silvestres. Os resultados geram elementos para ampliar o conhecimento das

características do tráfico de animais, que é uma das maiores causas de perda de biodiversidade no mundo.

Por fim, o Capítulo 18, elaborado por Matheus Freitas Rocha Bastos, aborda a temática da segurança química e do manejo ambientalmente adequado de mercúrio. Realiza-se a sistematização do processo de negociação e do debate internacional sobre o amálgama dentário, no âmbito da Convenção de Minamata, e também se analisa como o posicionamento diplomático brasileiro sobre o amálgama dentário tem reverberado em propostas legislativas sobre o assunto.

Este livro busca contribuir para melhorar a compreensão de diversos temas e abordagens que compõem as agendas locais e globais da sustentabilidade.

*Os organizadores  
São Paulo, primavera de 2021*

---

# AGRADECIMENTOS

Os organizadores agradecem aos revisores.

Profa. Dra. Adalgiza Fornaro (IAG/USP)

Prof. Dr. André Luiz Belem (Universidade Federal Fluminense – UFF)

Profa. Dra. Aurea Lucia Vendramin (Instituto de Engenharia – SP)

Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira (UFSCar)

Prof. Dr. Carlos Hardt (PUCPR)

Profa. Dra. Gabriela de Brelàz (UNIFESP)

Prof. Dr. Giovano Candiani (UNIFESP)

Prof. Dr. José Augusto de Oliveira (UNESP)

Dra. Juliana Siqueira-Gay (Doutora pela Escola Politécnica / USP)

Profa. Dra. Lourdes Campaner dos Santos (UNESP)

Prof. Dr. Marcelo Marini Pereira de Souza (USP Ribeirão Preto)

Dr. Marcio Henrique da Costa Gurgel (Doutor pela Université d’Orléans)

Prof. Dr. Mauro Aquiles La-Scala (UNIFESP)

Prof. Dr. Mauro Coelho Santos (UFABC)

Profa. Dra. Monica dos Santos Dolce Uzum (UNIP)

Prof. Dr. Otávio José de Oliveira (UNESP)

Prof. Dr. Ricardo Pedro Guazzelli Rosario (Universidade Mackenzie)

Profa. Dra. Rita Yuri Ynoue (IAG-USP)

Profa. Dra. Rosilda Mendes (UNIFESP)

Prof. Dr. Welton Fernando Zonatti (Instituto Federal do Rio de Janeiro – IFRJ)

Prof. Dr. Willi de Barros Gonçalves (UFMG)

Agradecimentos especiais à Escola de Artes, Ciências e Humanidades (USP), FAPESP e CAPES (PROAP) pelo financiamento do livro, subsídio de vários projetos e ida ao campo de alunos, à Comissão de Relações Internacionais (CRint-EACH), à FGV Global e ao IRICE – Instituto de Relações Internacionais e Comércio Exterior pelo apoio na realização do Seminário Interdisciplinar de Sustentabilidade.

As dissertações de mestrado e teses de doutorado contaram com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Código de Financiamento 001, e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

---

# PREFÁCIO

La Pandemia de COVID-19 ha matado más de un millón y medio de personas hasta mediados de octubre de 2021 en América Latina, demostrando claramente la insustentabilidad de nuestros sistemas ambientales. América Latina, con más de un ochenta por ciento su población viviendo en ciudades ha desnudado todas las vulnerabilidades asociadas a sus deficiencias económicas, culturales, sociales y políticas, al no poder siquiera garantizar la vida de sus habitantes. Cientos de millones de compatriotas latinoamericanos se han visto sumidos en la pobreza, el temor ante la enfermedad y la muerte y la comprobación de que el tipo y niveles de desarrollo alcanzados no eran para ellos.

Las ideas de sustentabilidad repetidas una y mil veces en los foros mundiales y regionales, proclamando la necesidad de integrar el crecimiento económico con la justicia social y la protección del medio ambiente, se desvanecieron en pocos meses para retroceder a la aplicación de estrategias y prácticas de emergencia, que dejaron en la más completa desafección a los más pobres y excluidos de las ciudades. La Globalidad, representada por la extensión imparable de la epidemia hacia todos los rincones del mundo, veía facilitada su expansión por la actuación dubitativa de los gobiernos nacionales, en el mejor de los casos, o el negacionismo, la improvisación y equivocadas, en otras tantas ocasiones. Los espacios y territorios

locales fueron abrazados por una onda terrorífica que resultó imparable la mayor parte de los dos últimos años.

Los latinoamericanos deberemos preguntarnos si el teleacoplamiento en que vivimos sumergidos puede permitir disponer de algún grado de sustentabilidad ante amenazas equivalentes en el próximo futuro. El marco de referencia del teleacoplamiento promulga la idea de que existen importantes flujos de informaciones, capitales, tecnologías y de poder de decisión entre sus países emisores y receptores a escala mundial. Destacan en primer lugar las teleconexiones que controlan las actuaciones de la naturaleza y respecto de las cuales muchas relaciones causales son aún conocidas solo parcialmente. El cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la degradación de los recursos naturales y la reducción de los servicios ecosistémicos se extienden por todo el planeta como efectos relevantes de un mismo sistema económico-político, el neoliberalismo, centrado en la commodificación y privatización de los bienes comunes para transformarlos en productos mercantilizados y fuente de riqueza de una pequeña minoría. Las relaciones entre la Pandemia y las condiciones cambiantes de los climas, su expansión por carencias de biodiversidad y su expresión como insuficiencias de los servicios de regulación de los ecosistemas constituyen desafíos para el conocimiento científico que requieren importantes esfuerzos de parte de los estudiosos de todo el mundo y más específicamente de los países, regiones y lugares mayormente devastados, como Latinoamérica.

Por otro lado, la globalización expuso la perversidad de sus componentes. Los viajes internacionales de pasajeros y productos, muchas veces innecesarios, facilitaron la rápida e imparable difusión de la Pandemia, hasta alcanzar los espacios más recónditos del continente. La paralización del turismo y el comercio mundial, interrumpieron circuitos globales que habían sustituido casi sin contrapeso las actividades económicas domésticas, destruyendo con ello, empleos y fuentes de ingresos de inmensas multitudes, especialmente urbanas, azotadas por el hambre, la muerte y la enfermedad.

Los sistemas y hábitos de producción y consumo impuestos por la globalización de la economía y la urbanización planetaria resultaron completamente insuficientes ante las nuevas circunstancias, demostrando los costos de haber abandonado procesos de autogestión y economías de subsistencia de origen y desarrollo local.

Las ciencias convencionales, naturales y sociales, no pudieron brindar los aportes cognitivos, epistémicos y ontológicos que la sociedad reclamaba ante tan trágicos momentos, entre otras razones por enfrentar grandes dificultades institucionales provocadas por los intentos de desprestigiar su quehacer y reducir

el financiamiento para su desarrollo por parte de los gobiernos. Ante la incertidumbre y las crecientes amenazas para su sobrevivencia, las comunidades locales recurrieron a sus supuestamente olvidadas organizaciones y movimientos sociales, así como a sus fuentes de conocimiento popular y ancestral. Los grupos indígenas, aún presentes fuertemente en América Latina, desplegaron sus constelaciones de conocimientos y valores basados en la solidaridad y la complementariedad de sus modos de vida, para enfrentarse una vez más al desamparo en que han debido desarrollarse debido al rechazo de sus actuaciones y sistemas de conocimientos por parte de la sociedad global. Comunidades urbanas y rurales se organizaron en los barrios y los campos más vulnerables de las regiones y ciudades de los países latinoamericanos para enfrentar las necesidades de empleo, alimentos y principalmente, acompañamiento.

Todo lo anterior significa que la ciencia construida principalmente en las universidades latinoamericanas no fue suficiente para preparar a la sociedad y convencer a las autoridades de los gobiernos sobre las medidas que había que haber construido históricamente para enfrentar las incertidumbres sin sacrificar las vidas y bienestar de los pueblos. La pregunta principal, a la hora de emitir los primeros balances de esta trágica experiencia, es saber si seremos capaces de cambiar nuestros enfoques y aproximaciones disciplinarias para tornarlas realmente interdisciplinarias y si los métodos y modelos colonialistas de construir conocimientos serán complementados con el reconocimiento de saberes populares y ancestrales. Estos son justamente los objetivos que deseáramos para la presente obra, libro misceláneo escrito por numerosos autores jóvenes que proponen un conjunto de acciones variadas sobre diversos objetos, temas, escalas, todos orientados a aumentar los conocimientos y visibilizar los umbrales de desajustes que se aprecian entre los emisores globales –el Norte Global- y los receptores locales: el Sur Global.

Los primeros capítulos, bajo el concepto aportes científicos y tecnológicos abarcan una gran diversidad de escalas, seleccionado en primer lugar, la necesidad de examinar mecanismos de adaptación climática a nivel de los hogares y de los museos, destinados al ejercicio de una vida cotidiana más saludable y a valorización y cuidado del patrimonio cultural. A continuación, los capítulos transitan por los análisis de mesoescala, tales como la ciudad, para advertir sobre los riesgos de accidentabilidad, vinculados al crecimiento e intensidad del tráfico dentro de las urbes, que no es sino una respuesta al crecimiento espacial ilimitado de las mismas, al exceso de movilidad provocado por la falta de sustentabilidad de sus barrios y por la carencia de adecuados sistemas de transporte público.

Dentro de los análisis críticos asociados a los excesos propios de un comportamiento ambiental equivocado dentro de las ciudades, se agrupan los trabajos relacionados con la producción de residuos domésticos domiciliarios y provocados por festividades urbanas como las celebraciones del carnaval. El mejoramiento de los comportamientos sociales relacionados con la producción creciente de residuos es un tema que seguramente debería formar parte de los sistemas de vigilancia inteligente de operaciones con participación democrática, abandonando su mero rol policíaco, como se plantea igualmente en la sección de este libro concentrada en los aportes de la ciencia y la tecnología a la formulación de políticas públicas. Las tecnologías de información deberían cooperar activamente a generar procedimientos de aprendizaje social, con participación activa de los diversos actores, contando con las organizaciones e incentivos necesarios para aumentar su rol en la sustentabilidad de las ciudades en forma democrática, como se plantea en la segunda sección del libro, dedicada al eje de gobernanza y política pública.

Culminando con las menciones de los capítulos que consideran a la multiescalaridad espacial de los alcances de la ciencia y la tecnología como elementos principales para la comprensión de la sustentabilidad ambiental, se presentan capítulos que transitan entre la gran escala de los servicios ecosistémicos ofertados por los océanos, hasta una multitud de procesos de transformación de microescala aportados por ejemplo, por los foraminíferos bentónicos en los extremos paisajes antárticos, por los estudios del potencial oxidante registrado en plantas medicinales empleadas por comunidades para el desarrollo de recursos fitoterapéuticos, hasta el análisis del efecto desregulador endocrino e hipotóxico de productos de desinfección presentes en aguas contaminadas con clorexidina.

Nuevamente la Pandemia ha enseñado que los avances requeridos a la ciencia y la tecnología para enfrentar los desafíos emergentes que enfrenta humanidad, es necesario incursionar en el mundo de la microbiología y de los componentes y reacciones químicas que se ejecutan en los medios atmosféricos, acuáticos y biológicos. El medio ambiente de los virus ha surgido como un vínculo imprescindible de comprender entre el mundo de los procesos y hechos visibles respecto al de todos aquellos que escapan de la capacidad del mirar humano y por lo tanto nos siguen resultando desconocidos. Hay una especie de descubrimiento social de objetos y hechos que no se habían considerado con su debida propiedad en las aproximaciones a la sustentabilidad del medio ambiente y que obligan a afianzar los vínculos entre la ciencia básica y sus aplicaciones al mundo real.

Para conseguir esto último no es solo necesario fortalecer la creación de nuevos conocimientos al interior de los medio ambientes controlados de los laboratorios.

Es igualmente imprescindible fortalecer la vinculación entre los hallazgos y contribuciones académicas con la formulación de una nueva institucionalidad, expresada en sistemas de gobernanza que consideren no solo el protagonismo de las ciencias en el conocimiento de las relaciones complejas entre la sociedad y la naturaleza, sino también de los movimientos sociales y su rol democrático en la toma de decisiones, fortaleciendo la formulación y aplicación de políticas públicas justas y equitativas.

La sustentabilidad del medio ambiente pasa por la redefinición de los conocimientos científicos y populares como bienes públicos que contribuyen a incrementar el capital social e institucional. Se trata de una co-producción de conocimientos en que los científicos y académicos no solo ofrecen respuestas a los requerimientos de información formulados por la sociedad, sino que además se comprometen valóricamente con los objetivos de disponer de una ciencia ciudadana y democrática. Se trata de conocimientos que resultan de la simbiosis entre las formas de ver, experimentar y comprender el mundo que utilizan las comunidades sociales y los productos del quehacer científico. Se trata de conocimientos socialmente legitimados y reconocidos como virtuosos en la medida que proporcionan argumentos a los requerimientos de justicia ambiental y equidad territorial reclamadas por los habitantes locales para enfrentar a actores hegemónicos, muchas veces sostenidos en el dominio del conocimiento científico.

La co-producción de conocimientos produce una ciencia ciudadana para la sustentabilidad en la medida que propone como productos intermedios y finales una serie de procesos destinados a empoderar a las comunidades locales a través de la disponibilidad de conocimientos e informaciones, en la búsqueda de simetrías políticas que favorezcan la distribución justa y equitativa de los costos y beneficios ambientales del desarrollo.

Sin embargo, en la sociedad moderna capitalista no es posible comprender y gestionar la sustentabilidad sin considerar la importancia de los procesos económicos, especialmente en tiempos de globalización. Para comprender el rol del mercado es necesario conocer sus pre-requisitos en términos de metabolizar a la naturaleza a través del trabajo humano y las tecnologías con la finalidad de aumentar la reproducción rápida de las inversiones y la circulación imparable del capital financiero. Para ello, los modelos neoliberales han insistido sistemáticamente y acelerado sus intentos por comodificar y privatizar todos los componentes y relaciones que sustentan al medio ambiente, mediante su transformación en objetos de consumo y a través de la mercantilización de sus transacciones. El problema es que los beneficios económicos obtenidos de estas operaciones son acaparados por

una parte minoritaria de la sociedad mientras la mayoría sufre las consecuencias adversas de los procesos de metabolismo, concentra las amenazas y riesgos y carga con las llamadas externalidades negativas de manera desproporcionada, generando las injusticias y conflictos socioambientales que lamentablemente caracterizan a la región latinoamericana.

Se debería considerar al mercado como un instrumento al servicio de la sustentabilidad, interactuando en forma amistosa con la naturaleza para asegurar su permanencia y calidad para las generaciones actuales y futuras, lo que implica, entre otras cosas, la existencia de procesos destinados a recocer como bienes comunes al aire, el agua, la biodiversidad, los territorios y al propio medio ambiente y la seguridad de los ciudadanos ante las amenazas y riesgos naturales. De igual manera se debiera controlar la extracción de materias primas y recursos naturales, disminuyendo la producción de residuos y aumentando fuertemente la reutilización y reciclaje de las materias primas en las manufacturas. La industrialización y comercialización de la ropa barata, por ejemplo, está poniendo a prueba la capacidad de la industria nacional para enfrentar la importación masiva de productos que no cumplen necesariamente con las exigencias ambientales ni con los principios fundamentales de la ética laboral. Los tratados de libre comercio entre los países y continentes no han considerado convenientemente la salvaguarda de las cadenas de producción domésticas, el respeto de los derechos humanos de los trabajadores como tampoco la explotación desmedida de las fuentes naturales de materias primas o la acumulación creciente de residuos. La industria de moda es otro ejemplo de insustentabilidad en la medida que acelera interesadamente la obsolescencia programada de las vestimentas sin considerar adecuadamente su reparación ni evitando ser desechadas mucho antes de cumplir su vida útil. Adicionalmente y como se plantea en esta sección del libro, se oponen a los acuerdos necesarios para disminuir los aportes de los gases invernaderos al Cambio Climático.

Las certificaciones ambientales comprendidas como instituciones de control y mitigación de los efectos adversos del funcionamiento desregulado de los mercados y manufacturas tampoco han sido capaces aportar a la sustentabilidad como sería deseable. En el capítulo correspondiente se compara el desempeño ambiental entre empresas que han adherido o no a la certificación ISO 14001 del año 2015. Ambos tipos de industrias parecen no haber comprendido sus responsabilidades ambientales y sociales respecto a las comunidades de los lugares en que se asientan, dejando de entender que la gestión de riesgos y la generación de oportunidades en términos de negocios requieren mensajes auténticos de compatibilización con las demandas de los habitantes locales, disminuyendo las probabilidades de enfrentar

conflictos socioambientales aumentando la reputación de sus marcas y los niveles de legitimidad social. La generación de valor compartido como estrategia del mercado para legitimar social y ambientalmente a las empresas ante las comunidades continúa padeciendo de subinterpretaciones que terminan siendo reconocidas como meras acciones cosméticas, sin capacidad de generar confianza entre los actores y a través de ello, de construir capital social. La revisión sistemática de la literatura asociada a análisis temáticos de las investigaciones sobre sustentabilidad y la calidad cualitativa de las mismas expresa insuficiencias, tratándose muchas veces de intentos por neutralizar las protestas de los movimientos sociales o de implementación de negociaciones mediante compensaciones económicas que no favorecen definitivamente la conservación de la naturaleza ni la elevación de la calidad de vida de las comunidades locales.

El derecho ambiental debe realizar profundos esfuerzos para generar las regulaciones e instituciones que den cuenta de las dificultades que enfrenta la consecución de la sustentabilidad en todas las escalas y en la totalidad de las temáticas abordadas en este compendio de aportaciones de los estudiantes de Posgrado en Sustentabilidad de la Universidad de Sao Paulo, que son los principales autores de los capítulos contenidos en este libro. El tráfico de animales silvestres y sus efectos sobre la alteración de la biodiversidad de los ecosistemas más relevantes del planeta, así como el uso del mercurio en las atenciones dentísticas, son presentados como ejemplos de lo anterior.

En fin, este libro es un compendio de reflexiones y preocupaciones de un numeroso grupo de jóvenes que han renovado a través de él el compromiso con la sustentabilidad a través de su entusiasta participación en los seminarios interdisciplinarios organizados por la principal universidad brasileña. Mas allá de la diversidad de los temas abordados, el libro constituye un apretado recorrido por numerosos senderos que pueden aún resultar incompletos y preliminares, pero que representan bien el esfuerzo de quienes centran el progreso de sus vidas a partir de las bases científicas, éticas y culturales aportadas por la universidad pública, que hoy se aprecian severamente amenazadas en toda América Latina, no necesariamente por los efectos destructivos de la Pandemia del COVID-19 sino que por la incomprensión e indiferencia de los gobernantes o por la falta de compromiso de las elites políticas y culturales por generar las condiciones que permitan que una sociedad educada pueda construir un futuro sustentable y mejor para todos.

*Hugo Romero*  
*Universidad de Chile*



# SUMÁRIO

## **CAPÍTULO 1 – SAÚDE E CONFORTO NO AMBIENTE CLIMATIZADO: O PAPEL DA VENTILAÇÃO NA QUALIDADE DO AR INTERNO .....25**

ROBERTO ORANJE, HELENE MARIKO UENO

## **CAPÍTULO 2 – SUSTENTABILIDADE NA PERSPECTIVA DA CONSERVAÇÃO DE COLEÇÕES EM MUSEUS ..... 45**

ANNA LAURA CANUTO R. DE ANDRADE, ANDREA CAVICCHIOLI

## **CAPÍTULO 3 – RELAÇÃO ENTRE VELOCIDADE REGULAMENTAR E ACIDENTES: ESTUDO DE CASO DAS MARGINAIS TIETÊ E PINHEIROS EM SÃO PAULO ..... 63**

DOUGLAS GONÇALVES, PEDRO JOSÉ PÉREZ-MARTINEZ, REGINA MAURA DE MIRANDA

## **CAPÍTULO 4 – OS OCEANOS: LIÇÕES DO PASSADO PARA UM FUTURO SUSTENTÁVEL..... 79**

MARÍLIA DE CARVALHO CAMPOS, STEFANO CRIVELLARI, CRISTIANO MAZUR CHIESI

## **CAPÍTULO 5 – FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS VIVOS EM DOIS AMBIENTES ANTÁRTICOS CONTRASTANTES COMO UM EXEMPLO DA IMPORTÂNCIA DA PROTEÇÃO AMBIENTAL..... 93**

MARIA CAROLINA HERNANDEZ RIBEIRO\*, WÂNIA DULEBA, CAMILA CUNHA PASSOS, RAYSSA DE ALMEIDA VIANA, ANDERSON TARGINO DA SILVA FERREIRA

## **CAPÍTULO 6 – POTENCIAL EFEITO DESREGULADOR ENDÓCRINO E HEPATOTÓXICO DE SUBPRODUTOS DE DESINFECÇÃO PRESENTES EM ÁGUAS CONTAMINADAS COM CLOREXIDINA ..... 115**

VIVIANE DA SILVA CARVALHO, RENATA COLOMBO

**CAPÍTULO 7 – ANÁLISES POR CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA ACOPLADA A DETECTOR DE ULTRAVIOLETA DE ARRANJO DE DIODOS (CLAE-UV-DAD) DE EXTRATOS DE *MACHAERUM ACUTIFOLIUM* VOGEL E O SEU POTENCIAL ANTIOXIDANTE ..... 129**

CHARLYANA DE CARVALHO BENTO, MARCELO JOSÉ PENA FERREIRA, GABRIEL TELES DE PROENÇA, LUCIANA SAYURI TAHIRA, ÂNGELA LÚCIA BAGNATORI SARTORI, MIRIAM SANNOMIYA

**CAPÍTULO 8 – A EXPERIÊNCIA DA COLETA DE RESÍDUOS NA COMUNIDADE JARDIM KERALUX: CONFLITOS, AMBIGUIDADES E DIVERGÊNCIAS..... 143**

JACKSON CRUZ MAGALHÃES, AMANDA CSEH, SYLMARA L. F. GONÇALVES-DIAS

**CAPÍTULO 9 – A INSERÇÃO DAS FESTAS POPULARES BRASILEIRAS NA LOGÍSTICA REVERSA DE EMBALAGENS DESCARTÁVEIS DE BEBIDAS: UMA REDE EXTRAORDINÁRIA DE RECICLAGEM PÓS-CONSUMO E SUAS IMPLICAÇÕES SOCIOAMBIENTAIS ..... 163**

DUMARA REGINA DE LIMA, ANDRÉ FELIPE SIMÕES, SONIA SEGER PEREIRA MERCEDES, RAMATIS JACINO

**CAPÍTULO 10 – PANORAMA DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE DIADEMA (SP)..... 183**

LETÍCIA MOREIRA VIESBA, GIOVANO CANDIANI, ANA LUISA VIETTI BITENCOURT

**CAPÍTULO 11 – HISTÓRICO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO: ATERRAR, QUEIMAR OU APROVEITAR? ..... 199**

AMANDA CSEH, SYLMARA L. F. GONÇALVES-DIAS

**CAPÍTULO 12 – VIGIANDO A VIGILÂNCIA: UM MODELO DE MATURIDADE PARA CENTROS INTELIGENTES DE OPERAÇÕES NA PARTICIPAÇÃO DEMOCRÁTICA PELO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL URBANO ..... 223**

ANA JANE BENITES, ANDRÉ FELIPE SIMÕES

**CAPÍTULO 13 – ANÁLISE DE UM PROGRAMA SETORIAL DE GOVERNANÇA DA CADEIA DE FORNECEDORES NO VAREJO DE VESTUÁRIO BRASILEIRO ..... 243**

RITA DE CÁSSIA LOPES MORO, SONIA REGINA PAULINO

<b>CAPÍTULO 14 – O SETOR DE VESTUÁRIO E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: CARACTERIZAÇÃO E PERSPECTIVAS DE MITIGAÇÃO POR MEIO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E DA ECONOMIA CIRCULAR .....</b>	<b>261</b>
LUCAS COURY SILVEIRA, ALEXANDRE TOSHIRO IGARI, ANNELISE VENDRAMINI FELSBERG	
<b>CAPÍTULO 15 – ISO 14001:2015, DESEMPENHO AMBIENTAL, RISCOS E NÃO CONFORMIDADES LEGAIS .....</b>	<b>279</b>
JOEL PEREIRA BASTOS DA SILVA, SONIA REGINA PAULINO	
<b>CAPÍTULO 16 – PROPOSTA METODOLÓGICA DE REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA ASSOCIADA À ANÁLISE TEMÁTICA EM PESQUISA DE SUSTENTABILIDADE .....</b>	<b>299</b>
FERNANDA CERVI, TANIA PEREIRA CHRISTOPOULOS	
<b>CAPÍTULO 17 – TRÁFICO DE ANIMAIS SILVESTRES E A ALTERAÇÃO DA BIODIVERSIDADE: RELAÇÕES ENTRE APREENSÃO E DESTINAÇÃO À LUZ DOS ODS – AGENDA 2030 – ONU.....</b>	<b>317</b>
VITOR CALANDRINI, PAULO SANTOS DE ALMEIDA	
<b>CAPÍTULO 18 – USO DE AMÁLGAMA DENTÁRIO NO BRASIL: CONSIDERAÇÕES A PARTIR DA ATUAÇÃO BRASILEIRA NA CONVENÇÃO DE MINAMATA E DO PROJETO DE LEI N. 654 DE 2015.....</b>	<b>337</b>
MATHEUS FREITAS ROCHA BASTOS	
<b>NOTA SOBRE OS AUTORES E ORGANIZADORES.....</b>	<b>357</b>



## SAÚDE E CONFORTO NO AMBIENTE CLIMATIZADO: O PAPEL DA VENTILAÇÃO NA QUALIDADE DO AR INTERNO

*Roberto Oranje<sup>1</sup>, Helene Mariko Ueno<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: oranjeroberto@usp.br

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: papoula@usp.br

**Resumo:** A relação entre edifícios climatizados e a prevalência de agravos à saúde em seus ocupantes é reconhecida. Analisando a literatura publicada sobre o tema, ventilação, filtragem, limpeza e manutenção de aparelhos de ar-condicionado são fatores críticos relacionados ao edifício, podendo ter impactos negativos à saúde quando há falhas na concepção ou operação dos sistemas prediais; esses mesmos fatores, se bem dimensionados, contribuem para a eficácia da ventilação e redução do risco. A falta de renovação de ar, devido à recirculação, é outro fator crítico, principalmente em condicionadores de ar divididos (sistema *split*). Faltam estudos para determinar o efeito do comportamento dos usuários em relação a aspectos de saúde e conforto no ambiente climatizado. Identifica-se o crescimento

da preferência pelo condicionamento de ar como solução de conforto, e uma menor tolerância térmica por parte de seus usuários frequentes. Ressalta-se a criticidade que estes aspectos podem adquirir num cenário de mudanças climáticas e desafios aos objetivos do desenvolvimento sustentável.

**Palavras-chave:** ventilação, saúde, qualidade do ar interno, objetivos de desenvolvimento sustentável.

## HEALTH AND COMFORT IN AIR-CONDITIONED ENVIRONMENTS THE IMPORTANCE OF VENTILATION FOR INDOOR AIR QUALITY

**Abstract:** There is an association between air-conditioned buildings and health symptoms prevalence among its occupants. This paper analyzes these issues by means of a literature review. Ventilation, filtration, cleaning and maintenance of air-conditioning units are identified as critical factors, and may have a negative impact on health, due to failures in their design or operation; these factors, if well designed and operated, contribute to an effective ventilation and health risk reduction. The lack of air renewal, due to recirculation, is also a critical factor, especially in split system air-conditioning units. More studies on user behavior are needed to determine the effect of user attitudes regarding health and comfort aspects in air-conditioned environments. A growing preference for air-conditioning as a comfort solution is identified, as well as a decrease in thermal tolerance among its frequent users. The criticality of these aspects in a climate change scenario and challenges to the sustainable development goals are emphasized.

**Keywords:** ventilation, health, indoor air quality. Sustainable Development Goals.

### 1. INTRODUÇÃO

Existe uma associação entre edifícios climatizados e a prevalência de agravos à saúde em seus ocupantes (BRIGHTMAN *et al.*, 2008; LUIZ *et al.*, 2009; MENDELL *et al.*, 2008). A relação entre a percepção de sintomas e a permanência dos ocupantes no edifício ficou caracterizada como síndrome do edifício doente, ou *sick building syndrome* (SBS). A causa dos sintomas é desconhecida, e a maioria não persiste após o ocupante deixar o edifício (BURGE, 2004).

A prevalência dos sintomas da SBS pode estar associada a fatores pessoais e individuais, como gênero, idade, condições de trabalho e fatores psicológicos, entre outros (STENBERG *et al.*, 1994). Dos fatores relacionados ao ambiente

construído, o principal aspecto relacionado aos sintomas dessa síndrome é a ventilação. A ventilação colabora para a percepção de bem-estar e é um item importante para o conforto do usuário. A falta de ventilação e de renovação do ar contribuem para a sensação de mal-estar e aumenta o risco à saúde (FISK; MIRER; MENDELL, 2009; FISK; BLACK; BRUNNER, 2012; SUNDELL *et al.*, 2011).

Conceitualmente, uma taxa de ventilação insuficiente pode ser resultado de parâmetros de projeto e normas que priorizam aspectos de conforto e eficiência energética sobre aspectos de saúde. Operacionalmente, uma ventilação insuficiente é determinada por problemas nos sistemas de ventilação e condicionamento de ar, como falhas na limpeza e manutenção, ou filtragem inadequada. Estes problemas podem deteriorar a qualidade do ar interno (QAI) no ambiente. Por isso, indicadores de QAI devem ser monitorados regularmente. Os problemas mencionados podem ser agravados por falta de conhecimento técnico do usuário final no caso de condicionadores de ar divididos (sistema *split*).

O comportamento deste usuário é variável e pode ser inesperado e imprevisível. A aceitação do condicionamento de ar como solução técnica depende de como ela é comunicada, e a compreensão do usuário sobre o funcionamento dos aparelhos de ar-condicionado (AC) determina como ele irá operar o equipamento. O usuário não decide apenas pelo critério técnico; é também um consumidor, tem expectativas e é influenciado por tendências de mercado.

Por isso, esta pesquisa se justifica pela necessidade de maior compreensão sobre o papel e comportamento do próprio usuário para propor ações de mitigação do risco à saúde no ambiente climatizado, não só nas condições atuais, mas olhando para cenários futuros, que abrangem mudanças do clima, e frequência de eventos extremos, como ondas de calor; aumento da permanência das pessoas em ambientes internos; expansão do uso de sistemas climatizados, com ênfase nos sistemas *split*; impactos desta expansão em termos de consumo de energia e recursos naturais, bem como emissões fugitivas (vazamento de gases refrigerantes).

O objetivo deste estudo é analisar como se configura a associação entre a ventilação em edifícios climatizados e a prevalência de agravos à saúde em seus ocupantes, e que fatores influenciam a exposição do usuário ao risco de agravos à saúde, incluindo o comportamento do usuário nos aspectos de saúde e conforto do ambiente climatizado. Por fim, deixamos reflexões sobre como a complexidade dessa temática desafia os objetivos do desenvolvimento sustentável.

## 2. METODOLOGIA

A revisão da literatura baseou-se em buscas pelos termos ventilação, saúde, qualidade do ar interno, nas bases de dados Web of Science, Scopus e PubMed. Foram incluídos somente artigos – incluindo os de revisão sistemática, sem restrição de período de publicação.

Após a leitura dos títulos dos artigos e, quando necessário, dos resumos, foram selecionados aqueles que abordavam uma associação entre ventilação e saúde. Os artigos foram classificados quanto ao aspecto abordado e agrupados em quadro descritivo.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização de síndrome do edifício doente está ligada a um conjunto diversificado de sintomas de saúde. Dentre os principais, destacamos: irritação nos olhos (LUIZ *et al.*, 2009; WOLKOFF, 2013), problemas respiratórios (MENDELL *et al.*, 2008; MYATT *et al.*, 2004; SEPPÄNEN; FISK, 2002), problemas alérgicos (GRAUDENZ, G. S. *et al.*, 2005), e problemas cardiovasculares (CHUANG *et al.*, 2017). A transmissão do SARS CoV-2 pelo ar também é abordada (CHIRICO *et al.*, 2020; CORREIA *et al.*, 2020; MORAWSKA; CAO, 2020).

O Quadro 1 estabelece tipos de associação entre ventilação e sintomas de saúde nos artigos analisados. Foram identificadas as seguintes classificações: i) existente – identifica uma associação, sem quantificar seu funcionamento; ii) ar-condicionado (AC) × ventilação natural (VN) – identifica uma prevalência maior de sintomas em edifícios climatizados artificialmente em relação a edifícios com ventilação natural; iii) não causal – menciona que não evidenciou uma relação causal na associação; iv) proporcional – quantifica a influência do nível de um dos termos sobre o outro; v) não comprovada – não identificou uma associação entre ventilação e saúde.

**Quadro 1** – Estudos sobre associação entre ar-condicionado (AC), ventilação natural (VN) e/ou qualidade do ar interno (QAI) e saúde em edifícios climatizados

Autor, ano	Tipo de associação entre ventilação × saúde	Descrição
(FISK, W. J., 2018)	Existente	Tendência de melhoras na saúde respiratória com incremento das taxas de ventilação.

(GHAFFARIANHOSEINI <i>et al.</i> , 2018)	Existente	Discute o conceito de edifícios saudáveis ( <i>healthy buildings</i> ).
(STENBERG <i>et al.</i> , 1994)	Existente	Prevalência de sintomas da SBS relacionada às características pessoais e psicossociais.
(WARGOCKI, 2013)	Existente	Taxas de ventilação em residências associadas a aspectos de saúde, como asma, alergias, obstrução de vias respiratórias e SBS.
(BARROZO COSTA; DA ROCHA BRICKUS, 2000)	Existente AC × VN	A prevalência de sintomas de SBS é maior em edifícios comerciais ( <i>shopping centers</i> ) com sistemas de AC em relação a lojas com VN.
(GRAUDENZ, G. S. <i>et al.</i> , 2005)	Existente AC × VN	Sugere prevalência maior de sintomas respiratórios em edifícios selados com AC do que em edifícios com ventilação natural.
(LUIZ <i>et al.</i> , 2009)	Existente AC × VN	A prevalência de sintomas respiratórios e cansaço no edifício selado com AC foi maior do que em edifícios com ventilação natural.
(SEPPÄNEN, O.; FISK, 2002)	Existente AC × VN	A prevalência de sintomas SBS em edifícios com AC foi maior do que em edifícios com ventilação natural.
(WARGOCKI <i>et al.</i> , 2002)	Existente AC × VN	Mostra uma associação robusta entre ventilação, conforto e saúde. Indica também associação entre ventilação e produtividade no trabalho.
(CARRER <i>et al.</i> , 2015)	Existente Não causal	Taxas de ventilação maiores mitigam problemas de saúde. Não foi definida uma taxa universal eficiente para todos os sintomas.
(LUONGO <i>et al.</i> , 2016)	Existente Não causal	De forma geral, é aceito que fatores ligados a sistemas de AC podem impactar a transmissão de patógenos pelo ar.
(MYATT <i>et al.</i> , 2004)	Existente Não causal	Relação entre quantidade de vírus em amostras de ar e o grau de ventilação sugere risco à saúde em edifícios com menor ventilação.
(APTE; FISK; DAISEY, 2000)	Existente inversamente proporcional	A concentração de CO <sub>2</sub> é um indicador <i>proxy</i> para avaliar concentração de poluentes e taxa de ventilação por pessoa.

(FISK; BLACK; BRUNNER, 2012)	Existente inversamente proporcional	Cálculo do benefício econômico do incremento da ventilação no local de trabalho, medido em maior produtividade e menor absenteísmo.
(FISK; MIRER; MENDELL, 2009)	Existente inversamente proporcional	Maior taxa de ventilação reduz a prevalência de sintomas SBS.
(LI <i>et al.</i> , 2021)	Existente inversamente proporcional	Estudos indicam que taxa suficientemente alta de ventilação reduz o risco de contágio por transmissão de vírus pelo ar.
(SEPPÄNEN, O. A., 1999)	Existente inversamente proporcional	Relaciona taxa de ventilação e concentração de CO <sub>2</sub> com SBS. Elenca fatores de confusão, como características pessoas, trabalho e QAI.
(SUNDELL <i>et al.</i> , 2011)	Existente inversamente proporcional	Associa taxas de ventilação baixa a incremento no risco de alergias, sintomas SBS e infecções respiratórias.
(MADDALENA <i>et al.</i> , 2015)	Não comprovada	Alterações na taxa de ventilação não tiveram efeito na percepção da QAI ou sintomas de SBS. Reduzir ventilação impacta produtividade.
(MENZIES <i>et al.</i> , 1993)	Não comprovada	A percepção e reporte de sintomas de SBS pelos usuários não foi alterada por incrementos na renovação de ar no ambiente.

### 3.1 Ventilação e saúde

De 20 artigos avaliados (Quadro 1), 18 identificam uma associação entre ventilação e prevalência de sintomas de saúde. Destes, 6 artigos estabelecem que o incremento na ventilação reduz a prevalência de sintomas. Para Fisk, Mirer e Mendell (2009) uma redução da taxa de ventilação de 10 L/s para 5 L/s acarreta um aumento de 23% na prevalência de sintomas, enquanto um incremento de 10 L/s para 25 L/s traz um decréscimo de 29%.<sup>1</sup> Apesar do reconhecimento geral de que níveis baixos de ventilação têm impacto negativo para a saúde, não existe consenso em relação a um valor mínimo universal que garanta a mitigação do risco para todos os sintomas estudados (CARRER *et al.*, 2015).

<sup>1</sup> L/s = litros por segundo – unidade para medir a taxa de ventilação no ambiente.

Nenhum dos artigos avaliados estabeleceu uma relação causal entre a quantidade de ventilação e a prevalência de sintomas. Essa incerteza decorre do próprio delineamento de estudos epidemiológicos observacionais, da premissa de que mais fatores contribuem para a prevalência de sintomas, e de fatores de confusão na definição do papel da ventilação nesta associação. Características pessoais (e.g. gênero idade, atopia, asma) e fatores psicossociais (e.g. estresse, carga de trabalho) e satisfação influenciam a percepção de saúde do usuário (STENBERG *et al.*, 1994). Outros fatores, como a idade do edifício, janelas fixas, *layout* e materiais de acabamento devem ser ponderados neste sentido (SEPPÄNEN, 1999).

Dois estudos não identificaram esta associação: Maddalena *et al.* (2015) concluíram que alterações na taxa de ventilação não tiveram efeito na percepção da qualidade do ar interno ou sintomas da síndrome do edifício doente. No entanto, a redução da ventilação prejudicou a produtividade, medida pelo desempenho em testes cognitivos. Menzies *et al.* (1993) também não identificaram uma associação, mas foram criticados pelo curto período do experimento, que pode ter prejudicado a percepção de sintomas de saúde (STENBERG *et al.*, 1994), e pelo uso de um método simplificado para cálculo da ventilação, utilizando a concentração de CO<sub>2</sub> no ambiente. Mais do que uma crítica específica, os comentários espelham dificuldades comuns aos estudos sobre esta associação.

No contexto atual da pandemia por COVID-19, a ventilação é identificada como um meio para reduzir a transmissão do vírus pelo ar. Simulações computacionais confirmaram a eficácia da ventilação em encurtar o tempo de permanência de aerossóis (que podem conter o vírus) em suspensão no ambiente (JANKOVIC, 2020; LI *et al.*, 2021). Em situações de pouca ou nenhuma ventilação, os aerossóis podem permanecer no ambiente por horas. Os níveis atuais de filtragem não retêm estas partículas; foi analisada também a eficácia do uso de luz ultravioleta UVC para reduzir a transmissão do vírus (GARCÍA DE ABAJO *et al.*, 2020). Entretanto, ainda faltam estudos para determinar o papel do AC na transmissão pelo ar do SARS-CoV-2 (CHIRICO *et al.*, 2020; CORREIA *et al.*, 2020).

### 3.2 Ventilação natural × Ar-condicionado

Em comparação com edifícios com ventilação natural, edifícios com sistemas de condicionamento do ar (AC) apresentam uma prevalência maior de sintomas da síndrome do edifício doente (GRAUDENZ *et al.*, 2005; WARGOCKI *et al.*, 2002), que pode ser da ordem de 30% a 200% maior (SEPPÄNEN; FISK, 2002). Este resultado pode ser atribuído a características como recirculação do ar, acúmulo de poluentes em componentes do sistema, ou proximidade da tomada de

ar externo (TAE) de fontes de poluição externa, como veículos, coletores de lixo etc. (MENDELL *et al.*, 2008). Nem sempre é fácil identificar estas características; em um dos estudos analisados, apesar de ter sido medido um nível mais alto de poluentes no edifício com ventilação natural (VN), a prevalência de sintomas foi maior no edifício selado e com condicionamento de ar (LUIZ *et al.*, 2009).

Fatores psicológicos também colaboram para este resultado. Edifícios com janelas fixas, que não permitem abertura, tendem a ter uma prevalência maior de sintomas devido à insatisfação do usuário por não dispor desta opção de controle individual das condições ambientais. A sensação de isolamento em relação ao ambiente externo também pode influenciar o relato de sintomas (SEPPÄNEN; FISK, 2002). A memória térmica influencia a avaliação do usuário: pessoas com maior tempo de exposição a ambientes com AC são mais predispostas a preferir esta solução para seu conforto; e pessoas com pouca ou nenhuma exposição a ambientes com AC tendem a preferir a ventilação natural (CÂNDIDO *et al.*, 2010; RAMOS *et al.*, 2020; VECCHI; CÂNDIDO; LAMBERTS, 2016).

O uso contínuo do AC pode acarretar uma tolerância menor em relação ao estresse térmico devido às temperaturas altas no ambiente externo (KRÜGER; DRACH; BRÖDE, 2015). O choque térmico ao sair de um edifício climatizado para um ambiente externo com temperaturas altas (ou vice-versa) pode fazer mal à saúde de seus ocupantes (BARROZO COSTA; DA ROCHA BRICKUS, 2000).

### 3.3 Limpeza e manutenção de sistemas de ar-condicionado

Alguns fatores podem confundir a identificação do papel da ventilação em relação à prevalência de sintomas de saúde ou impactar a eficácia da ventilação, expondo o usuário a risco de saúde.

A ventilação é responsável por diluir e extrair poluentes, como o gás carbônico expirado pelos usuários, poeira, mofo, compostos orgânicos voláteis e patógenos. Componentes do sistema de condicionamento de ar, como dutos, filtros e bandejas de drenagem, podem acumular estes poluentes e reduzir a eficácia da ventilação, independentemente do porte do equipamento ou sistema.

Uma pesquisa em 150 residências com ventilação mecânica na Holanda constatou que em 66% das casas a manutenção ocorria em intervalos maiores do que um ano; contaminação por pó e sujeira nos dutos foi registrada em 77% das casas, apesar de terem sido recentemente construídas (BALVERS *et al.*, 2012). O estudo não menciona, mas é possível que essa sujeira seja ainda do processo de construção. Num estudo comparativo com 97 edifícios climatizados, Mendell *et al.* (2008) identificaram aumento na prevalência de sintomas quando a programação

de limpeza e manutenção é anual em vez de semestral, e incremento significativo na prevalência de sintomas nos edifícios em que não havia uma programação de manutenção preventiva definida. Em outro caso, verificou-se redução na prevalência de sintomas SBS em ocupantes de um edifício após uma intervenção para limpeza geral e renovação do sistema de AC (GRAUDENZ *et al.*, 2004). Existe, portanto, uma relação entre ventilação e exposição a poluentes; se houver maior controle das fontes de poluição, as taxas requeridas de ventilação poderão ser menores (WARGOCKI, 2013). Limpeza e manutenção são recursos essenciais para atingir este objetivo.

### 3.4 Filtragem

Outro recurso para o controle de fontes de poluição no ambiente interno é a filtragem do ar. Os poluentes acumulados nos sistemas de condicionamento do ar (AC) ou dispersos no ambiente podem ter como origem os usuários do edifício e suas atividades (CO<sub>2</sub>, odores, tabagismo, patógenos), a presença de compostos orgânicos voláteis (COV) nos materiais de construção utilizados, aspectos de qualidade do ar interno (umidade, mofo), e o ar externo (combustão de veículos, poeira, poluição atmosférica). O efeito para a saúde foi estudado: a filtragem do ar com filtro fino de alta eficiência (*high efficiency particulate arrestance* – HEPA) foi associada à redução de sintomas de asma (MCDONALD *et al.*, 2002); a filtragem de material particulado PM<sub>2,5</sub> foi associada à saúde cardiovascular em adultos (CHUANG *et al.*, 2017).

A filtragem não tem ação sobre a natureza do poluente, mas retém partículas de acordo com seu tamanho. Historicamente, a necessidade de filtragem é associada à função ou processo que ocorre no edifício. As classes de filtros mais finos da norma brasileira NBR 16401-3, por exemplo, são exigidas em bibliotecas, museus e gráficas. A norma ISO 16890, publicada em 2016, questiona este paradigma, e analisa classes de filtragem de acordo com seu efeito para a saúde humana. Esta norma considera a filtragem de partículas de poeira (PM<sub>10</sub>=10 µm), partículas inaláveis/respiráveis (PM<sub>2,5</sub>= 2,5µm) e partículas que podem entrar na corrente sanguínea (PM<sub>1</sub>=1 µm).

Especificar filtros mais eficientes (finos) tem impacto de custo, por necessidade de troca mais frequente, e por demandar mais energia do sistema de AC para manter a mesma taxa de ventilação. No entanto, o custo estimado devido a problemas de saúde em decorrência da exposição a um ambiente mais poluído chega a ser cinco vezes maior do que o custo da manutenção regular e adequada (BEN-DAVID; WARING, 2018).

### 3.5 Recirculação

Sistemas centrais de condicionadores de ar (AC) captam ar externo e o insuflam no ambiente regulando sua temperatura e umidade. Parte desse ar será exaurido, mas outra parte volta ao ambiente como ar recirculado (ar de retorno), visando à maior eficiência energética do sistema. No caso de AC divididos (sistema *split*), é comum que haja somente recirculação, sem captação de ar externo. A recirculação é um fator que confunde a definição do papel da ventilação, por falta de clareza quanto à terminologia (se a taxa de ventilação inclui ou não o ar recirculado), redundando em dificuldades metodológicas para o próprio cálculo da taxa de ventilação (LUONGO *et al.*, 2016; PERSILY, 2016).

A recirculação acarreta um aumento na concentração de CO<sub>2</sub>, de acordo com a ocupação e atividade humana no ambiente num dado momento. Um estudo em 33 edifícios de escritórios no Brasil mostrou que 9% deles não tinham qualquer dispositivo para captação de ar externo, e 21% apresentavam problemas, devido a tomadas de ar externo muito pequenas ou parcialmente bloqueadas (BORGSTEIN; LAMBERTS; HENSEN, 2018).

Em condicionadores de ar divididos (sistema *split*), o problema de recirculação é crônico e inerente ao produto. Um experimento na Indonésia buscou contestar que a captação de ar externo por infiltração através de frestas é suficiente para atender à taxa mínima de ventilação (BIMARIDI *et al.*, 2017; PUTRA *et al.*, 2017). A medição indicou que essa captação de ar através das frestas atende apenas 7% do volume de ar necessário. Em outro experimento, dormitórios equipados com condicionadores divididos tipo *split* ou condicionadores compactos de janela alcançaram em média, respectivamente, uma taxa de ventilação por infiltração de 1,8 L/s e 3,4 L/s, ambas muito abaixo do mínimo estabelecido por norma em Hong Kong – 7,5 L/s por pessoa (LIN; DENG, 2003). Ainda outro estudo acompanhou o uso de condicionadores divididos tipo *split* em oito quitinetes em Hong Kong, e comparou a um período de controle sem uso do condicionador. No ambiente climatizado foi medida uma concentração de CO 312% maior e uma concentração de CO<sub>2</sub> 86% maior (CHEUNG; JIM, 2019).

Filragem, limpeza e manutenção são fatores que podem interagir com a ventilação no sentido de obter uma melhora na qualidade do ar interno e diminuir o risco à saúde. A recirculação de ar torna estes fatores mais críticos e exige um desempenho melhor de cada um deles.

Reduzir ou eliminar a recirculação de ar tem sido sugerido como medida de precaução ao risco de transmissão do SARS-CoV-2 pelo ar. Entretanto, implica o

aumento de consumo de energia em sistemas centrais de AC, principalmente em climas mais quentes. Em ambientes climatizados com condicionadores divididos tipo *split*, implica abrir as janelas, a não ser que se faça uma reforma no imóvel para dotar o ambiente de uma tomada de ar externo independente.

### 3.6 Gerenciamento da operação

Para gerenciar a qualidade do ar interno durante a operação e uso de condicionadores de ar, visando reduzir riscos à saúde, é importante medir e acompanhar em tempo real alguns indicadores principais, como concentração de CO<sub>2</sub>, temperatura e umidade, permitindo ajustes rápidos e detecção de possíveis problemas (SAINI; DUTTA; MARQUES, 2020). Apesar da concentração de CO<sub>2</sub> não ser representativa para outros poluentes, é um indicador que evidencia a interação entre ocupação e atividade humana, taxa de ventilação e recirculação, e de poluentes. Existem dispositivos em desenvolvimento e já comercializados que permitem monitoramento remoto destes indicadores em tempo real, por meio da internet das coisas (ESQUIAGOLA *et al.*, 2018).

### 3.7 Definição de normas para taxas de ventilação

Os artigos analisados identificam que, em parte, os problemas nos sistemas de condicionamento do ar são originados na concepção de projeto. Assume-se que estes projetos estão aderentes às normas existentes, mas frequentemente limitados aos níveis mínimos prescritos. Partindo deste princípio norteador, as normas vigentes podem configurar um fator de risco ao usuário em relação à prevalência de sintomas de saúde associados à falta de ventilação.

Contudo, os resultados dos estudos analisados são insuficientes para elaboração de novas normas ou regulamentos técnicos, dadas as incertezas em relação aos estudos. Existe um movimento em direção à incorporação de aspectos de saúde na definição de normas de ventilação. O *framework* proposto subordina a ventilação ao controle de fontes de poluição, para que haja uma sinergia de esforços (CARRER *et al.*, 2018).

A definição de taxas de ventilação começou a ser estudada a partir da segunda metade do século XIX, com foco no controle de odores de bioefluentes humanos. Este é apenas um dos poluentes encontrados no ambiente interno, mas serve de base para normas vigentes (PERSILY, 2006). Incluir aspectos de saúde na definição de normas esbarra na própria definição de saúde: se considerarmos a definição da Organização Mundial de Saúde (OMS) de 1948, bem-estar e saúde se confundem.

Nesse sentido, se propiciar conforto (medido pela satisfação dos usuários) reduz riscos à saúde, apresenta-se como hipótese a ser testada (WARGOCKI, 2013).

### 3.8 Comportamento do usuário

Culturalmente, a maioria dos brasileiros ainda prefere a ventilação natural (VN) ao ar-condicionado (AC). Isto se deve a uma aceitabilidade térmica maior, mas também está ligado ao hábito: a preferência por VN é maior entre pessoas que não estudam, vivem ou trabalham em ambientes com AC (CÂNDIDO *et al.*, 2010). Indivíduos que permanecem mais de oito horas num ambiente climatizado preferem esta solução de conforto. O hábito condiciona ainda a percepção: 60% dos usuários expostos ao AC consideram 26 °C uma temperatura inaceitável, contra 20% dos usuários não expostos ao AC. Gênero também influencia a preferência: 75% dos homens preferem AC, contra 21% das mulheres (VECCHI; CÂNDIDO; LAMBERTS, 2016).

Do ponto de vista do usuário como consumidor, o AC não atende apenas o conforto fisiológico, mas também aspectos sociais e psicológicos. Ele evita o suor corporal e torna confortável o uso de vestimentas mais formais (GOU; LAU; LIN, 2017). Ele permite dormir com edredom no clima equatorial da Malásia (JAAFAR; CROXFORD, 2010). É um símbolo de *status* para seu usuário, mas acaba impondo uma homogeneização do conforto e perda de cultura local, em termos de estratégias adaptativas ou mesmo de convivência no ambiente externo (ARSENAULT, 1984; HEALY, 2008).

Em nível individual, é necessário entender que informação o usuário recebe para operar o equipamento de AC. Se os controles são ambíguos quanto à sua função, e não mostram mudança no ambiente quando são operados, é provável que não sejam utilizados para fazer o sistema funcionar como planejado. Se o usuário não entendeu a função do termostato, ou não irá utilizá-lo, limitando-se a ligar e desligar o equipamento, ou indicará uma temperatura bem mais baixa, pensando que assim a condição de conforto será atingida em menos tempo (KARJALAINEN; KOISTINEN, 2007; PEFER *et al.*, 2011).

O comportamento humano é complexo. Hábitos pregressos, contexto cultural, consciência, atitude, crenças, valores, são construtos que fundamentam o comportamento do usuário na interação com sistemas de AC (HEYDARIAN *et al.*, 2020). Simulações tradicionais conferem um caráter determinístico em relação à operação, assumindo uma programação e temperatura fixas a partir das quais o usuário ligará o AC. Medições de campo indicaram que o comportamento do usuário é estocástico, com programações e temperaturas de acionamento variáveis

(YAO, 2018). A maioria dos estudos comportamentais enfoca os efeitos das atitudes do usuário em relação ao desempenho energético do edifício, quantificando a lacuna entre a eficiência planejada e a medida com o edifício em operação. Faltam estudos sobre como estas atitudes podem afetar as condições de saúde e conforto no ambiente climatizado.

### **3.9 Cenários futuros**

Algumas tendências que se desenham para o futuro poderão impactar a associação entre ventilação, prevalência de agravos à saúde, formas de uso e ocupação de ambientes fechados e influir nos fatores de risco apontados.

A temperatura deve subir, exigindo maior resiliência dos edifícios e seus sistemas para manter uma condição de conforto. Uma simulação calculou que a demanda de resfriamento irá dobrar na cidade de Belém, PA, até 2080 (INVIDIATA; GHISI, 2016). O estudo prevê ainda que a esta altura não será viável manter edifícios com VN, devido às condições extremas do clima. Cidades dependentes de AC se tornarão mais vulneráveis a panes num setor elétrico provavelmente sobrecarregado (LUNDGREN-KOWNACKI *et al.*, 2018). Além disso, a permanência em ambientes com AC pode impactar a capacidade do ser humano de (re) aclimação ao calor, tornando o usuário menos tolerante e mais dependente da climatização artificial. Embora não tenha sido tratada aqui, a preocupação com eventos climáticos extremos inclui ondas de frio e a eventual necessidade de elevar a temperatura em ambientes fechados. Do ponto de vista técnico, os desafios são equivalentes em relação à qualidade do ar interno, gasto energético, conforto térmico e riscos à saúde.

Medidas de adaptação e reforma em edifícios para aumentar sua resiliência em relação a cenários futuros envolvem não apenas o desenvolvimento de soluções técnicas, mas o questionamento de padrões uniformes de conforto atuais, promovendo a adaptação ao clima, em vez do controle sobre ele (CHAPPELLS; SHOVE, 2005). Para edificações novas, pode-se pensar em projetos mais adequados e adaptáveis, tanto ao frio quanto ao calor, e que considerem também padrões de uso e ocupação em relação a riscos de doenças transmissíveis pelas vias respiratórias.

Nesse cenário, atingir as metas dos objetivos da sustentabilidade torna-se mais desafiador: será necessário encontrar soluções para lidar com eventos climáticos extremos (ODS-13), com eficiência energética (ODS-7) e segurança à saúde (ODS-3). Contribuir para cidades sustentáveis (ODS-11) requer sistemas de produção e consumo conscientes (ODS-12), que dependem do comportamento do consumidor.

## 4. CONCLUSÕES

Identifica-se uma associação entre a ventilação e a prevalência de agravos à saúde em edifícios climatizados. Existe uma proporcionalidade nesta associação, ou seja, níveis baixos de ventilação têm impacto negativo para a saúde, e o aumento da ventilação pode acarretar uma redução da prevalência dos sintomas. Não foi possível definir uma taxa mínima de ventilação que fosse universal.

Edifícios com condicionamento de ar apresentam uma prevalência maior de sintomas, quando comparados com edifícios com ventilação natural. Isto decorre não só das características destes edifícios, mas de como são percebidos pelo usuário. Insatisfação com a falta de autonomia para, por exemplo, abrir uma janela, ou o choque térmico ao sair de um edifício climatizado para um ambiente externo com temperaturas altas, pode predispor o usuário a ter uma avaliação negativa. Em contrapartida, cada vez mais pessoas permanecem boa parte do dia em ambientes climatizados, tornando-se defensores e dependentes deste tipo de solução de conforto.

Alguns fatores impactam a eficácia da ventilação, expondo o usuário a risco de saúde. Filtragem, limpeza e manutenção podem ter um efeito negativo, quando há falhas na sua concepção ou operação; podem também colaborar para a efetividade e eficiência da ventilação. A recirculação do ar é um fator até certo ponto inevitável, e inerente a condicionadores de ar divididos (sistema *split*). Nesse sentido, é importante que as normas de ventilação sejam revistas, incluindo aspectos de saúde e olhando para a ventilação de forma mais abrangente.

Em relação ao comportamento do usuário, faltam estudos para determinar o efeito das atitudes em relação a aspectos de saúde e conforto. Culturalmente, a preferência pelo ar-condicionado cresce à medida que as pessoas passam mais tempo em ambientes climatizados, mesmo que isso acarrete uma menor tolerância e capacidade de aclimação. O uso social do ar-condicionado leva a uma monotonia térmica, à perda de valores locais e de convivência no ambiente externo. É reconhecida uma lacuna entre o comportamento esperado e o que acontece na realidade. Essa lacuna é bastante estudada do ponto de vista do desempenho energético resultante, mas ainda não suficientemente sob a ótica da saúde e do conforto.

O presente estudo busca contribuir nesse sentido, reforçando a importância do tema e alertando para o fato de que estas questões tendem a tornar-se mais críticas num cenário de mudanças climáticas. A solução para esta questão não são edifícios saudáveis, em contraposição a edifícios doentes. É uma dicotomia

desnecessária e improdutiva. Visando um ambiente saudável, será mais produtivo questionar a uniformidade dos padrões de conforto atuais, numa visão holística que respeite diferenças pessoais, regionais e climáticas. Mais do que cumprir metas dos objetivos de desenvolvimento sustentável, é necessário compatibilizar soluções. Do contrário, atingir algumas metas pode implicar retrocessos em outras, o que não é sustentável no longo prazo.

## REFERÊNCIAS

APTE, Michael G.; FISK, William J.; DAISEY, Joan M. Associations between indoor CO<sub>2</sub> concentrations and sick building syndrome symptoms in U.S. office buildings: An analysis of the 1994-1996 BASE study data. **Indoor Air**, v. 10, n. 4, p. 246–257, 2000.

ARSENAULT, Raymond. The End of the Long Hot Summer: The Air Conditioner and Southern Culture. **The Journal of Southern History**, v. 50, n. 4, p. 597–628, 1984.

BALVERS, Jaap; BOGERS, Rik; JONGENEEL, Rob; VAN KAMP, Irene; BOERSTRA, Atze; VAN DIJKEN, Froukje. Mechanical ventilation in recently built Dutch homes: Technical shortcomings, possibilities for improvement, perceived indoor environment and health effects. **Architectural Science Review**, v. 55, n. 1, p. 4–14, 2012.

BARROZO COSTA, Maria De Fatima; DA ROCHA BRICKUS, Leila Souza. Effect of ventilation systems on prevalence of symptoms associated with “sick buildings” in Brazilian commercial establishments. **Archives of Environmental Health**, v. 55, n. 4, p. 279–283, 2000.

BEN-DAVID, T.; WARING, M. S. Interplay of ventilation and filtration: Differential analysis of cost function combining energy use and indoor exposure to PM<sub>2.5</sub> and ozone. **Building and Environment**, v. 128, n. August 2017, p. 320–335, 2018.

BIMARIDI, A.; PUTRA, K. D.; DJUNAEDY, E.; KIROM, M. R. Assessment of Outside Air Supply for Split AC system – Part A: Affordable Instrument. **Procedia Engineering**, v. 170, p. 248–254, 2017.

BORGSTEIN, E. H.; LAMBERTS, R.; HENSEN, J. L.M. Mapping failures in energy and environmental performance of buildings. **Energy and Buildings**, v. 158, p. 476–485, 2018.

BRIGHTMAN, H. S.; MILTON, D. K.; WYPIJ, D.; BURGE, H. A.; SPENGLER, J. D. Evaluating building-related symptoms using the US EPA BASE study results. **Indoor Air**, v. 18, n. 4, p. 335–345, 2008.

BURGE, P. S. Sick building syndrome. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 61, n. 2, p. 185–190, 2004.

CÂNDIDO, C.; DE DEAR, R.; LAMBERTS, R.; BITTENCOURT, L. Cooling exposure in hot humid climates: Are occupants “addicted”? **Architectural Science Review**, v. 53, n. 1, p. 59–64, 2010.

CARRER, P.; DE OLIVEIRA FERNANDES, E.; SANTOS, H.; HÄNNINEN, O.; KEPHALOPOULOS, S.; WARGOCKI, P. On the development of health-based ventilation guidelines: Principles and framework. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 7, 2018.

CARRER, P.; WARGOCKI, P.; FANETTI, Annaclara; BISCHOF, W.; DE OLIVEIRA FERNANDES, E.; HARTMANN, T. *et al.* What does the scientific literature tell us about the ventilation-health relationship in public and residential buildings? **Building and Environment**, v. 94, n. P1, p. 273–286, 2015.

CHAPPELLS, H.; SHOVE, E. Debating the future of comfort: Environmental sustainability, energy consumption and the indoor environment. **Building Research and Information**, v. 33, n. 1, p. 32–40, 2005.

CHEUNG, P. K.; JIM, C. Y. Impacts of air conditioning on air quality in tiny homes in Hong Kong. **Science of the Total Environment**, v. 684, p. 434–444, 20 Sep. 2019.

CHIRICO, F.; SACCO, A.; BRAGAZZI, N. L.; MAGNAVITA, N. Can air-conditioning systems contribute to the spread of SARS/MERS/COVID-19 infection? Insights from a rapid review of the literature. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 17, p. 1–11, 2020.

CHUANG, H. C.; HO, K. F.; LIN, L. Y.; CHANG, T. Y.; HONG, G. B.; MA, C. M. *et al.* Long-term indoor air conditioner filtration and cardiovascular health: A randomized crossover intervention study. **Environment International**, v. 106, n. 250, p. 91–96, 2017.

CORREIA, G.; RODRIGUES, L.; GAMEIRO DA SILVA, M.; GONÇALVES, T. Airborne route and bad use of ventilation systems as non-negligible factors in SARS-CoV-2 transmission. **Medical Hypotheses**, v. 141, n. April, p. 109781, 2020.

ESQUIAGOLA, J.; MANINI, M.; AIKAWA, A.; YOSHIOKA, L.; ZUFFO, M. Monitoring Indoor Air Quality by using IoT Technology. 2018. **Proceedings of the 2018 IEEE 25th International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing, INTERCON 2018** [...]. [S.l.]: IEEE, 2018. p. 2018–2021. <https://doi.org/10.1109/INTERCON.2018.8526380>.

FISK, W. J. How home ventilation rates affect health: A literature review. **Indoor Air**, v. 28, p. 473–487, 2018.

FISK, W. J.; MIRER, A. G.; MENDELL, M. J. Quantitative relationship of sick building syndrome symptoms with ventilation rates. **Indoor Air**, v. 19, n. 2, p. 159–165, 2009.

FISK, W. J.; BLACK, D.; BRUNNER, G.. Changing ventilation rates in U.S. offices: Implications for health, work performance, energy, and associated economics. **Building and Environment**, v. 47, n. 1, p. 368–372, 2012.

GARCÍA DE ABAJO, F. J.; HERNÁNDEZ, R. J.; KAMINER, I.; MEYERHANS, A.; ROSELL-LLOMPART, J.; SANCHEZ-ELSNER, T.. Back to Normal: An Old Physics Route to Reduce SARS-CoV-2 Transmission in Indoor Spaces. **ACS Nano**, v. 14, n. 7, p. 7704–7713, 2020.

GHAFFARIANHOSEINI, A.; ALWAER, H.; OMRANY, H.; GHAFFARIANHOSEINI, A.; ALALOUCHE, C.; CLEMENTS-CROOME, D.; TOOKEY, J. Sick building syndrome: are we doing enough? **Architectural Science Review**, v. 61, n. 3, p. 99–121, 2018.

GOU, Z.; LAU, S. Y. S.; LIN, P. Understanding domestic air-conditioning use behaviours: Disciplined body and frugal life. **Habitat International**, v. 60, p. 50–57, 2017.

GRAUDENZ, G. S.; OLIVEIRA, C. H.; TRIBESS, A.; MENDES, C.; LATORRE, M. R.D.O.; KALIL, J. Association of air-conditioning with respiratory symptoms in office workers in tropical climate. **Indoor Air**, v. 15, n. 1, p. 62–66, 2005.

GRAUDENZ, G. S.; KALIL, J.; SALDIVA, P. H.; LATORRE, M. do R. D. O.; MORATO-CASTRO, F. F. Decreased Respiratory Symptoms after Intervention in Artificially Ventilated Offices in São Paulo, Brazil. **Chest**, Brazil, v. 125, n. 1, p. 326–329, 2004.

HEALY, Stephen. Air-conditioning and the “homogenization” of people and built environments. **Building Research and Information**, v. 36, n. 4, p. 312–322, 2008.

HEYDARIAN, A.; MCILVENNIE, C.; ARPAN, L.; YOUSEFI, S.; SYNDICUS, M.; S., Marcel *et al.* What drives our behaviors in buildings? A review on occupant interactions with building systems from the lens of behavioral theories. **Building and Environment**, v. 179, p. 106928, April 2020.

INVIDIATA, A.; GHISI, E. Impact of climate change on heating and cooling energy demand in houses in Brazil. **Energy and Buildings**, Brazil, v. 130, n. 2016, p. 20–32, 15 Oct. 2016.

JAAFAR, M. F. Z. bin; CROXFORD, B. Adapting to technology: The case of air conditioning use in Malaysian Homes. 2010. **Proceedings of Conference: Adapting to Change: New Thinking on Comfort, WINDSOR 2010 [...]**. p. 9–11. 2010.

JANKOVIC, L. Experiments with self-organised simulation of movement of infectious aerosols in buildings. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 12, 2020.

KARJALAINEN, S.; KOISTINEN, O. User problems with individual temperature control in offices. **Building and Environment**, v. 42, n. 8, p. 2880–2887, 2007.

KRÜGER, E.; DRACH, P.; BRÖDE, P. Implications of air-conditioning use on thermal perception in open spaces: A field study in downtown Rio de Janeiro. **Building and Environment**, v. 94, p. 417–425, 2015.

LI, Y.; QIAN, H.; HANG, J.; CHEN, X.; CHENG, P.; LING, H.; *et al.* Probable airborne transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. **Building and Environment**, v. 196, p. 107788, February 2021.

LIN, Z.; DENG, S. The outdoor air ventilation rate in high-rise residences employing room air conditioners. **Building and Environment**, v. 38, n. 12, p. 1389–1399, 2003.

LUIZ, J.; RIOS, de M.; LAERTE, J.; GIODA, A.; YARA, C.; RADLER, F. *et al.* Symptoms prevalence among office workers of a sealed versus a non-sealed building: Associations to indoor air quality. **Environment International**, Brasil, v. 35, n. 8, p. 1136–1141, 2009.

LUNDGREN-KOWNACKI, K.; HORNYANSZKY, E. D.; CHU, T. A.; OLSSON, J. A.; BECKER, P. Challenges of using air conditioning in an increasingly hot climate. **International Journal of Biometeorology**, v. 62, n. 3, p. 401–412, 2018.

LUONGO, J. C.; FENNELLY, K. P.; KEEN, J. A.; ZHAI, Z. J.; JONES, B. W.; MILLER, S. L. Role of mechanical ventilation in the airborne transmission of infectious agents in buildings. **Indoor air**, v. 26, n. 5, p. 666–678, 2016.

MADDALENA, R.; MENDELL, M. J.; ELISEEVA, K.; CHAN, W. R.; SULLIVAN, D. P.; RUSSELL, M. et al. Effects of ventilation rate per person and per floor area on perceived air quality, sick building syndrome symptoms, and decision-making. **Indoor Air**, v. 25, n. 4, p. 362–370, 2015.

MCDONALD, E.; COOK, D.; NEWMAN, T.; GRIFFITH, L.; COX, G.; GUYATT, G. Effect of air filtration systems on asthma: A systematic review of randomized trials. **Chest**, v. 122, n. 5, p. 1535–1542, 2002.

MENDELL, M. J.; LEI-GOMEZ, Q.; MIRER, A. G.; SEPPÄNEN, O.; BRUNNER, G. Risk factors in heating, ventilating, and air-conditioning systems for occupant symptoms in US office buildings: The US EPA BASE study. **Indoor Air**, v. 18, n. 4, p. 301–316, 2008.

MENZIES, R.; TAMBLYN, R.; FARANT, J.-P.; HANLEY, J.; NUNES, F.; TAMBLYN, R. The effect of varying levels of outdoor-air supply on the symptoms of sick building syndrome. **The New England Journal of medicine**, v. 328, n. 12, 1993.

MORAWSKA, L.; CAO, J. Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. **Environment International**, v. 139, April, p. 105730, 2020.

MYATT, T. A.; JOHNSTON, S. L.; ZUO, Z.; WAND, M.; KEBADZE, T.; RUDNICK, S.; MILTON, D. K. Detection of airborne rhinovirus and its relation to outdoor air supply in office environments. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 169, n. 11, p. 1187–1190, 2004.

PEFFER, T.; PRITONI, M.; MEIER, A.; ARAGON, C.; PERRY, D. How people use thermostats in homes: A review. **Building and Environment**, v. 46, n. 12, p. 2529–2541, 2011.

PERSILY, A. K. Field measurement of ventilation rates. **Indoor Air**, v. 26, n. 1, p. 97–111, 2016.

PERSILY, A. What we think we know about ventilation. **International Journal of Ventilation**, v. 5, n. 3, p. 275–290, 2006. <https://doi.org/10.1080/14733315.2006.11683745>.

PUTRA, K. D.; DJUNAEDY, E.; BIMARIDI, A.; KIROM, M. R. Assessment of Outside Air Supply for Split AC System Part B: Experiment. **Procedia Engineering**, v. 170, p. 255–260, 2017.

RAMOS, G.; LAMBERTS, R.; ABRAHÃO, K. C.F.J.; BANDEIRA, F. B.; BARBOSA TEIXEIRA, C. F.; BRITO DE LIMA, M. et al. Adaptive behaviour

and air conditioning use in Brazilian residential buildings. **Building Research and Information**, Brasil, , p. 1–16, 2020.

SAINI, J.; DUTTA, M.; MARQUES, G. Indoor air quality prediction systems for smart environments: A systematic review. **Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments**, v. 12, n. 5, p. 433–453, 2020.

SEPPÄNEN, O. A. Association of ventilation rates and CO<sub>2</sub> concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings. **Indoor Air**, v. 9, n. 4, p. 226–252, 1999.

SEPPÄNEN, O.; FISK, W. J. Association of ventilation system type with SBS symptoms in office workers. **Indoor Air**, v. 12, n. 2, p. 98–112, 2002.

STENBERG, B.; ERIKSSON, N.; HÖÖG, J.; SUNDELL, J.; WALL, S. The sick building syndrome (SBS) in office workers. a case-referent study of personal, psychosocial and building-related risk indicators. **International Journal of Epidemiology**, v. 23, n. 6, p. 1190–1197, 1994.

SUNDELL, J.; LEVIN, H.; NAZAROFF, W. W.; CAIN, W. S.; FISK, W. J.; GRIMSRUD, D. T.; et al. Ventilation rates and health: Multidisciplinary review of the scientific literature. **Indoor Air**, v. 21, n. 3, p. 191–204, 2011.

VECCHI, R. de; CÂNDIDO, C. M.; LAMBERTS, R. Thermal history and comfort in a Brazilian subtropical climate: a “cool” addiction hypothesis. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 7–20, 2016.

WARGOCKI, P. The Effects of Ventilation in Homes on Health. **International Journal of Ventilation**, v. 12, n. 2, p. 101–118, 2013.

WARGOCKI, P.; SUNDELL, J.; BISCHOF, W.; BRUNDRETT, G.; FANGER, P. O.; GYNTELBERG, F. et al. Ventilation and health in non-industrial indoor environments: Report from a European Multidisciplinary Scientific Consensus Meeting (EUROVEN). **Indoor Air**, v. 12, n. 2, p. 113–128, 2002.

WOLKOFF, P. Indoor air pollutants in office environments: Assessment of comfort, health, and performance. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 216, n. 4, p. 371–394, 2013.

YAO, J. Modelling and simulating occupant behaviour on air conditioning in residential buildings. **Energy and Buildings**, v. 175, August, p. 1–10, 2018.

# SUSTENTABILIDADE NA PERSPECTIVA DA CONSERVAÇÃO DE COLEÇÕES EM MUSEUS

*Anna Laura Canuto R. de Andrade<sup>1</sup>, Andrea Cavicchioli<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: annalaura@usp.br

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: andrecav@usp.br

**Resumo:** A pesquisa resgata os principais caminhos de aproximação do universo da conservação de bens culturais e das tendências da sustentabilidade, discutindo o papel do diagnóstico microclimático em museus para definição de estratégias de conservação preventiva e inserindo o tema da sustentabilidade nas práticas museológicas. Este trabalho busca sistematizar a ligação entre conservação preventiva e sustentabilidade, ponderando a pertinência de tais saberes para a gestão dos espaços de museus e preservação dos bens culturais. Essas questões reforçam a importância do diagnóstico dos espaços de conservação como ferramenta de planejamento de ações preventivas frente às tradicionais abordagens de controle ambiental mecanizado e automatizado, vislumbrando estratégias alternativas que valorizem características locais, minimizando vulnerabilidades e contribuindo concretamente com o desenvolvimento sustentável.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Museus. Gerenciamento Ambiental.

## SUSTAINABILITY FROM THE PERSPECTIVE OF COLLECTION CONSERVATION IN MUSEUMS

**Abstract:** The research retrieves the main paths for bridging the universe of cultural heritage conservation with the trends of sustainability, discussing the role of microclimate diagnostics of areas used for museological functions in preventive conservation strategies, also contributing to the insertion of the theme of sustainability in museums. This paper seeks to systematize the relationship between preventive conservation and sustainability, assessing the relevance of such knowledge for the management of museum spaces and the preservation of cultural assets. These issues reinforce the importance of diagnostics of conservation areas as a planning instrument for preventive actions instead of traditional approaches based on mechanized and automated environmental control, envisioning alternative strategies that value local characteristics, minimizing vulnerabilities and contributing to sustainable development.

**Keywords:** Sustainability. Museums. Environmental Management.

### 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, temas ligados à sustentabilidade vêm ocupando espaço no campo da preservação de bens culturais, com expressiva influência nas práticas de conservação, tornando-se exercício importante para os profissionais e encontrando um campo fértil de debates. Essa aproximação tem possibilitado reflexões sobre as práticas museológicas no cumprimento da missão institucional de proteger e garantir acesso aos bens pela sociedade, trazendo impactos positivos também para as coleções. O intuito desse trabalho é avançar na compreensão sobre a influência dos temas propostos pela sustentabilidade nas práticas de conservação preventiva, a fim de fomentar a discussão sobre a incorporação de padrões ambientais nos ambientes de coleções que sejam mais próximos da realidade climática local, estimulando o debate sobre a necessidade de ações financeiramente viáveis, socialmente democráticas e ambientalmente responsáveis.

## 2. APROXIMAÇÃO ENTRE SUSTENTABILIDADE, CULTURA E PATRIMÔNIO NUMA ABORDAGEM HISTÓRICA DOS DEBATES INTERNACIONAIS

O conceito de sustentabilidade foi fortemente inspirado nos compromissos assumidos na Declaração Universal dos Direitos Humanos,<sup>1</sup> em 1948, consolidando-se no fim do século XX com o reconhecimento, durante as décadas de 1960-1970, da necessidade de maior conservação ambiental e com a aproximação entre as demandas sociais e ambientais (VEIGA, 2014). O início do século XXI evidenciou, então, o compromisso de diversos setores da sociedade com uma postura mais ética e propositiva enquanto modelo de desenvolvimento socioeconômico conciliado à conservação ambiental, alternativo à trajetória histórica de crescimento econômico ao custo da degradação de ecossistemas e aumento das injustiças sociais (MCCARTHY *et al.*, 2014).

O surgimento dessa “consciência preservacionista” foi amparado pelos avanços científicos e tecnológicos das últimas décadas do século XX e se consolidou com a atuação de organizações não governamentais. Foi amparado também pelo fortalecimento dos debates internacionais na busca por melhorias nas condições de vida no planeta, influenciando e sendo influenciado pelas novas demandas sociais, conforme refletia sobre a necessidade de harmonizar a preservação dos recursos naturais e a diminuição das desigualdades sociais para a construção de um futuro sustentável (SILVA, 2011), diante da exploração indiscriminada dos recursos naturais e do risco de escassez (PELEGRINI, 2006; ZANIRATO, 2016).

Na metade do século XX, a criação de órgãos internacionais<sup>2</sup> como a ONU, a UNESCO e o ICCROM teve um papel fundamental na centralização dos debates e convergência das demandas sobre preservação e valorização dos bens culturais e da garantia dos direitos sociais aos cidadãos, expondo a necessidade de colaboração mundial em defesa da educação, cultura e cidadania. Esses órgãos foram também fortemente influenciados pelos compromissos expressos na Declaração Universal dos Direitos Humanos (FRONER, 2017). O alinhamento das demandas sociais e ambientais ocorreu mais nitidamente nas últimas décadas do século XX e permitiu a compreensão da cultura como importante instrumento de transformação social, incluindo a proteção dos bens culturais como uma necessidade imperativa para

<sup>1</sup> Documento disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Declara%C3%A7%C3%A3o-Universal-dos-Direitos-Humanos/declaracao-universal-dos-direitos-humanos.html>. Acessado em 20 de janeiro de 2021.

<sup>2</sup> A Organização das Nações Unidas (ONU) foi criada em 1945; a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), em 1946; e o International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property (ICCROM), em 1956.

um futuro igualitário, garantindo o acesso aos bens essenciais por toda sociedade e às futuras gerações (TORELLY, 2015).

No cenário de fortes instabilidades e de reconstrução social do período pós-guerra, foi estabelecida em 1954 a Convenção de Haia<sup>3</sup> como uma resposta da comunidade internacional às perdas e danos aos bens culturais durante a Segunda Guerra Mundial. A Convenção de Haia tornou-se um dos pilares do direito internacional na preservação dos bens culturais, num momento de necessária reafirmação das identidades culturais para a reconstrução da cidadania. Possibilitou a ampliação do conceito de patrimônio cultural, compreendendo não apenas os bens de importância histórica ou artística, mas ampliando a definição com a incorporação dos bens de forte representação cultural tanto para a sociedade como para grupos sociais (ZANIRATO; RIBEIRO, 2006).

Diante do forte apelo social dos debates de Estocolmo em 1972,<sup>4</sup> foi incutido na sociedade um sentimento de responsabilização coletiva pelo seu território a partir da proteção e valorização dos seus bens naturais. No mesmo ano, a UNESCO promoveu a Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial Cultural e Natural,<sup>5</sup> apresentando o conceito de Patrimônio Mundial. Incorporaram-se, assim, temas ambientais em vista do interesse mundial pela preservação da diversidade do planeta, indicando uma nítida aproximação dos debates sociais e ambientais mediante a consideração de que a identidade de um povo também é construída a partir da interação com seu território (PELEGRINI, 2006).

Os debates no campo da museologia acompanharam os temas sociais diante do contexto de forte pressão de governos antidemocráticos na América Latina, e

---

<sup>3</sup> A Convenção para a Proteção dos Bens Culturais em Caso de Conflito Armado é um tratado internacional assinado em 14 de maio de 1954, em Haia, por iniciativa da UNESCO. Disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Direito-%C3%A0-Cultura-e-a-Liberdade-de-Associa%C3%A7%C3%A3o-de-Infirma%C3%A7%C3%A3o/convencao-para-a-protecao-dos-bens-culturais-em-caso-de-conflito-armado-convencao-de-haia.html>. Acessado em 20 de janeiro de 2021.

<sup>4</sup> A Conferência de Estocolmo de 1972 foi realizada de 5 a 16 de junho de 1972, sendo o primeiro evento da ONU para discutir a preservação ambiental. Esse evento é reconhecido como um marco para os debates socioambientais por tratar de temas que envolvem a busca do equilíbrio entre desenvolvimento econômico e redução da degradação ambiental, que anos após evoluiria para a noção de desenvolvimento sustentável. Declaração disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Meio-Ambiente/declaracao-de-estocolmo-sobre-o-ambiente-humano.html>. Acessado em 13 de janeiro de 2021.

<sup>5</sup> A Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural, reconhecida como Recomendação de Paris, é um compromisso internacional assumido durante a Conferência Geral da UNESCO, realizada em Paris, entre 17 de outubro a 21 de novembro de 1972.

em 1972 foi realizada a Mesa Redonda de Santiago, no Chile<sup>6</sup>. O evento tornou-se um marco para a guinada social das práticas museológicas, propondo-se a discutir o papel dos museus como importante instrumento de inclusão social pelo fortalecimento das ações socioeducativas voltadas à redução das desigualdades sociais. A Mesa Redonda de Santiago reafirmou a cultura e a educação como ferramentas poderosas de inclusão e transformação social, reconhecendo a necessidade de atuação institucional da museologia para além de suas funções técnicas mais tradicionais de proteger, conservar, documentar, pesquisar e comunicar suas coleções (NASCIMENTO JUNIOR; TRAMPE, 2012).

No final dos anos de 1980, o termo “desenvolvimento sustentável” foi difundido com a apresentação do Relatório Brundtland, marcando a guinada social nos debates ambientais<sup>7</sup>. No documento proposto, foi evidenciada a necessidade de um novo tipo de relação entre sociedade e meio ambiente, estabelecendo uma aproximação entre as esferas ambiental, política e social com uma visão alternativa sobre desenvolvimento, comprometida com o uso racional dos recursos naturais e de cunho mais educativo e inclusivo, que entendia a sociedade como parte do meio ambiente (SILVA, 2011).

Na década de 1990, os debates socioambientais consolidavam temas semelhantes voltados para a justiça social e a diminuição das desigualdades, tanto no campo do patrimônio cultural quanto no ambiental. Em 1992, dois eventos ilustraram essa

---

<sup>6</sup> O evento ocorreu no Chile entre os dias 20 e 31 de maio de 1972, sob coordenação da UNESCO e do ICOM. No documento final do evento, que se tornou um marco para as ações museológicas, nota-se principalmente a preocupação institucional dos museus com o desenvolvimento social a partir de ações educativas. Documento disponível em: <http://www.minom-portugal.org/docs-santiago1972.pdf>. Acessado em 20 de janeiro de 2021.

<sup>7</sup> O termo desenvolvimento sustentável foi amplamente divulgado a partir dos anos 1980 com o Relatório Brundtland em resultado do trabalho da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela Organização das Nações Unidas (ONU) e ficou popularmente conhecido como um modelo de desenvolvimento socioeconômico capaz de garantir as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem também às suas. A origem desse termo remete aos debates de cunho ecológico, social e ambiental das décadas de 1960 e 1970, que tiveram origem nos países do Hemisfério Norte em processo de intensa industrialização, num contexto de instabilidade política e econômica agravado pela crise do petróleo. Essas discussões partiam dos movimentos ambientalistas e de contracultura, que apresentaram críticas contundentes ao modelo de desenvolvimento vigente diante dos riscos ao meio ambiente e à sociedade, passando a questionar o modo de produção capitalista. Contudo, a viabilidade da execução dessa proposta de modelo alternativo de desenvolvimento em uma sociedade que não redefiniu seu modelo de produção e os padrões de consumo de forma clara em todos os níveis sociais é questionada por diversos pesquisadores e é tida como um modelo retórico atrelado à lógica mercadológica de lucro, sendo, conseqüentemente, insustentável (SCOTTO *et al.*, 2008; ALIER, 2014)

aproximação: o seminário “A Missão do Museu na América Latina hoje: Novos Desafios”<sup>8</sup> e a II Conferência Geral das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento Humano (ou “Rio 92”, como ficou mais conhecida).<sup>9</sup> Para os museus, as discussões propunham o estreitamento da relação entre museu e a comunidade, com a valorização e divulgação dos bens, transformando o museu num espaço de diálogo com a sociedade, com reflexões e afirmação das diversidades sociais e culturais (HORTA, 2010). Na Rio-92, a Agenda 21 sintetizou as propostas do evento com o estabelecimento de metas que buscavam a integração entre meio ambiente e sociedade, a fim de preservar seus bens naturais. Atraiu cidadania e desenvolvimento social ao reconhecimento das diversidades culturais, aproximando a comunidade e seu território, no intuito de proteger e minimizar a degradação ao meio ambiente (PELEGRINI, 2006).

O início do século XXI foi marcado pela atualização das agendas socioambientais e das reflexões sobre avanços e dificuldades encontradas. No contexto de diminuição das tensões internacionais pós-Guerra Fria, o estabelecimento de uma nova configuração política mundial marcada pelo neoliberalismo e por grandes avanços tecnológicos, a redução das desigualdades sociais se apresentava como o grande desafio para o século XXI e para construção de um futuro mais equitativo. No horizonte da sustentabilidade, a preocupação com o patrimônio mundial (cultural e natural) foi ampliada, e as ações de preservação dos bens passaram a assumir um comprometimento maior com a transformação social e a acessibilidade desses bens, em vista da importância da legitimação da diversidade cultural numa sociedade globalizada (VASCONCELLOS, 2013). A aproximação entre comunidade e território para a preservação do patrimônio natural e cultural, com a valorização da biodiversidade e das práticas e saberes locais pela atuação das comunidades locais por meio de ações participativas, também visava ao desenvolvimento local (PELEGRINI, 2006; ZANIRATO, 2016). Oficialmente, sua importância foi

---

<sup>8</sup> Realizado entre os dias 16 de janeiro e 6 de fevereiro de 1992 em Caracas, na Venezuela. O evento discutiu o papel do museu diante da globalização e os desafios da América Latina para o século XXI. Documento do evento disponível em: <http://www.iber museos.org/wp-content/uploads/2020/05/declaraciondecaracas1992.pdf>. Acessado em 20 de janeiro de 2021.

<sup>9</sup> Realizada na cidade do Rio de Janeiro em junho de 1992. Foi um evento de grande repercussão internacional, que se tornou referência para a definição de políticas socioambientais e acordos internacionais para a preservação da biosfera, com a definição de metas que agregassem desenvolvimento econômico, conservação ambiental e justiça social. Documento disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Table/Agenda-21-ECO-92-ou-RIO-92/>. Acessado em 20 de janeiro de 2021.

reconhecida durante a 32ª Conferência Geral da UNESCO, em 17 de outubro de 2003, com a criação da categoria de patrimônio imaterial<sup>10</sup>.

Em 2015, a Agenda 2030,<sup>11</sup> proposta pela ONU, reafirmou o compromisso internacional com a redução das desigualdades sociais. Dentre os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável destacamos o de número 11: “Tornar as cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”, mais especificamente a meta 11.4: “Fortalecer os esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo”. Com essa proposta, percebe-se que o acesso à cultura e aos bens culturais passou a ser condição para o desenvolvimento social, possibilitando a compreensão desse patrimônio não mais como “uma janela para o passado”, mas como um recurso estratégico de educação para diminuição das desigualdades, aumento das oportunidades e construção da cidadania (SILVA, 2002).

O patrimônio cultural tornou-se ligação entre sustentabilidade e cultura, e as discussões internacionais se voltaram para os debates sobre a necessidade de preservação desses recursos enquanto bens não renováveis. Passaram a ser discutidos temas como sua conservação, a gestão de recursos e a criação de políticas culturais que possibilitem sua valorização e a devolução à sociedade, impactando a forma como as instituições culturais se posicionam diante dos riscos na preservação de seus acervos e influenciando novas abordagens teóricas, técnicas e científicas para preservação (ZANIRATO; CAVICCHIOLI, 2013; FRONER, 2017).

### 3. CONSERVAÇÃO DE COLEÇÕES E MICROCLIMAS EM MUSEUS

Sob forte influência dos debates globais do final do século XX, os museus avançaram no campo social e no campo de gestão com a adoção de modelos sustentáveis. Na última década, têm se voltado para a redefinição de suas ações operacionais sob pressões (ou influências) advindas desse movimento voltado à sustentabilidade, tendo em vista os benefícios para as instituições, coleções, meio ambiente e sociedade. Como consequência, a área da conservação vem sendo desafiada por questões como a flexibilização dos padrões climáticos adotados para o controle ambiental dos espaços. Vem aderindo às discussões sobre eficiência e responsabilidade ambiental para potencialização das práticas museológicas com um posicionamento mais empático e coordenado diante do contexto de mudanças

<sup>10</sup> Documento disponível em: [http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Convencao\\_Salvaguarda\\_Patrimonio\\_Imaterial.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Convencao_Salvaguarda_Patrimonio_Imaterial.pdf).

<sup>11</sup> Documento disponível em: [http://www.itamaraty.gov.br/images/ed\\_desenvsust/Agenda2030-completo-site.pdf](http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/Agenda2030-completo-site.pdf). Acessado em 19 de outubro de 2020.

climáticas e frequentes instabilidades para financiamento de ações culturais (ANDRADE; CAVICCHIOLI, 2021).

As ações de preservação, conservação e restauração possuem o objetivo comum de manter a segurança dos bens culturais, evitando sua degradação ou seu desaparecimento. Contudo, cada ação demanda uma abordagem distinta, de forma a garantir maior segurança às coleções<sup>12</sup>. Ações preventivas foram fortalecidas sobretudo a partir da década de 1980 com ações indiretas baseadas no controle dos agentes ambientais (luz, temperatura e umidade), deslocando o foco de atuação direta nos objetos. Na década seguinte essa abordagem se ampliou, tornando-se uma proposta para gestão dos espaços que contemplasse não apenas o manejo dos agentes ambientais, mas a sistematização das rotinas que permitissem o controle do espaço e o conhecimento mais aprofundado das dinâmicas atuantes nos ambientes de forma a garantir um espaço mais seguro para os materiais (CAVICCHIOLI; ALEGRE; MARTINS, 2017).

Inicialmente, a tarefa de conservar estava ligada ao ato de restaurar. A partir das últimas décadas do século XX, porém, os profissionais passaram a buscar a prevenção de danos. Nas instituições, a conservação de acervos e coleções tem se voltado cada vez mais para a manutenção da qualidade dos espaços internos, visto que nem sempre esses espaços foram construídos para atender às necessidades de conservação. À medida que o alcance das ações de conservação se ampliou com uma proposta mais preventiva, a compreensão dos agentes de degradação também se expandiu, exigindo uma participação mais ativa e flexível das instituições em vista da necessidade de criação e implementação de protocolos transversais que alcancem a amplitude dos riscos intrínsecos ou extrínsecos aos materiais (MICHALSKI, 2004).

---

<sup>12</sup> O conceito de preservação permeia todos os setores envolvidos no processo de salvaguarda das coleções e engloba ações de ordem técnica, administrativa ou legal que visem à segurança e proteção dos bens culturais, incluindo os esforços para implementação de ações e políticas institucionais (GUIMARÃES, 2012). As ações de conservação focam na manutenção dos bens e podem ser preventivas ou curativas. As preventivas envolvem iniciativas conjuntas direcionadas à proteção do acervo, mediante controle do ambiente circundante e, portanto, gerenciamento do espaço e rotinas. No nível curativo, as ações se aproximam fisicamente dos objetos, agindo para contenção de processos iniciais de degradação ou no reforço de atividades que necessitem de intervenção simples, a fim de evitar danos maiores. Por sua vez, ações de restauro são caracterizadas pela ação direta e individual nos objetos a partir de tratamentos interventivos que visam devolver ao objeto danificado características físicas perdidas. Esse tipo de ação é indicado desde que essa perda esteja dificultando o manuseio dos objetos, sua leitura em exposição ou que represente um risco para a obra como um todo”. (ALCHORNE; COELHO DE SÁ, 2015).

Muitos dos agentes de deterioração estão diretamente ligados às condições climáticas internas nesses locais. Para que as edificações funcionem como uma primeira camada protetora para o acervo, é preciso compreender as dinâmicas climáticas internas, inclusive reconhecendo as diferentes escalas microambientais<sup>13</sup> por meio do monitoramento contínuo desses espaços. Independente da escala em que atuam, os fatores ambientais podem causar degradações de ordem físico-mecânica, química e biológica<sup>14</sup> nos objetos, as quais podem estar relacionadas aos materiais que compõem o objeto ou seu histórico antes de ser musealizado (MARTENS, 2012).

Grande parte da degradação está relacionada a fatores extrínsecos aos materiais e é causada por ações danosas aos objetos (manuseio inadequado, intervenções questionáveis ou estruturas de armazenagem mal projetadas, por exemplo), assim como pelo descontrole dos fatores ambientais (temperatura, umidade, luz e poluentes). Estes agem de forma individual ou em sinergia, o que demanda o estabelecimento de parâmetros de segurança de acordo com a composição do material, seu histórico ambiental e seu estado de conservação. Em síntese, as ações de conservação preventiva podem ser consideradas de fundamental importância nos museus, sendo essenciais para a proteção dos acervos. Essas ações são contínuas e comumente estão focadas no controle dos agentes ambientais, a fim de reduzir a velocidade dos processos degenerativos naturais dos objetos e garantir o acesso a eles por mais tempo, além de apresentar benefícios econômicos por sua abrangência.

---

<sup>13</sup> Microambiente é entendido como um determinado espaço com atmosfera própria e que apresenta dinâmica climática específica (microclima) devido a uma limitação ou restrição que o separa de um ambiente mais amplo (CAMUFFO, 1998), garantindo determinada estabilidade aos materiais que estão em contato e ocasionando maior ou menor proteção diante da possibilidade de danos decorrentes dessa interação. Esse conceito não se aplica apenas a espaços internos, mas a toda e qualquer área que apresente condições climáticas particulares (áreas internas e externas). Em museus, essas áreas podem compreender salas, interior de vitrines, embalagens ou mesmo partes muito pequenas de objetos (CAVICCHIOLI, 2014). Alguns métodos de controle ambiental estão baseados na exploração dessas escalas mais reduzidas, via de regra mais acessíveis e de manejo mais facilitado, principalmente em locais onde o uso de equipamentos de climatização não seja possível (SOUZA, 2008).

<sup>14</sup> Os danos mecânicos ocorrem pelo estresse físico do material. As trocas de umidade com o ambiente favorecem esse tipo de deterioração, mas também podem ocorrer como resultado de processos químicos pela fragilização de suportes em nível molecular, com a temperatura fornecendo energia no processo de degradação. Há ainda os danos decorrentes dos processos de proliferação de microrganismos ou da ação direta de insetos nos materiais. Nesses casos, a infestação está principalmente condicionada à oferta de um ambiente propício, compreendendo-se que um ambiente com temperatura superior a 20 °C e com umidade relativa acima de 70% a 75% é favorável a ataques biológicos (CAVICCHIOLI; ALEGRE; MARTINS, 2017).

## 4. PERSPECTIVAS SUSTENTÁVEIS E DILEMAS DE UM CAMPO EM TRANSIÇÃO

A sustentabilidade tem estimulado o desenvolvimento de alternativas viáveis, com importantes resultados para a gestão dos ambientes de coleções em museus a partir de pesquisas e debates sobre a efetividade de ações preventivas. Essas alternativas incluem o uso de energias limpas, o desenvolvimento de sistemas inteligentes para o controle ambiental e o estímulo à adoção de formas passivas com mínima intervenção mecânica para estabilização climática. Entretanto, não há, no Brasil, nenhuma exigência legal específica para o gerenciamento ambiental de coleções; assim, a adoção dessas alternativas é unicamente resultado de escolha técnica, pessoal ou institucional. Mesmo assim, percebe-se que esse tema tem sido cada vez mais incorporados no campo profissional. Esse movimento tem proporcionado reflexões e despertado importantes questionamentos sobre a efetividade de estratégias de controle ambiental, baseadas na simples replicação de valores tidos como universais para a manutenção da qualidade ambiental dos espaços de coleções. As principais questões em debate envolvem o alto consumo energético e os riscos aos objetos em função da dependência de recursos mecanizados de custo elevado, sendo estes em muitos casos incompatíveis com o alcance financeiro e técnico de muitas instituições (SAUNDERS, 2008).

A adoção desses parâmetros baseados no uso intensivo de tecnologia dominou as práticas de conservação para segurança dos acervos até meados do século XX, quando as abordagens passaram a incorporar pesquisas focadas no comportamento dos materiais, no reconhecimento da diversidade climática e nas dificuldades técnicas de se atingir os resultados esperados de conservação de forma segura e constante. A crença em padrões universais condiciona as ações preventivas de controle ambiental ao uso de sistemas de climatização ativos (desumidificadores, aquecedores e condicionadores de ar) na busca pela reprodução de índices ideais de temperatura e umidade relativa. Desconsidera, porém, sua pertinência para o clima local (e, portanto, sua efetiva viabilidade prática), seu impacto financeiro ou sua adequação ao histórico dos materiais. Consequentemente, expõe os acervos a possíveis oscilações, seja por falhas técnicas ou operacionais (SOUZA, 2008).

Em tese, ambientes frios oferecem melhores condições de conservação para as coleções, e a popularização dos equipamentos de climatização após a década de 1950 facilitou o controle climático em espaços internos, possibilitando que se atingissem mais facilmente os índices de referência. Contudo, os parâmetros tradicionais indicados por Thomson (1986) e amplamente difundidos no campo da conservação foram estabelecidos a partir da realidade europeia (valor médio de referência de 55% de umidade relativa e 21 °C de temperatura), considerando

o desempenho dos equipamentos de climatização frente à necessidade de adaptações sazonais em climas temperados e estabelecendo uma condição mais estável para esse contexto (MARTENS, 2012). A manutenção desses índices universais representa uma tarefa árdua para muitas instituições de outras zonas climáticas, pela incompatibilidade ou dificuldade de execução, visto que, mesmo dentro de uma mesma tipologia climática, fatores como topografia, altitude e interferências antropogênicas interferem nos ambientes internos, atribuindo características muito peculiares a cada espaço (TEIJGELER, 2007).

É possível perceber a flexibilização desses padrões pela indicação da categorização dos ambientes por nível de risco, de acordo com a função do espaço e as especificidades dos materiais, com ponderações importantes sobre flutuações sazonais e de curto prazo (MICHALSKI, 2004). Atualmente, discussões sobre o controle ambiental em museus definem a estabilidade microclimática como a qualidade imprescindível nos ambientes de coleções, mas buscando equilíbrio numa faixa menos rígida de temperatura e umidade relativa (KING; PEARSON, 2001).

Essa postura mais flexível e contextual proporciona o reconhecimento das diversidades climáticas, e é também uma consequência das dificuldades encontradas pelas instituições para garantir a eficiência e a continuidade das ações de controle ambiental, além da crescente influência da sustentabilidade (BOERSMA; DARDES; DRUZIK, 2014). Ashley-Smith, Umney e Ford (1994) sugerem que a adoção de padrões tradicionalmente difundidos seja considerada o início de uma negociação, e não uma imposição final, considerando a composição dos materiais e o histórico climático a que estavam submetidos. Isso sinaliza para o papel central da responsabilidade profissional na definição/aceitação de índices tão restritivos em vista do risco mecânico aos objetos, principalmente no caso da umidade.

Essa tendência pode ser observada de forma nítida em vários países, com a elaboração de diretrizes ambientais mais recentes que enfatizam uma associação estreita entre conservação, gestão e sustentabilidade, encorajando uma postura mais harmonizada com as realidades locais e se comprometendo com a minimização dos impactos ambientais. Essas propostas apresentam valores médios entre 16 °C e 25 °C de temperatura e 40% a 60% de umidade relativa, priorizando sempre a máxima redução possível nas flutuações diárias e a adequação aos padrões locais, atentando para a economia energética e a segurança das coleções. Esse apelo tem levado os profissionais a repensar as especificações de armazenamento, exibição e empréstimo, porém, ainda há grande desconforto na aceitação de parâmetros mais flexíveis entre as instituições, o que na realidade ainda está distante de consenso (BICKERSTETH, 2016).

Para Staniforth (2010), a ação do conservador precisa se voltar para o aprimoramento contínuo dos parâmetros microclimáticos, considerando sempre possibilidades que estejam dentro das capacidades reais de manutenção e garantindo estabilidade aos materiais. Nesse sentido, as instituições deveriam ter maior disposição para entender o clima local e suas características, de modo a buscar definir as reais necessidades e se desprender de padrões pré-estabelecidos, dispensando ou minimizando o uso de sistemas de controle mecanizado e buscando a participação colaborativa da comunidade interdisciplinar atuante nas diferentes esferas da conservação.

Padrões universais não são mais a resposta para a conservação das coleções, dada a complexidade da realidade e os avanços científicos, que proporcionam abordagens mais criteriosas e transparentes na melhoria das ações de conservação. O desenvolvimento de soluções alternativas mais eficientes e econômicas, que atendam à diversidade de espaços, realidades climáticas e institucionais em prol da preservação dos bens culturais, representa uma mudança de paradigma da conservação. Mesmo que ainda em fase embrionária em determinados contextos, esse já é um processo que se alinha com os propósitos da sustentabilidade (CASSAR, 2009).

Nessa perspectiva, a arquitetura bioclimática tem indicado importantes considerações quanto ao papel das edificações na segurança das coleções, principalmente devido à capacidade de suas construções de mediar as trocas de calor e umidade com o ambiente externo. Isso porque essas construções são projetadas para responder de forma mais autônoma às condições climáticas locais, sem a dependência de sistemas mecânicos ativos, graças às suas propriedades arquitetônicas e das técnicas e materiais originalmente empregados. O uso de edificações antigas é bastante comum, inclusive como forma de valorização de algumas construções por motivos artísticos, arquitetônicos ou históricos, e pode representar uma alternativa interessante pela redução dos impactos ambientais de novas construções. Essas construções geralmente conseguem manter maior estabilidade interna por terem uma estrutura mais robusta, que funciona como amortecedor das oscilações ambientais externas e minimiza os picos internos de temperaturas e umidade. Áreas de clima tropical propiciam a adoção de estratégias de controle ambiental mais sustentáveis, pois a pouca variabilidade climática sazonal torna desnecessários grandes ajustes sazonais, ao contrário do que ocorre nos climas temperados (RIBEIRO; LOMARDO, 2016; GONÇALVES; SOUZA, 2014; TOLEDO, 2006).

Soluções alternativas baseiam-se no desenvolvimento de sistemas híbridos<sup>15</sup> para o controle ambiental em museus, com importantes resultados na construção de estratégias mais econômicas e eficientes, menos dependentes de complexos e onerosos sistemas totalmente mecanizados. Essas ações foram desenvolvidas a partir do conhecimento das dinâmicas microclimáticas internas, na recuperação das propriedades arquitetônicas originais das edificações ou criação de tecnologias para adaptação entre o microclima interno e o clima local por sistemas inteligentes, de acordo com as necessidades específicas.

Estudos desenvolvidos por Maekawa e Toledo (2001)<sup>16</sup> e Maekawa *et al.* (2009)<sup>17</sup> em regiões de clima tropical apresentaram resultados inspiradores do ponto de vista da sustentabilidade, com o desenvolvimento de sistemas de controle ambiental de acordo com as necessidades do acervo e a funcionalidade dos ambientes<sup>18</sup>. Em ambos os casos, foi tomado como ponto de partida o controle da

---

<sup>15</sup> Sistemas híbridos utilizam sistemas ativos e passivos para controle dos microclimas internos de um edifício, representando a melhor opção custo-benefício e contribuindo para a redução de consumo energético. Os sistemas ativos (ou mecânicos) são altamente dependentes do uso de energia para funcionamento de equipamentos de refrigeração ou aquecimento, por exemplo. Já os sistemas passivos (ou bioclimáticos) minimizam o consumo de energia elétrica ou outros recursos naturais, privilegiando recursos arquitetônicos para controle das condições internas. Sua adoção, porém, depende do estabelecimento de protocolos operacionais rigorosos para que sejam eficientes (GONÇALVES, 2013).

<sup>16</sup> O estudo foi realizado em uma instituição nas Ilhas Canárias, em prédio do final do século XIX que enfrentava problemas de biodeterioração em espaço destinado a coleções orgânicas. O sistema foi desenvolvido para redução e controle dos níveis de umidade relativa a partir do aquecimento e ventilação das salas mais frias do edifício com o uso de tecnologia de baixo custo e simples manutenção, atuando de forma complementar às ações de recuperação das propriedades arquitetônicas e da ventilação originais. O resultado foi uma ação bem-sucedida, que conseguiu manter os ambientes abaixo de 70% de umidade relativa durante todo o ano, além de reduzir o consumo de energia no prédio.

<sup>17</sup> De forma semelhante, a ação descrita foi realizada em uma instituição no Rio de Janeiro, numa edificação do final do século XVIII, em área destinada à biblioteca. A iniciativa focou na melhoria da circulação de ar original, ventilação interna, instalação de novos mecanismos para a diminuição do gasto energético e melhoria das condições ambientais para o acervo e os visitantes, a partir da recuperação das propriedades arquitetônicas do prédio e do desenvolvimento de sistemas mecânicos de ação híbrida (ativas e passivas). O objetivo era atingir uma maior estabilidade microclimática do espaço (média de 25 °C de temperatura e 60% de umidade relativa). O mecanismo atuava automaticamente de acordo com as necessidades do museu durante sua rotina, e, a partir da leitura das condições internas em diferentes turnos, ajustavam-se a ventilação, resfriamento, desumidificação e circulação de ar.

<sup>18</sup> Práticas de controle ambiental baseadas unicamente na reprodução de parâmetros pré-definidos de temperatura e umidade relativa podem ser comprometidas se considerarmos que uma mesma zona climática pode apresentar características locais peculiares devido à influência

umidade relativa e o estímulo ao uso da ventilação e circulação de ar nas áreas internas, admitindo-se uma maior flutuação de temperatura, além da recuperação das propriedades arquitetônicas do prédio e visando a uma maior estabilidade microclimática. Da mesma forma, Ryhl-Svendsen *et al.* (2013)<sup>19</sup> descrevem um projeto de controle climático realizado na Dinamarca, num espaço de armazenamento de coleções, a partir de estratégias com tecnologias de mínima intervenção mecânica para estabilização climática, com o uso de calor para o controle da umidade relativa.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na perspectiva da sustentabilidade, não se espera necessariamente desenvolver padrões gerais aplicáveis indistintamente a todos os prédios antigos, históricos ou quaisquer outros espaços que assumiram a função de museu. Contudo, fica evidente a necessidade de diagnóstico ambiental enquanto ferramenta metodológica para o estabelecimento de padrões realizáveis, sendo esse o ponto de partida para

---

da altitude, topografia, ação do homem ou mesmo como efeito do *design* e dos materiais da própria edificação. Nessa perspectiva, estratégias de controle ambiental mais flexíveis poderiam ser adotadas a partir de uma análise personalizada, de acordo com a funcionalidade do espaço, composição dos materiais, possibilidades da edificação, clima local e objetivos da instituição. Isso possibilitaria, quando cabível, uma margem de ação mais larga para os profissionais, sem estarem condicionados aos índices preestabelecidos. Contudo, ações baseadas nas propriedades arquitetônicas para promover a ventilação necessitam de um controle rigoroso das rotinas, dada a maior proximidade do ambiente externo com flutuações de temperatura e umidade que necessitam de acompanhamento rigoroso e protocolos bem definidos em resposta à maior influência de fatores externos como umidade, poluentes e animais no ambiente interno. No contexto tropical, padrões térmicos mais elevados que os tradicionais podem auxiliar no controle da umidade relativa de maneira mais harmonizada com o clima local, e sem total dependência de equipamentos mecânicos que reconhecidamente oferecem altos custos de manutenção e gasto energético. Em muitos casos, são mais um risco às coleções por panes. De outro lado, há também de se considerar os ganhos para preservação dos materiais com a manutenção de menores temperaturas em função da velocidade de deteriorações em nível molecular (TOLEDO, 2006). Por fim, é razoável afirmar que ações de controle ambiental sejam definidas a partir de um diagnóstico microclimático e dos objetivos da instituição, e não apenas tendo o controle térmico dos espaços como principal diretriz, especialmente em locais de alta umidade.

<sup>19</sup> O sistema se baseia no isolamento do espaço para controle da umidade relativa, permitindo que o aumento de temperatura interna, auxiliada por sistemas de desumidificação, ajuste a condição interna em períodos mais úmidos. O aquecimento interno foi conseguido com o uso da luz do sol incidindo no sótão e gerando energia para equipamentos de desumidificação. Além da economia energética graças ao uso de fontes alternativas de energia, o isolamento e a baixa troca de ar possibilitaram ainda a manutenção dos níveis de umidade em 50% e impediram a entrada de poluentes externos. Entretanto, foram detectadas altas taxas de poluentes de origem interna, o que tornou necessários momentos de recirculação de ar com o uso de filtros.

a definição de ações de gestão em espaços de conservação. Para Paula (2008), os museus se encontram no momento de incursão de novas ideias sustentáveis e certamente buscarão alternativas de adaptação à nova realidade, pela necessidade de resposta às novas demandas socioambientais, sendo esse um processo irreversível.

## REFERÊNCIAS

- ALCHORNE, G.; COELHO DE SÁ, I. Arte Contemporânea e sua Conservação: revisitando Brandi e Viñas. **Mosaico**, v. 6, n. 9, 2015.
- ALIER, J. M. **O ecologismo dos pobres: conflitos ambientais e linguagens de valoração**. 2ª edição. São Paulo: Contexto, 2014.
- ANDRADE, A. L. C. R.; CAVICCHIOLI, A. Um estudo comparativo da dinâmica microclimática em espaços adaptados para fins de conservação de acervos sob a ótica da sustentabilidade. **Anais do Museu Paulista**: São Paulo, v. 29, 2021.
- ASHLEY-SMITH, J.; UMNEY, N.; FORD, D. Let's be honest – realistic environmental parameters for loaned objects. **Studies in Conservation**, v. 39, sup 2, p. 12–16, 1994.
- BICKERSTETH, J. IIC and ICOM-CC 2014 Declaration on environmental guidelines. *Studies in Conservation*, v. 61, sup. 1, p.12-17, 2016.
- BOERSMA, F.; DARDES, K.; DRUZIK, J. Precaution, Proof, and Pragmatism Evolving Perspectives on the Museum Environment. **Conservation Perspectives, the GCI Newsletter**, v. 29, p. 4–9, jan./2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2FDgvjU>>. Acesso em: 15 mai. 2020.
- CAMUFFO, D. **Microclimate for cultural heritage**. Amsterdam: Elsevier, 1998. 409p.
- CASSAR, M. Sustainable Heritage: Challenges and Strategies for the Twenty-First Century. **APT Bulletin: The Journal of Preservation Technology**, v. 40, n.1, p. 3-12, 2009. Disponível em:<<https://bit.ly/2RnWrVs>>. Acesso em: 01 jun. 2019
- CAVICCHIOLI, A. **Microambientes e a conservação de bens culturais**. 2014. Tese de Livre-Docência – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, 2014. 206 p.
- CAVICCHIOLI, A.; ALEGRE, P. L. D.; MARTINS, A. G. S. Microambientes e conservação preventiva em áreas indoor : o caso do espaço interior não

climatizado da Casa de Dona Yayá , em São Paulo (Brasil). **Anais do Museu Paulista**, São Paulo, v. 25, p. 32–46, 2017.

FRONER, Y.-A. International policies for sustainable development from cultural empowerment. **Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development**, v. 7, n. 2, p. 208–223, 2017.

GONÇALVES, W. B. **Métricas de preservação e simulações computacionais como ferramentas diagnósticas para a conservação preventiva de coleções: estudo de caso no Sítio Patrimônio Mundial de Congonhas**. 2013. 492 p. Tese (Doutorado em Artes) – Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

GONÇALVES, W. de B.; SOUZA, L. A. C. O debate contemporâneo sobre as interfaces transdisciplinares de dois campos de conhecimento em consolidação: a Ciência da Sustentabilidade e a Ciência do Patrimônio. **PÓS: Revista do Programa de Pós-graduação em Artes da EBA/UFMG**, v. 4, p. 84–102, 2014.

GUIMARAES, L. Preservação de Acervos Culturais. In: **Segurança de Acervos Culturais**. Rio de Janeiro: MAST, 2012. p. 73–108.

HORTA, M. de L. P. Vinte anos depois de Santiago: A Declaração de Caracas. In: **O ICOM-Brasil e o pensamento Museológico Brasileiro**. Org. Maria Cristina Oliveira Bruno. São Paulo, 2010, p. 61–66.

KING, S.; PEARSON, C. Controle ambiental para instituições culturais: planejamento adequado e uso de tecnologias alternativas. In: MENDES, M. *et al.* (orgs.). **Conservação. Conceitos e Práticas**. 1. ed. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001, p. 41-64.

MAEKAWA, S. *et al.* Climate Controls in a Historic House Museum in the Tropics: A Case Study of Collection Care and Human Comfort. In: **PLEA 2009: 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture**. Quebec, 2009. Disponível em: <<https://bit.ly/3kguTh3>>. Acesso em: 10 mai. 2020.

MAEKAWA, S.; TOLEDO, F. L. Sustainable Climate Control for Historic Buildings in hot and humid regions. In: **PLEA 2001: The 18th Conference on Passive and Low Energy Architecture**. Florianópolis, 2001. Disponível em: <<https://bit.ly/3hv4wlO>>. Acesso em: 10 mai. 2020.

MARTENS, M. H. J. **Climate risk assessment in museums: degradation risks determined from temperature and relative humidity data**. Technische Universiteit Eindhoven, 2012.

MCCARTHY, J. *et al.* Socio-cultural dimensions of climate change: charting the terrain. **GeoJournal**, V.79, n. 6, p. 665-675, 2014.

MICHALSKI, S. Care and Preservation of Collections. In: **Running a Museum: A Practical Handbook**. Paris: ICOM, 2004. p. 51–90.

NASCIMENTO JUNIOR, J. do; TRAMPE A., SANTOS P. A. dos (orgs.). **Mesa redonda sobre la importancia y el desarrollo de los museos em el mundo contemporáneo**: Revista Museum (1973). Brasília: IBRAM/MINC; Programa Ibermuseos, 2012.

PAULA, T. C. T. DE. De Plenderleith a Al Gore. **Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 241–264, 2008.

PELEGRINI, S. C. A. Cultura e natureza: os desafios das práticas preservacionistas na esfera do patrimônio cultural e ambiental. **Revista Brasileira de História**, São Paulo, v. 26, n. 51, p. 115–140, 2006.

RIBEIRO, M. B.; LOMARDO, L. L. B. Bioclimatic museum architecture in historic buildings: instrument of environmental sustainability. In: AMOËDA, R.; LIRA, S.; PINHEIRO, C. (ed.). **Heritage 2016: Proceedings of the 5th International Conference on Heritage and Sustainable Development**. 1. ed. Barcelos: Green Lines Institute for Sustainable Development, 2016, p. 593-606. Disponível em: <<https://bit.ly/35zFnUH>>. Acesso em: 8 mar. 2020

RYHL-SVENDSEN, M. *et al.* **A museum storage facility controlled by solar energy. Climate for Collections: standards and uncertainties**. London: Archetype, 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/35zZq5o>>. Acesso em: 13 jul. 2020.

SAUNDERS, D. Climate Change and Museum Collections. **Studies in Conservation**, v. 53, n. 4, p. 287–297, 2008.

SCOTTO, G.; CARVALHO, I. C. de M.; GUIMARÃES, L. B. Desenvolvimento Sustentável. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 2008.

SILVA, S. M. C. L. T. da. Da “Contemplanção da Ruína” ao patrimônio sustentável: contributo para uma compreensão adequada dos bens culturais. **RevCedoua**, v. 2, p. 69–93, 2002.

SILVA, L. S. e. Sustentabilidade na cultura: da diversidade cultural à sustentação financeira. In: **Anais do II Seminário Políticas Culturais**. Rio de Janeiro: Fundação Casa de Rui Barbosa, 2011. Disponível em: <<https://bit.ly/33so0CK>>. Acesso em: 29 jul. 2018.

SOUZA, L. A. C. **Conservação preventiva: controle ambiental**. Tópicos em Conservação Preventiva- 5. Belo Horizonte, LACICOR- Escola de Belas Artes-UFMG, 2008.

STANIFORTH, S. Slow conservation. **Studies in Conservation**, v. 55, n. 2, p. 74–80, 2010.

TEIJGELER, R. **Conservação preventiva da herança documental em climas tropicais**. Lisboa: Biblioteca Nacional, 2007. 400 p.

THOMSON, G. **The Museum Environment**. 2. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1986.

TOLEDO, F. The Role of Architecture in Preventive Conservation. Roma: ICCROM, 2006. 74p. Disponível em: <<https://bit.ly/2FtEdj4>> Acesso em: 8 mar. 2020.

TORELLY, L. P. Patrimônio mundial e desenvolvimento sustentável: desafios para o século XXI. **Arquitextos**, São Paulo, ano 15, n. 177.04, fev./2015. Disponível em: <<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/15.177/5488>>. Acesso em: 5 dez. 2019.

VASCONCELLOS, C. D. M. Patrimonio, memoria y educación: una visión museológica. **Memoria y sociedad**, Bogotá, v. 17, n. 35, p. 94–105, jul./dez. 2013.

VEIGA, J. E. DA. O Âmago Da Sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 28, n. 82, p. 7–24, 2014.

ZANIRATO, S. H. Patrimônio cultural e sustentabilidade : uma associação plausível ? **Revista Confluências Culturais**, v. 5, n. 2, p. 200–211, set./ 2016.

ZANIRATO, S. H.; CAVICCHIOLI, A. Estratégias De Conservação Do Patrimônio Cultural Material. **Revista Memória em rede**, Pelotas, v. 3, n. 8, p. 1–15, jan./jun. 2013.

ZANIRATO, S. H.; RIBEIRO, W. C. Patrimônio cultural: a percepção da natureza como um bem não renovável. **Revista Brasileira de História**, São Paulo, v. 26, n. 51, p. 251–262, 2006.

# RELAÇÃO ENTRE VELOCIDADE REGULAMENTAR E ACIDENTES: ESTUDO DE CASO DAS MARGINAIS TIETÊ E PINHEIROS EM SÃO PAULO

*Douglas Gonçalves<sup>1</sup>, Pedro José Pérez-Martinez<sup>2</sup>,  
Regina Maura de Miranda<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: douglas.goncalves@usp.br

<sup>2</sup>Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo– Universidade Estadual de Campinas (FECFAU/UNICAMP). Contato: pjperrez@unicamp.br

<sup>3</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: remaura@usp.br

**Resumo:** A redução no limite de velocidade regulamentar nas marginais Pinheiros e Tietê foi uma das principais medidas adotadas na cidade de São Paulo, em atendimento às recomendações da Organização das Nações Unidas (ONU), para a “Década de Ação Segura no Trânsito”, entre 2011 e 2020, com o objetivo de diminuir o número de acidentes. Em 2015, as velocidades nas marginais e em outras vias da cidade foram reduzidas, e em janeiro de 2017 voltaram a aumentar nas marginais, mas não em outras vias. Este trabalho faz uma análise da relação entre a velocidade regulamentar e o número de acidentes ocorridos, de janeiro de 2010 a dezembro de 2020, nas marginais e em outras vias da cidade.

Análises estatísticas foram empregadas a fim de se verificar se as alterações de velocidade influenciaram os índices de acidentes no período. Analisando dados no período estudado, as marginais em conjunto representaram ao redor de 19,6% dos feridos e 20,3% das vítimas fatais. Em 2017, quando ocorreu aumento de velocidade nas marginais Tietê e Pinheiros, houve aumento de vítimas fatais em 33,3% e 27,3%, respectivamente, enquanto nas demais vias ocorreu redução de 6,2%. Analisando em conjunto as marginais e demais vias no período de 10 anos, há tendência de queda para feridos, porém, para vítimas fatais, os dados mostram que a média de vítimas por acidente tem tendência de aumento, ou seja, acidente graves estão se tornando mais frequentes.

**Palavras-chave:** tráfego, políticas públicas, velocidade regulamentar, São Paulo.

## RELATIONSHIP BETWEEN REGULATORY SPEED AND ACCIDENTS: A CASE STUDY OF THE TIETÊ AND PINHEIROS MARGINALS IN SÃO PAULO

**Abstract:** The reduction in the regulatory speed limit on the Pinheiros and Tietê Marginals was one of the main measures adopted in the city of São Paulo, in compliance with the recommendations of the United Nations (UN), for the “Decade of action for road safety”, among 2011 and 2020, with the objective of reducing the number of accidents. In 2015, speeds on marginals and other avenues were reduced, and in January 2017 they increased again on marginals, but not on several other avenues. This work analyzes the relationship between regulatory speed and the number of accidents that occurred, from January 2010 to December 2020, on marginals and other streets in the city. Statistical analyses were used to verify if speed changes influenced accident rates in the period. Analyzing data from accidents during the studied period, both marginals represented around 19.6% of injuries and 20.3% deaths. In 2017, when there was an increase on speed in the Tietê and Pinheiros marginals, there was an increase in fatalities by 33.3% and 27.3%, respectively, while on the other avenues there was a reduction of 6.2%. Analyzing marginals and other avenues together, in a period of 10 years, there is a tendency for injuries to fall, however, for fatal victims, the data show that the average number of victims per accident tends to increase, and serious accidents are becoming more frequent.

**Keywords:** traffic, public policies, regulatory speed, São Paulo.

## 1. INTRODUÇÃO

Estudos realizados em 178 países pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 2008 revelaram que acidentes de trânsito matam, a cada dia, cerca de 3 mil pessoas no mundo, o que corresponde a cerca de 1,1 milhão de vítimas fatais por ano. Os acidentes de trânsito são a principal causa de mortes não naturais no mundo (ANG; CHRISTENSEN; VIEIRA, 2020).

Considerando esse cenário, a Organização das Nações Unidas (ONU) promoveu a primeira Conferência Ministerial Global sobre Segurança no Trânsito, resultando na criação da Resolução n. 64/255, a qual declara a “Década de Ação pela Segurança no Trânsito” no período entre 2011 e 2020, com o objetivo de estabilizar e posteriormente reduzir as fatalidades advindas do tráfego rodoviário mundial. Essa resolução convoca os estados membros a implementarem atividades na área de segurança viária (UNITED NATIONS, 2010).

A meta 3.6 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) demanda que os governos mundiais se comprometam a reduzir pela metade o número de mortes por acidentes rodoviários até 2020. No entanto, dados do relatório global sobre segurança viária apontaram que o objetivo não seria alcançado. Em 2010, a taxa de mortes por 100 mil habitantes era de 18,8; passados seis anos, houve uma pequena redução, para 18,2 (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018).

A ONU proclama, por meio da Resolução 74/299, a “Segunda Década de Ação para a Segurança no Trânsito”, no período entre 2021 e 2030, durante o qual os esforços das partes envolvidas devem continuar empenhados em reduzir pela metade o número de acidentes de trânsito (UNITED NATIONS, 2020).

A cidade de São Paulo, por meio da Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes e da Companhia de Engenharia de Tráfego da Cidade de São Paulo (CET-SP), atendendo às recomendações da Resolução n. 64/255 da ONU, iniciou em 2013 o Programa de Proteção à Vida (PPV), com o objetivo de reduzir pela metade o número de vítimas fatais de trânsito registrado entre 2011 e 2020, ou seja, de 12 para 6 mortos por 100 mil habitantes (COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2016a). Esse programa obteve êxito após um ano de implantação, uma vez que, se em 2014 o índice era de 10,47 mortos por 100 mil habitantes, foi reduzido nos anos subsequentes até o ano de 2017, quando chegou a 6,56 mortos por 100 mil habitantes. Em 2018, porém, esse índice aumentou para 6,95, caindo posteriormente, em 2019, para 6,44, e novamente aumentando em 2020 para 6,56 mortes por 100 mil habitantes (COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2020).

Alinhado à Resolução n. 74/299, o Plano de Metas para os anos de 2021 a 2024 estipula para a cidade de São Paulo a meta de reduzir o índice de mortes no trânsito para 4,5 por 100 mil habitantes (SÃO PAULO, 2021).

Estudo realizado na cidade de São Paulo mostrou que os programas de redução de velocidade, ocorridos a partir de 2015, reduziram tanto a velocidade média dos veículos automotores como a mortalidade por acidentes de trânsito, mais acentuadamente entre indivíduos a partir de 50 anos de idade (LEITÃO *et al.*, 2019; COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2016a).

Devido aos altos números de acidentes e tendo como objetivo avaliar resultados de políticas públicas de alteração nos limites de velocidades na cidade de São Paulo, este trabalho estuda se o aumento do limite de velocidade nas marginais contribuiu para o aumento das ocorrências de acidentes de trânsito, e se a redução em outras vias também teve influência. O período de estudo será entre 2010 e 2020, compreendendo o período da “Década de Ação pela Segurança no Trânsito” da ONU.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Local de estudo e alterações nos limites de velocidade

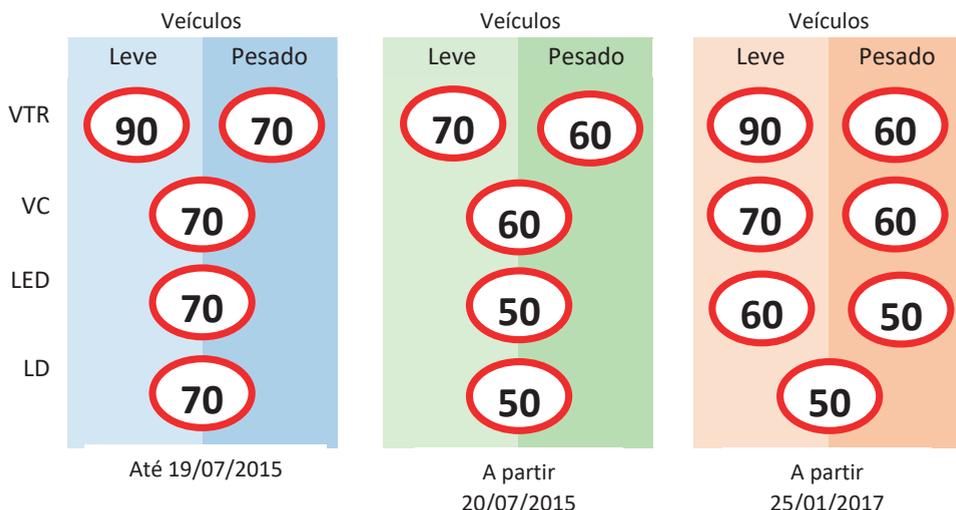
Se em 2011 a cidade de São Paulo contava com uma frota de 6.622.324 veículos, já no ano de 2020 essa frota era de 8.761.213 veículos, ou seja, um aumento próximo de 32,30% (DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO, 2021). A Marginal Tietê possui uma extensão de 23 quilômetros, sendo interligada à Rodovia Ayrton Senna e à Marginal Pinheiros (COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2017a). É composta majoritariamente de duas pistas com três faixas de rodagem cada, tendo sido adicionada uma pista central entre as pistas mais antigas quando a Marginal Tietê passou por obras de duplicação, entre novembro de 2009 e julho de 2012, como resultado do projeto conhecido como “Nova Marginal Tietê” (DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A., 2012).

A Marginal Pinheiros também possui uma extensão ao redor de 23 quilômetros, sendo interligada à Marginal Tietê e à avenida Interlagos (COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2017a). A Marginal Pinheiros possui duas pistas, com classificação viária que inclui uma via de trânsito rápido (VTR) e uma via arterial (VA). Já a Marginal Tietê possui

três pistas, com classificação viária composta por uma VTR, uma via central (VC) e uma VA (SÃO PAULO, 2015).

Quando ocorreu a redução dos limites de velocidade, em 20 de julho de 2015, adotaram-se as seguintes velocidades: na pista da direita das marginais (VA), 50 km/h; na pista da esquerda (VTR), 70 km/h para veículos leves e 60 km/h para veículos pesados; e na pista central da Tietê (VC), 60 km/h para ambos. Essas mudanças nos limites de velocidade estão ilustradas na Figura 1. A pista da direita (VA) está dividida em duas faixas: local exceto faixa da direita (LED) e local – faixa da direita (LD), devido aos diferentes limites de velocidade que posteriormente seriam adotados nessas faixas. Após 18 meses, a partir de 25 de janeiro de 2017 (Figura 1), ocorreu aumento da velocidade máxima permitida para 60 km/h na pista da direita (LED) para veículos leves e manteve-se o limite de 50 km/h para veículos pesados, com exceção da faixa à direita (LD), que permaneceu com o limite de 50 km/h para todos os veículos. A velocidade máxima na pista da esquerda (VTR) aumentou para 90 km/h para os veículos leves, mantendo-se em 60 km/h para os veículos pesados. Na pista central (VC), o limite de velocidade aumentou para 70 km/h para veículos leves e manteve-se em 60 km/h para os veículos pesados. Junto com a redução da velocidade, em julho de 2015 foram implantados radares fixos, por meio das Portarias n. 202 a 206/2015, totalizando 62 radares na Marginal Tietê e 48 radares na Marginal Pinheiros (SÃO PAULO, 2015).

**Figura 1** – Variação no limite máximo de velocidade nas Marginais Pinheiros e Tietê nas três diferentes faixas das marginais (VTR, via de trânsito rápido; VC, pista central na Tietê; LED, pista local exceto faixa da direita; e LD, pista local faixa da direita)



## 2.2 Acidentes e vítimas de trânsito

As informações sobre acidentes de trânsito referentes aos anos de 2015-2020, feridos e vítimas fatais, foram levantadas a partir dos relatórios da CET-SP (COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2015, 2016b, 2017b, 2018, 2019, 2020). Os dados relativos aos acidentes de trânsito ocorridos nos anos de 2010 a 2014 foram fornecidos diretamente pela CET-SP, uma vez que os relatórios disponíveis não tinham informações sobre o número de feridos entre 2010 e 2014.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dados do relatório anual de acidentes de trânsito da CET-SP mostraram que, em 2019, 51 vias da capital paulista (incluindo as Marginais Pinheiros e Tietê) concentraram ao redor de 42% dos acidentes fatais. Dentre elas, 9 rodovias que possuem trechos dentro do município e que estão sob jurisdição do Departamento Nacional de Infraestruturas Terrestres, Agência de Transporte do Estado de São Paulo, Departamento de Estradas de Rodagem, Desenvolvimento Rodoviário ou concessionárias (COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2019), foram excluídas dessa análise, visto que as marginais tiveram as velocidades aumentadas e as rodovias não estão incluídas no PPV. Portanto, restaram 40 vias, que estão sob a responsabilidade municipal e que serão aqui estudadas e denominadas “demais vias”. A maioria teve o limite de velocidade reduzido em 2015.

Na primeira coluna da Tabela 1 é apresentado o número (N), que mostra as 40 vias com mais acidentes em ordem decrescente de ocorrências de vítimas fatais, faltando as posições de ranking 1º (Rodovia Anhanguera), 5º (Rodovia dos Bandeirantes), 6º (Rodoanel Mario Covas), 10º (Rodovia dos Imigrantes), 11º (Rodovia Raposo Tavares), 15º (Rodovia Fernão Dias), 21º (Rodovia Presidente Dutra), 24º (Rodovia Anchieta) e 41º (Rodovia Ayrton Senna da Silva), por se tratarem de rodovias, e as posições 2º e 7º por serem as marginais Tietê e Pinheiros, respectivamente. Estas foram excluídas devido ao fato de que as velocidades, inicialmente reduzidas, foram aumentadas em 2017. O total de acidentes, extensão da via, data da alteração da velocidade, velocidades regulamentares antigas e atuais, além do número de radares existentes e lombadas físicas em cada via, foram fornecidos pela CET-SP (Tabela 1). As lombadas físicas são dispositivos auxiliares de segurança, utilizados com o objetivo de reduzir a velocidade para 20 km/h ou 30 km/h em suas proximidades, de acordo com a Resolução do Detran

n. 600/2016. Observa-se na Tabela 1 que essas vias possuem, juntas, cerca de 246 km de extensão; 19 vias possuem radares e lombadas (47,5%); 15 vias somente radares (37,5%); e 6 vias somente lombadas (15%), sendo que as velocidades foram reduzidas para 50 km/h em meados de 2015, com exceção da avenida Vinte e Três de Maio, onde a velocidade regulamentar foi reduzida para 60 km/h.

**Tabela 1** – Informações relativas a 2019 para as “demais vias”, que concentraram grande parte dos acidentes fatais na cidade de São Paulo

N	Logradouro	Total		Extensão (km)	Data <sup>1</sup> redução	Velocidade <sup>1</sup>		R <sup>1</sup>	Le <sup>1</sup>
		Acidentes	Óbitos			antiga (km/h)	atual (km/h)		
3	Av. do Estado	16	17	9,2	24/09/2015	60	50	9	0
4	Av. Sapopemba	14	14	4,3	23/11/2015	60	50	7	36
8	Av. Sen. Teotônio Vilela	10	10	9,0	21/08/2015	60	50	11	10
9	Av. Jacú Pêssego	9	12	13,0	26/07/2015	70/60/80	50	16	2
12	Rua Dr. Assis Ribeiro	8	8	11,0	08/12/2015	60	50	6	11
13	Es. de Itap da Serra	7	8	9,5	04/09/2015	60	50	9	0
14	Es. do Imperador	7	7	3,7	30/11/2015	60	50	1	1
16	Av. Atlântica	7	7	6,6	24/09/2015	60	50	6	16
17	Av. Ragueb Chohfi	7	7	6,7	25/11/2015	60	50	6	8
18	Av. Interlagos	7	7	7,5	28/08/2015	60	50	6	1
19	Es. do Campo Limpo	6	6	3,5	14/08/2015	60	50	9	4
20	Av. R. P. de Magalhães	6	6	17,0	17/12/2015	60	50	11	7
22	Av. Guarapiranga	6	6	5,8	18/08/2015	60	50	3	16
23	Av. Alcântara Machado	5	5	4,8	09/09/2015	60	50	7	0
25	Av. Carlos Lacerda	4	4	3,2	Nd	nd	nd	1	16
26	Av. Prof. F. Morato	4	4	6,4	16/10/2015	60	50	5	0
27	Av. Aricanduva	4	4	11,5	08/08/2015	60	50	14	0
28	Av. Cupecê	4	4	5,2	27/10/2015	60	50	4	12
29	Av. São João	4	4	2,0	20/08/2015	60	50	2	0
30	Av. Dona Belmira Marin	4	4	6,7	07/06/2014	nd	50	6	6
31	Av. São Miguel	4	4	9,6	02/12/2015	60	50	6	0
32	Av. Yervant Kissajikian	4	4	4,0	Nd	nd	nd	0	20
33	Av. Itaquera	4	4	8,5	Nd	nd	nd	0	5
34	Av. Salim Farah Maluf	4	4	6,3	07/09/2015	60	50	9	0
35	Av. João Dias	4	4	3,7	23/11/2015	60	50	2	1
36	Av. Vila Ema	4	4	6,1	Nd	nd	nd	1	0
37	R. M. A. Lopes Azevedo	3	4	4,3	Nd	nd	nd	1	12
38	Es. da Colônia	3	4	1,6	Nd	nd	nd	0	12
39	Av. Vinte e três de maio	3	3	5,6	28/08/2015	70	60	4	0
40	Av. Dep. C. Sampaio	3	3	7,5	03/09/2015	nd	50	0	10
42	Es. do Alvarenga	3	3	6,6	17/12/2015	60	50	2	4

43	Av. dos Bandeirantes	3	3	6,0	31/08/2015	nd	nd	9	0
44	Av. José Pinheiro Borges	3	3	1,8	09/09/2015	60	50	10	0
45	Es. de Parelheiros	3	3	6,5	18/04/2008		50	2	11
46	Es. Pirajussara	2	4	2,0	Nd	nd	nd	1	4
47	Av. Dr. F. Mesquita	2	3	3,0	07/07/2015	60	50	1	0
48	Av. Imirim	2	3	2,3	Nd	nd	nd	3	0
49	Rua Inácio Monteiro	2	3	4,9	Nd	nd	nd	0	27
50	Av. Parada Pinto	2	3	3,7	05/12/2014	nd	50	1	0
51	Av. Itaberaba	2	3	5,2	Nd	nd	nd	0	3

Notas: <sup>1</sup>adaptado de CET, 2019; R = radares; Le = lombadas existentes; nd = **não disponível**.

No mesmo período em que aumentaram os limites de velocidade nas marginais, em maio de 2017, a cidade de São Paulo deixou de utilizar alguns radares. A prefeitura possuía 19 radares móveis, que atuavam em 80 locais de forma rotativa (SÃO PAULO, 2017), e deixou de fazer a fiscalização itinerante com estes equipamentos. Essa medida é preocupante, visto que a falta de radares ou de controles por policiais pode inviabilizar uma política de redução de velocidade, devido ao não cumprimento dos limites regulamentares de velocidade (LÓPEZ-APARICIO *et al.*, 2020) e pode também ter contribuído para o aumento do índice de óbitos por 100 mil habitantes, observado após essa data.

A Tabela 2 mostra o panorama geral dos acidentes que resultaram em feridos e vítimas fatais, nas marginais Pinheiros, Tietê e nas demais vias, que representaram parte significativa da concentração de acidentes no ano de 2019. No período entre 2010 e 2020, compreendendo a Década de Ações Seguras no Trânsito da ONU, foram apuradas 5.478 vítimas na Marginal Pinheiros, sendo 5.258 feridos e 220 mortes; já na Marginal Tietê ocorreram 5.770 vítimas, sendo 5.425 feridos e 345 vítimas fatais. Os registros de feridos foram maiores na Marginal Tietê, com exceção dos anos de 2010, 2014, 2016, 2017 e 2018. Com relação aos acidentes com vítimas fatais, a Marginal Tietê também registrou maiores ocorrências no período, com exceção do ano de 2018.

Devido ao surto da pandemia por Covid-19 e das medidas de contenção tomadas para evitar a disseminação do vírus, as quais tiveram impacto sobre a dinâmica do trânsito na cidade de São Paulo, pode-se dizer que 2020 foi um ano atípico, com menor número de vítimas, porém, o número de mortes continuou alto, mesmo com as restrições relacionadas à mobilidade. Em 2020, ocorreram 16 mortes e 132 pessoas ficaram feridas na Marginal Pinheiros. Em 2019, comparativamente, apuraram-se 243 vítimas, sendo 230 feridos e 13 fatais.

Na Marginal Tietê, foram observados, no ano de 2019, 254 acidentes, com 297 feridos e 21 vítimas fatais. Já em 2020, observou-se uma queda no número de

acidentes (147), que resultaram em 158 feridos e 17 vítimas fatais. É possível dizer que as medidas de restrição impostas pelos governantes podem ter contribuído para a diminuição no número de acidentes nas marginais, ainda que o número de vítimas fatais não tenha sido muito alterado. A média de vítimas fatais por acidentes tem tendência de aumento desde 2010, e os acidentes estão sendo cada vez mais graves.

Observa-se certa semelhança no número total de feridos entre as marginais Pinheiros e Tietê, respectivamente de 5.258, e 5.425. O número de feridos nas demais vias foi de 43.885, totalizando 54.568 quando somado aos feridos nas marginais, ou seja, as marginais, em conjunto, representaram cerca de 19,6% do total de feridos nas vias analisadas.

**Tabela 2** – Soma total, média e desvio padrão (DesvP) dos acidentes com vítimas fatais e feridos nas marginais e demais vias por ano. Diferença percentual entre anos consecutivos, para o total de feridos e fatais<sup>1</sup>

Ano	Média fatais	DesvP (fatais)	Total fatais	Diferença fatais (%)	Média feridos	DesvP (feridos)	Total feridos	Diferença feridos (%)	Total acidentes
<b>Marginal Pinheiros</b>									
2010	0,03	0,18	20	-	1,22	0,56	764	-	625
2011	0,06	0,28	28	40,00	1,21	0,58	607	-20,55	501
2012	0,04	0,20	25	-10,71	1,21	0,58	762	25,54	632
2013	0,04	0,19	23	-8,00	1,18	0,60	725	-4,86	615
2014	0,05	0,23	30	30,43	1,21	1,80	755	4,13	623
<b>2015</b>	<b>0,05</b>	<b>0,23</b>	<b>18</b>	<b>-40,00</b>	<b>1,15</b>	<b>0,56</b>	<b>435</b>	<b>-42,38</b>	<b>377</b>
2016	0,04	0,20	11	-38,89	1,11	0,45	281	-35,40	254
<b>2017</b>	<b>0,06</b>	<b>0,24</b>	<b>14</b>	<b>27,27</b>	<b>1,19</b>	<b>0,63</b>	<b>270</b>	<b>-3,91</b>	<b>227</b>
2018	0,09	0,33	22	57,14	1,21	1,08	297	10,00	245
2019	0,06	0,24	13	-40,91	1,12	0,62	230	-22,56	205
2020	0,13	0,34	16	23,08	1,09	0,67	132	-42,61	121
<b>Marginal Tietê</b>									
2010	0,08	0,30	53	-	1,19	0,69	744	-	624
2011	0,08	0,29	54	1,89	1,25	0,92	808	8,60	646
2012	0,07	0,27	47	-12,96	1,19	0,71	785	-2,85	659
2013	0,06	0,26	38	-19,15	1,18	0,64	774	-1,40	657
2014	0,07	0,26	38	0,00	1,16	0,64	645	-16,67	558
<b>2015</b>	<b>0,07</b>	<b>0,29</b>	<b>28</b>	<b>-26,32</b>	<b>1,15</b>	<b>0,60</b>	<b>441</b>	<b>-31,63</b>	<b>385</b>
2016	0,07	0,27	15	-46,43	1,19	0,72	259	-41,27	218
<b>2017</b>	<b>0,09</b>	<b>0,32</b>	<b>20</b>	<b>33,33</b>	<b>1,12</b>	<b>0,87</b>	<b>264</b>	<b>1,93</b>	<b>235</b>

2018	0,06	0,24	14	-30,00	1,12	0,54	250	-5,30	224
2019	0,08	0,28	21	50,00	1,17	0,68	297	18,80	254
2020	0,12	0,32	17	-19,05	1,07	0,68	158	-46,80	147
<b>Demais vias</b>									
2010	0,06	0,26	262	-	1,30	0,93	5750	-	4415
2011	0,06	0,27	276	5,34	1,26	0,85	5415	-5,83	4290
2012	0,05	0,24	244	-11,59	1,26	0,83	5846	7,96	4643
2013	0,05	0,22	211	-13,52	1,21	0,70	5270	-9,85	4356
2014	0,06	0,27	263	24,64	1,20	0,83	4870	-7,59	4064
<b>2015</b>	<b>0,04</b>	<b>0,20</b>	<b>142</b>	<b>-46,00</b>	<b>1,19</b>	<b>0,67</b>	<b>4070</b>	<b>-16,43</b>	<b>3419</b>
2016	0,06	0,25	160	12,68	1,17	0,67	3035	-25,43	2594
<b>2017</b>	<b>0,07</b>	<b>0,27</b>	<b>150</b>	<b>-6,25</b>	<b>1,20</b>	<b>0,70</b>	<b>2598</b>	<b>-14,40</b>	<b>2159</b>
2018	0,08	0,28	155	3,33	1,17	0,65	2348	-9,62	2000
2019	0,09	0,32	213	37,41	1,14	0,68	2595	10,52	2270
2020	0,08	0,29	137	-64,32	1,22	0,73	2088	-19,54	1716

Notas: <sup>1</sup>Média fatais = soma fatais/número de acidentes; DesvP = desvio padrão da média; Diferença fatais (%) = (soma fatais ano atual – soma fatais ano anterior) × 100 / soma fatais ano anterior; Média feridos = soma feridos/número de acidentes; Diferença feridos (%) = (soma feridos ano atual – soma feridos ano anterior) × 100 / soma fatais ano anterior.

Em relação às vítimas fatais entre 2010 e 2020, na Marginal Pinheiros foram 220 vidas perdidas, já na Marginal Tietê esse número foi bem maior, de 345, e nas “demais vias” foi de 2.213, totalizando 2.778. Assim, as marginais, em conjunto, representaram aproximadamente 20,3% do total de fatalidades nas vias analisadas. Na Tabela 2 foi estimada também a diferença percentual entre os anos consecutivos, para o total de vítimas fatais e feridos.

Comparando mensalmente, quando ocorreu a redução de velocidade em meados do ano de 2015 (destaque em negrito na Tabela 2), houve redução de 40% e 26,32% (fatais), 42,38% e 31,63% (feridos) nas Marginais Pinheiros e Tietê, respectivamente. Nas “demais vias” houve redução de 46% (fatais) e 16,45% (feridos).

No mês de janeiro de 2017, quando ocorreu aumento da velocidade nas marginais, destaque em negrito na Tabela 2, houve um aumento de 27,27% (fatais) e redução de 3,91% (feridos), e foi registrado um aumento de 33,33% (fatais) e de 1,93% (feridos) nas Marginais Pinheiros e Tietê, respectivamente.

A análise para as “demais vias”, onde a maioria teve a velocidade reduzida a partir do ano de 2015, mostra que houve redução considerável no número de acidentes e também nos totais de vítimas feridas e fatais. Comparando com os três anos subsequentes (2016 a 2018), o número de fatais foi similar no período,

sendo registrados 160, 150 e 155 mortos. No entanto, o registro com feridos mostrou queda no período entre 2015 e 2018. No ano de 2019 ocorreu aumento de aproximadamente 37% de vítimas fatais e 10% de feridos.

A implementação de uma política pouco homogênea de redução de velocidade na cidade – a velocidade nas marginais foi reduzida entre julho de 2015 e janeiro de 2017, ao passo que, nas demais vias, essa redução, iniciada no começo de setembro de 2015, dura até a atualidade – pode explicar a diferença relativa ao número de feridos. Entre os anos de 2010 e 2014, são observados os picos máximos de acidentes com vítimas fatais e feridos na década, tanto nas marginais como nas “demais vias”. Nesse caso, comparando os períodos antes e depois da alteração da velocidade, as reduções no número de vítimas fatais e feridos foram, respectivamente, de 42% e 59%. Caso a velocidade não tivesse sido aumentada novamente a partir de fevereiro de 2017, a redução no número de mortos nas marginais poderia ter sido ainda maior.

A nota técnica n. 247 da CET-SP, que subsidiou a redução do limite máximo de velocidade nas marginais, baseando-se em recomendações da OMS ao adotar a velocidade de 50 km/h em trechos urbanos, analisou os dados de acidentes entre os anos de 2014 e 2015. A nota confirma que foi registrada redução de 35,1% em todos os tipos de acidentes, concluindo que a redução de velocidade foi uma medida acertada (COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2016a). Programas de redução de velocidade, quando aliados à fiscalização por radares, aumentaram em cerca de 11,5% o impacto dessas políticas públicas, ao desestimularem o comportamento do condutor de dirigir em alta velocidade, resultando na redução do risco de acidentes em vias próximas aos radares (ANG; CHRISTENSEN; VIEIRA, 2020).

A Nota Técnica n. 251 da CET-SP informa que a harmonização do tráfego, preconizando a diminuição da velocidade máxima, reduz também os conflitos de deslocamentos entre os veículos, a lentidão, os acidentes de trânsito e gastos com internações hospitalares (COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2016b).

A partir de janeiro de 2017, a Nota Técnica n. 253 da CET-SP, que embasou o aumento da velocidade nas marginais, preconizou que deveriam ser implementadas medidas em conjunto com o aumento das velocidades, destacando-se: melhoria na sinalização de regulamentação de velocidade, na sinalização educativa e de advertência (como proibição do uso de celular ao volante), implantação de travessias de pedestres nas vias transversais, utilização de painéis eletrônicos com mensagens variáveis, aumento da fiscalização em motocicletas, ampliação da

equipe operacional de trânsito nessas vias e a inibição da presença de ambulantes (COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2017c). Esse estudo sugere, porém, que essas medidas podem não ter sido suficientes para a redução dos acidentes.

## 4. CONCLUSÕES

Os resultados mostram uma nítida redução no número de acidentes nas vias da cidade de São Paulo a partir de 2010. A política de redução das velocidades, aliada à maior fiscalização e melhor sinalização horizontal, vertical e dispositivos auxiliares (em grandes vias), contribuiu para a melhora do cenário de acidentes na cidade.

A partir da redução da velocidade em várias vias da cidade em 2015, o número de acidentes com feridos e vítimas fatais mostrou tendência de queda, com diferenças entre as marginais e as “demais vias” da cidade. Os dados indicam a tendência de queda para o número de feridos. Para o número de vítimas fatais, não é observada essa tendência.

Na comparação entre as marginais e as “demais vias”, quando ocorreu redução das velocidades, os números deixam claro que houve redução de acidentes em ambas. A partir do momento em que se deu o aumento da velocidade nas marginais, porém, os números começaram a se distanciar dos índices relativos às “demais vias”, isto é, observou-se um aumento no número de ocorrências com feridos e vítimas fatais nas marginais Pinheiros e Tietê (em 2018). Em 2019, os números foram altos em todas as vias.

As marginais Pinheiros e Tietê concentram 8,6% dos 879 radares existentes na cidade de São Paulo, o que faz delas as vias mais fiscalizadas por radares na cidade. O número de acidentes ainda é alto, principalmente após janeiro de 2017; o problema pode estar relacionado aos limites de velocidade regulamentados, sendo incompatíveis com as diretrizes da OMS e de segurança.

Alguns países adotam limites de velocidade variáveis, de acordo com o horário do dia e os índices de congestionamento. A redução de velocidade é determinada de acordo com a densidade do tráfego, o número de acidentes, a existência de trabalhos de construção ou manutenção da via, os níveis de poluição, ou demais condições climáticas. Nesse caso, os limites de velocidade vigentes são comunicados aos motoristas por meio de painéis com mensagens variáveis (BEL; ROSELL, 2013).

Frente a esse estudo, a política de redução do limite de velocidade na cidade de São Paulo, aliada a outras medidas, aproximou-se do objetivo de poupar vidas,

vindo ao encontro da meta 3.6 do ODS 3 (Saúde e Bem-Estar), de reduzir pela metade o número de mortes por acidentes rodoviários até 2020.

Para atender ao novo objetivo da cidade de São Paulo – o de reduzir, até 2030, o número de mortes por acidentes de trânsito para, no máximo, 3 a cada 100 mil habitantes –, é necessária a adoção de novas políticas públicas. Especificamente, pode ser necessário revisar o limite de velocidade das marginais, demandando-se também, mediante o avanço no conhecimento técnico e científico, a organização de campanhas mais eficazes de educação no trânsito, que estimulem um maior envolvimento e conscientização da sociedade civil.

## REFERÊNCIAS

ANG, A. *et al.* Should congested cities reduce their speed limits? Evidence from São Paulo, Brazil. **Journal of Public Economics**. São Paulo, v. 184, p.104-155. doi:10.1016/j.jpubeco.2020.104155

BEL, G.; ROSELL, J. Effects of the 80 km/h and variable speed limits on air pollution in the metropolitan area of Barcelona. **Transportation Research Part D**, Barcelona, v. 23, p.90-97, apr. 2013. doi:10.1016/j.trd.2013.04.005.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Acidentes de trânsito**: relatório técnico. São Paulo: CET-SP, 2015. 76 p. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/490098/relatorioanualacidentestransito2015.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2019.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Redução de velocidades máximas nas Marginais Tietê e Pinheiros**: nota técnica 247. São Paulo: CET-SP, 2016a. 3p. Disponível em: <[nt-247-2.pdf](http://www.cetsp.com.br/media/562061/relatorioanualacidentestransito-2016.pdf) (cetsp.com.br)>. Acesso em: 2 nov. 2019.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Acidentes de trânsito**: relatório técnico. São Paulo: CET-SP, 2016b, 71 p. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/562061/relatorioanualacidentestransito-2016.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2019.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Benefícios imediatos da redução das velocidades máximas permitidas, o caso das Marginais Tietê e Pinheiros**: nota técnica 251. São Paulo: CET-SP, 2016c. 23 p. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/517275/nt251.pdf>>. Acesso em: 6 set. 2019.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Novas velocidades regulamentadas nas vias Marginais Tietê e Pinheiros e ações para melhoria na segurança viária:** nota técnica 253. São Paulo: CET-SP, 2017a. 34 p. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/539932/nt-253-novas-velocidades-nas-marginais.pdf>>. Acesso em: 2 nov. 2019.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Acidentes de trânsito:** relatório anual. São Paulo: CET-SP, 2017b. P. 69 p. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/646657/relatorioanualacidentestransito-2017.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2019.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Novas velocidades regulamentadas nas vias Marginais Tietê e Pinheiros e ações para melhoria na segurança viária:** nota técnica 253. São Paulo: CET-SP, 2017c. 34 p. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/539932/nt-253-novas-velocidades-nas-marginais.pdf>>. Acesso em: 2 nov. 2019.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Acidentes de trânsito:** relatório anual. São Paulo: CET-SP, 2018. 73 p. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/866316/relatorio-anual-2018-versao-28-05.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2019

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Acidentes de trânsito:** relatório anual. São Paulo: CET-SP, 2019. 58 p. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/1058619/2019.pdf>>. Acesso em: 4 out. 2020.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Acidentes de trânsito:** relatório anual. São Paulo: CET-SP, 2020. 69 p. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/1143350/RelatorioAnual2020.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Estatísticas frota de veículos.** Brasília: Ministério da Infraestrutura: DENATRAN, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/estatisticas-frota-de-veiculos-denatran>>. Acesso em: 9 out. 2021.

DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. **Demonstrações contábeis dos exercícios findos em 31 de dezembro de 2011 e 2020. Relatório de Administração Exercício de 2011.** São Paulo, 2012. Disponível em: < [https://www.Imprensaoficial.com.br/DO/GatewayPDF.aspx?pagina=7&caderno=Empresarial&data=13/04/2012&link=/2012/empresarial/abril/13/pag\\_0007\\_392ODB5628A18e4PPCKDISJGL91.pdf&paginaordenacao=100007](https://www.Imprensaoficial.com.br/DO/GatewayPDF.aspx?pagina=7&caderno=Empresarial&data=13/04/2012&link=/2012/empresarial/abril/13/pag_0007_392ODB5628A18e4PPCKDISJGL91.pdf&paginaordenacao=100007) >. Acesso em: 10 out. 2018.

LEITÃO, P. A. *et al.* Mortality due to traffic accidents, before and after the reduction of the average speed of motor vehicles in the city of São Paulo, Brasil, from 2010 to 2016. **Journal of Human Growth and Development**, v. 29, n. 1, p. 83-92, 2019. doi: <https://doi.org/10.7322/jhgd.157755>.

LÓPEZ-APARICIO, S. *et al.* Costs and benefits of implementing an Environmental Speed Limit in a Nordic City. **Science of the Total Environment**, Norway, v. 720, p.137577, jun. 2020. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.137577.

SÃO PAULO (Cidade). Portarias números 202 a 206/2015-DSV.GAB, de 17 de julho de 2015. Dar publicidade à numeração dos equipamentos/sistema de fiscalização e aos códigos dos locais fiscalizados, conforme o Anexo Único desta portaria, nos termos do parágrafo único, do artigo 2º, da Resolução n. 396, de 13 de dezembro de 2011, do Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN. **Diário Oficial da Cidade de São Paulo**, São Paulo, 18 jul. 2015. Ano 60, n. 131, p. 224.

SÃO PAULO (Cidade). Secretaria de Mobilidade e Transportes. **SMT deixa de utilizar radares móveis em caixa de metal 2017.** Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/transportes/noticias/?p=234791>. Acesso em: 17 maio 2020.

SÃO PAULO (Cidade). Secretaria de Governo Municipal. **Programa de metas: 2021/2024.** São Paulo: Prefeitura da cidade de São Paulo, 2021. p. 64. Disponível em: <[programa\\_de\\_metas\\_2021-2024\\_versao-inicial.pdf](programa_de_metas_2021-2024_versao-inicial.pdf) (prefeitura.sp.gov.br)>. Acesso em: 18 out. 2021.

UNITED NATIONS. **Resolution adopted by the General Assembly 64/255: Improving global road safety.** Moscou: 2010, 6 p. Disponível em: <[https://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/publications/road\\_traffic/UN\\_GA\\_resolution-54-255-en.pdf](https://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/UN_GA_resolution-54-255-en.pdf)>. Acesso em: 20 ago. 2018.

UNITED NATIONS. **Resolution adopted by the General Assembly 74/299: Improving global road safety.** New York: 2020, 9 p. Disponível em: < <https://undocs.org/en/A/RES/74/299> >. Acesso em: 11 jan. 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Status Report on Road Safety.** Geneva: 2018, 424 p. Disponível em: <<https://www.who.int/publications/item/9789241565684>>. Acesso em: 5 abr. 2020.

# OS OCEANOS: LIÇÕES DO PASSADO PARA UM FUTURO SUSTENTÁVEL<sup>1</sup>

*Marília de Carvalho Campos<sup>1</sup>, Stefano Crivellari<sup>2</sup>,  
Cristiano Mazur Chiessi<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP).

\*Filiação atual: Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo (IGc-USP). Contato: marilia.carvalho.campos@usp.br

<sup>2</sup>Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: stefano.crivellari@usp.br

<sup>3</sup>Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: chiessi@usp.br

**Resumo:** A Organização das Nações Unidas declarou a década de 2020 como a “Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável” com o intuito, entre outros, de aumentar e diversificar investimentos em ciência oceânica. Os oceanos ocupam grande parte da superfície terrestre, sendo o maior reservatório de água do planeta. A população mundial depende marcadamente, de forma direta ou indireta, dos serviços ecossistêmicos providos pelos oceanos. Dentre os serviços mais valiosos está a regulação do sistema climático. A Célula de Revolvimento Meridional do Atlântico (do inglês *Atlantic Meridional Overturning*

---

<sup>1</sup> M. C. Campos agradece ao Prof. Dr. André O. Sawakuchi pela colaboração junto ao seu pós-doutoramento. Os autores agradecem o apoio da FAPESP (2012/17517-3, 2016/10242-0, 2018/06790-7, 2018/15123-4, 2019/24349-9, 2019/25179-0 e 2020/06534-0), CAPES (1976/2014, 564/2015 e 88881.313535/2019-01), CNPq (312458/2020-7) e da Alexander von Humboldt Foundation.

*Circulation* – AMOC) é uma componente crucial do sistema climático que atua na distribuição de calor e trocas gasosas (por exemplo, de dióxido de carbono) com a atmosfera. Considerando a possibilidade de uma marcante redução/colapso da AMOC no futuro devido às mudanças climáticas, é de extrema relevância aprofundar o entendimento a respeito das possíveis consequências que uma redução/colapso dessa circulação teria sobre o sistema climático. Registros paleoclimáticos advindos de inúmeras regiões do planeta indicam que uma marcante redução/colapso da AMOC teve profundos reflexos no sistema climático. Tais reflexos envolvem impactos de escala global a local, como alterações significativas no ciclo do carbono, na temperatura superficial oceânica e no clima de regiões tropicais. Este trabalho visa destacar a importância de estudar eventos pretéritos de enfraquecimento da AMOC, tornando evidente que o aumento, diversificação e manutenção dos investimentos em ciência oceânica são de suma importância para o melhor enfrentamento das mudanças climáticas.

**Palavras-chave:** oceanos, Célula de Revolvimento Meridional do Atlântico, mudanças climáticas.

## THE OCEANS: LESSONS FROM THE PAST FOR A SUSTAINABLE FUTURE

**Abstract:** The United Nations declared the 2020s as the “Decade of Ocean Science for Sustainable Development” aiming, among others, to increase and diversify funding for ocean sciences. The oceans cover most of the Earth’s surface, being the global largest water reservoir. The world population strongly depends, directly or indirectly, on ecosystem services provided by the oceans. Among the most valuable oceanic ecosystem services is its role in regulating the climate system. The Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) is a crucial component of the climate system that controls the distribution of heat and the exchange of gases (carbon dioxide, for instance) with the atmosphere. Considering the possibility of a marked reduction/collapse of the AMOC in the future due to climate change, it is extremely important to better understand the possible consequences that a reduction/collapse would have on the climate system. Paleoclimate records from numerous regions of the planet indicate that a marked reduction/collapse of the AMOC had profound impacts on the climate system. Such impacts range from global to local changes, like significant changes in the carbon cycle, in the sea surface temperature and in the climate of tropical regions. Here we highlight the importance of investigating past events of a reduced/collapsed AMOC. We argue that the increase, diversification and maintenance

of investments in ocean sciences are of paramount importance for appropriately facing the challenges of climate change.

**Keywords:** Ocean, Atlantic Meridional Overturning Circulation, climate change.

## 1. INTRODUÇÃO

Os oceanos compõem 71% da superfície terrestre e contêm cerca de 97% da água do planeta. Grande parte da população mundial vive nas regiões costeiras e depende dos serviços ecossistêmicos providos pelos oceanos. Além de serviços relacionados à economia, nutrição, saúde, bem-estar, suprimento de água e energia, os oceanos desempenham papel fundamental na regulação do sistema climático. Eles atuam na absorção e redistribuição de calor e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sendo os maiores sorvedouros desse gás de efeito estufa. Cerca de um terço do CO<sub>2</sub> emitido pelas atividades antrópicas é absorvido pela superfície oceânica no curto prazo, e no longo prazo é estocado no oceano profundo (ROMANOU *et al.*, 2017). Os oceanos (especialmente em porções mais profundas) estocam 50 vezes mais carbono que a atmosfera, amenizando marcadamente os impactos das emissões antrópicas de CO<sub>2</sub> e mitigando as mudanças climáticas (IOC-UNESCO, 2017; IPCC, 2019; RAVEN *et al.*, 2005).

Nas últimas décadas, esse fantástico regulador climático vem sofrendo mudanças que indicam que sua capacidade de continuar desempenhando serviços essenciais está ameaçada. Tais mudanças são reflexos das pressões antrópicas (e.g., poluição, aquecimento, acidificação), e, apesar dos esforços da comunidade científica global, o conhecimento a respeito de como os oceanos responderão a tais pressões no longo prazo ainda é marcado por muitas incertezas (IPCC, 2019; 2021; PBMC, 2020).

Uma das mudanças mais críticas está relacionada com a circulação oceânica global, especialmente àquela do setor atlântico, chamada de Célula de Revolvimento Meridional do Atlântico (do inglês *Atlantic Meridional Overturning Circulation* – AMOC). Tal circulação está entre as componentes do sistema climático cujo limiar crítico está próximo de ser atingido, e a redução da sua intensidade pode levar o sistema a se comportar de forma imprevisível (LENTON, 2013). Uma marcante redução/colapso dessa circulação teria profundas implicações globais no clima (LIU *et al.*, 2017), na fauna e flora (THOMAS *et al.*, 2004) e na sociedade (PATZ *et al.*, 2005), por exemplo, mudanças nos padrões de precipitação e temperatura, na distribuição e abundância de diversas espécies (com riscos de extinção) e na

maior frequência de problemas de saúde e ameaças à segurança alimentar. Assim, ampliar, aprofundar e manter estudos que tratem dos mecanismos responsáveis por variações significativas no clima e nas condições oceânicas durante eventos pretéritos de marcante enfraquecimento da AMOC podem auxiliar sobremaneira na projeção de cenários climáticos futuros mais realistas.

Apesar da sua grande relevância, estima-se que as ciências do mar recebem apenas cerca de 0,04% a 4% do total investido em pesquisa e desenvolvimento (IOC-UNESCO, 2017). O estudo dos oceanos requer investimentos significativos tanto em infraestrutura (e.g., navios, equipamentos para coleta, tratamento e análise de sedimentos marinhos, satélites, robôs subaquáticos, veículos controlados remotamente) como em formação de mão de obra extremamente especializada.

Com base nesse contexto, a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou a década de 2020 (2021-2030) como a “Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável”, com o intuito de aumentar e diversificar os investimentos em ciências do mar, bem como de engajar ciência, políticas públicas e sociedade em prol da sustentabilidade dos oceanos (UN, 2019). Adicionalmente, a Agenda 2030 também destacou a importância dos oceanos em um de seus objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS14 – Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável), chamando atenção para seus serviços ecossistêmicos e os desafios de governança em meio às pressões antrópicas (UN, 2015). Tal esforço também é contemplado no ODS13 (Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos), que trata das mudanças climáticas como um todo. Vale notar que tal avanço rumo à governança e gestão sustentável dos oceanos requer abordagens interdisciplinares envolvendo a ampla participação das mais diversas partes interessadas (i.e., setor público, setor privado, terceiro setor e comunidades) em diversas escalas espaciais (local, regional e global) (DE CASTRO *et al.*, 2019; GONÇALVES, 2021; WISZ *et al.*, 2020).

Este trabalho apresenta alguns exemplos que justificam o aumento, diversificação e manutenção dos investimentos em ciência oceânica, mais especificamente na “paleoceanografia”, que é o ramo da ciência que estuda as mudanças pretéritas (i.e., paleo) que ocorreram nos oceanos e seus reflexos no sistema climático.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A AMOC é uma circulação de larga escala que transporta águas superficiais quentes e salinas rumo às altas latitudes do Atlântico Norte, onde elas perdem

calor para a atmosfera mais fria daquela região, ganham densidade e afundam, retornando águas profundas e frias para o Atlântico Sul (BRYDEN *et al.*, 2005). Ela é composta de células de revolvimento que contêm quatro ramos principais, a saber: (i) ressurgências, que transportam águas do fundo para a superfície; (ii) correntes superficiais, que transportam águas de baixa densidade rumo ao norte; (iii) regiões de formação de águas profundas, onde as águas se tornam mais densas e afundam; e (iv) correntes profundas, que transportam águas de alta densidade rumo ao sul (KUHLBRODT *et al.*, 2007).

Os impactos advindos das mudanças nessa circulação podem ser mais bem entendidos por meio, por exemplo, do estudo do registro geológico. O registro geológico fornece (MOCK, 2007; PANCOST, 2017): (i) uma perspectiva mais longa (se comparada com o registro instrumental) para compreender as forças, magnitudes e aspectos espaciais/temporais das mudanças climáticas; (ii) a possibilidade de testar/validar os modelos climáticos numéricos, comparando resultados de modelagem numérica com reconstituições paleoclimáticas; (iii) arquivos da variabilidade natural do clima que permitem separar as mudanças naturais das antropogênicas; e (iv) arquivos para compreender o papel das mudanças climáticas nos ecossistemas.

## 2.1 O Oceano Atlântico, a temperatura e o ciclo do carbono

O Quaternário Tardio foi marcado por diversos eventos de variação na intensidade da AMOC, acompanhados por marcantes mudanças no clima global em diferentes escalas de tempo (BROECKER, 1998). Os eventos de escala de tempo milenar chamados Heinrich Stadials são exemplos clássicos de momentos marcados pela redução abrupta da intensidade da AMOC (Figura 1, item 1) (e.g., BÖHM *et al.*, 2015; MCMANUS *et al.*, 2004). A causa mais provável de tal redução de intensidade está associada com descargas de água doce (*icebergs*) no norte do Atlântico Norte, prejudicando ou mesmo paralisando o afundamento de águas nessa região (LYNCH-STIEGLITZ *et al.*, 2017).

Os eventos Heinrich Stadials provocaram mudanças marcantes no contraste termal superficial entre os hemisférios, isto é, resfriamento nas altas latitudes do Hemisfério Norte e aquecimento em vastas porções do Hemisfério Sul (Figura 1, itens 4 e 5) (BARKER *et al.*, 2009; CHIESSI *et al.*, 2015; CRIVELLARI *et al.*, 2019; MEIER *et al.*, 2021). Tal contraste termal se deu em virtude da redução da capacidade da AMOC de transportar calor em direção ao Atlântico Norte, e, como consequência, o calor ficou retido no Hemisfério Sul. Além de variações na temperatura, inúmeras outras consequências desses eventos de redução da AMOC

foram observadas no registro geológico (AHN; BROOK, 2014; CAMPOS *et al.*, 2017; KANNER *et al.*, 2012; PORTILHO-RAMOS *et al.*, 2017).

O enfraquecimento da AMOC também afetou o ciclo global do carbono. No Oceano Atlântico, a redução do afundamento de águas no norte do Atlântico Norte afetou as trocas de CO<sub>2</sub> entre o oceano superficial e profundo, que foi registrada, por exemplo, a partir de mudanças na composição isotópica do carbono inorgânico dissolvido na água do mar (CAMPOS *et al.*, 2020; HOWE *et al.*, 2018; VOIGT *et al.*, 2017). Tal parâmetro reflete a proporção relativa entre os isótopos estáveis do carbono (<sup>12</sup>C e <sup>13</sup>C) na água do mar, que, por sua vez, é frequentemente utilizada como indicador de circulação. A composição isotópica da água do mar pode ser reconstituída a partir da análise de microfósseis, como conchas de foraminíferos (microrganismos marinhos unicelulares que representam um dos principais componentes dos carbonatos marinhos) depositadas no fundo do oceano ao longo do tempo. Isso é possível pois a composição isotópica das conchas desses organismos reflete a composição isotópica da água do mar no momento de formação das conchas (Figura 1, item 1) (ROHLING; COOKE, 1999).

Outra implicação da redução da AMOC no ciclo do carbono está associada com a retenção de calor no Hemisfério Sul e consequente deslocamento para sul dos cinturões climáticos. Ao se deslocarem para o sul, os ventos de oeste do Hemisfério Sul intensificaram um dos sistemas de ressurgência mais intensos do mundo, o sistema de ressurgência do Oceano Austral (oceano ao redor da Antártica) (Figura 1, item 3) (ANDERSON *et al.*, 2009; PINHO *et al.*, 2021). Esse local de intensa ascensão de águas profundas para a superfície é tido como a fonte mais significativa do aumento do CO<sub>2</sub> atmosférico observado durante os Heinrich Stadials (Figura 1, item 6) (ANDERSON *et al.*, 2009; BAUSKA *et al.*, 2016).

Esses exemplos de desdobramentos do enfraquecimento da AMOC relacionados à temperatura superficial e ao ciclo do carbono evidenciam sua relevância em termos globais, marcada por mecanismos de retroalimentação do sistema climático. Entender a extensão e a magnitude desses desdobramentos e mecanismos de retroalimentação pretéritos tem auxiliado sobremaneira na projeção de cenários climáticos futuros mais realistas.

## 2.2 O Oceano Atlântico e o clima da América do Sul

O clima da América do Sul tropical é marcadamente influenciado pela umidade advinda do Oceano Atlântico (GARREAUD *et al.*, 2009). Assim, as mudanças na temperatura da superfície do mar ocorridas durante os eventos Heinrich Stadials (marcados pela redução abrupta da intensidade da AMOC) afetaram marcadamente o clima dessa região.

Diversos registros paleoclimáticos utilizados para reconstituir o clima da América do Sul tropical (e.g., espeleotemas coletados em cavernas de regiões tropicais e testemunhos sedimentares marinhos coletados próximos à foz de rios de regiões tropicais), bem como resultados de modelos paleoclimáticos para essa região, mostram que mudanças significativas na precipitação ocorreram em períodos de marcante redução/colapso da AMOC (Figura 1, item 2) (e.g., PAGES HYDRO2K CONSORTIUM, 2017; CAMPOS *et al.*, 2019; CHENG *et al.*, 2013; MULITZA *et al.*, 2017; ZHANG *et al.*, 2017).

As projeções climáticas para a América do Sul indicam que as regiões tropicais serão as que sofrerão as mudanças climáticas mais intensas até o final do século XXI (AMBRIZZI *et al.*, 2007; IPCC, 2021). Esse é o caso da Amazônia e do norte do Nordeste brasileiro, considerados “*climate change hot spots*” em virtude do alto grau de vulnerabilidade às mudanças climáticas em termos sociais e de biodiversidade (PBMC, 2020). Para o final do século XXI, modelos climáticos regionais e globais sugerem aumento da temperatura para essas regiões e redução da precipitação, pelo menos na região amazônica (AMBRIZZI *et al.*, 2019; LIU *et al.*, 2020). Tais cenários estão associados à substituição parcial de floresta por savana em partes da Amazônia e substituição de caatinga por semideserto nas regiões de maior aridez do Nordeste brasileiro (NOBRE *et al.*, 2010).

O Grupo de Trabalho 1 do 6º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (AR6 IPCC) concluiu, com confiabilidade média, que a AMOC não sofrerá uma transição abrupta ou colapso no século XXI (IPCC, 2021). No entanto, alguns estudos sugerem que a estabilidade da AMOC pode estar sendo superestimada (e.g., BAKKER *et al.*, 2016; LIU *et al.*, 2017). Assim, considerando (i) a grande sensibilidade do clima das regiões tropicais às mudanças na intensidade da AMOC observada nos registros e modelos (paleo)climáticos; e (ii) as marcantes incertezas associadas às projeções futuras da AMOC, é de extrema importância aprofundar o entendimento a respeito dessa circulação.

### 2.3 O Brasil e a ciência oceânica

No contexto brasileiro, existem muitos exemplos positivos em prol da ciência oceânica. Recentemente, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) lançou o Programa Ciência no Mar (Portaria MCTI n. 4.719, de 5 de maio de 2021), que visa fomentar estudos científicos em águas oceânicas. O programa atua nas seguintes frentes: gestão de riscos e desastres; mar profundo; zona costeira e plataforma continental; circulação oceânica, interação oceano-atmosfera e

variabilidade climática; tecnologia e infraestrutura para pesquisas oceanográficas e biodiversidade marinha.

Outra iniciativa do MCTI está relacionada com o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para os Oceanos (BRASIL, 2018), que busca aplicar o conhecimento científico e tecnológico em prol de benefícios sociais, econômicos e ambientais.

Essas iniciativas norteiam os investimentos federais brasileiros em ciência oceânica e estão alinhadas com a Agenda 2030, especialmente o OSD14, e também visam mobilizar, engajar e dar voz aos diferentes setores da sociedade. Adicionalmente, existem outras ações que estão sendo realizadas em prol da ciência oceânica e da “Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável”. Alguns exemplos são: (i) oficinas regionais para mapear avanços e lacunas no conhecimento relacionados a ciência oceânica; (ii) convênio entre o International Ocean Discovery Program (IODP) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) para pesquisas oceanográficas; (iii) convênio entre a Marinha do Brasil e o MCTI, que envolve a utilização de navios da marinha brasileira para fins científicos (e.g. *Cruzeiro do Sul* e *Vital de Oliveira*); (iv) acordos bilaterais entre instituições acadêmicas brasileiras e estrangeiras para pesquisas oceanográficas (e.g., Brasil-Alemanha, navio *RV Meteor*; Brasil-França, navio *RV Marion Dufresne*; Brasil-Estados Unidos, navio *RV Knorr*).

### 3. CONCLUSÕES

Uma vez que os oceanos têm papel fundamental na regulação do sistema climático, não é possível tratar de sustentabilidade, seja ela ambiental, social, econômica, ética ou cultural, sem pensar na governança e gestão sustentável desse imenso e valioso recurso. O estudo do sistema climático pretérito não deixa dúvidas de que mudanças na circulação oceânica, especialmente aquelas relacionadas ao setor atlântico (i.e., AMOC), afetaram profundamente o clima global. A redução da intensidade da AMOC projetada para as próximas décadas, associada a outros elementos das mudanças climáticas (e.g., aquecimento global, elevação do nível do mar, acidificação dos oceanos), terá inúmeros impactos negativos sobre a fauna, flora e sociedade globais. Desta forma, o aumento, diversificação e manutenção dos investimentos em ciência oceânica são de suma importância para o melhor enfrentamento das mudanças climáticas. No contexto brasileiro, muitos esforços positivos vêm sendo implementados em prol da ciência oceânica. No entanto, é preciso continuar investindo em parcerias exitosas, como o convênio IODP-CAPES. Este trabalho mostrou alguns exemplos que ressaltam a grande importância da paleoceanografia nesse contexto.

**Figura 1** – Representação esquemática de períodos de marcante redução/colapso da Célula de Revolvimento Meridional do Atlântico (AMOC)



## REFERÊNCIAS

- AHN, J.; BROOK, E. J. Siple Dome ice reveals two modes of millennial CO<sub>2</sub> change during the last ice age. **Nat Commun**, 5, p. 3723, 2014.
- AMBRIZZI, T.; REBOITA, M. S.; DA ROCHA, R. P.; LLOPART, M. The state of the art and fundamental aspects of regional climate modeling in South America. **Annals of the New York Academy of Sciences**, 1436, n. 1, p. 98-120, 2019.
- AMBRIZZI, T.; ROCHA, R.; MARENGO, J. A.; PISNITCHENKO, I. *et al.* Cenários regionalizados de clima no Brasil para o Século XXI: Projeções de clima usando três modelos regionais. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), Diretoria de Conservação da Biodiversidade, 2007.
- ANDERSON, R. F.; ALI, S.; BRADTMILLER, L. I.; NIELSEN, S. H. *et al.* Wind-driven upwelling in the Southern Ocean and the deglacial rise in atmospheric CO<sub>2</sub>. **Science**, 323, n. 5920, p. 1443-1448, 2009.
- ATSAWAWARANUNT, K.; COMAS-BRU, L.; AMIRNEZHAD MOZHDEHI, S.; DEININGER, M. *et al.* The SISAL database: a global resource to document oxygen and carbon isotope records from speleothems. **Earth Syst. Sci. Data**, 10, n. 3, p. 1687-1713, 2018.
- BAKKER, P.; SCHMITTNER, A.; LENAERTS, J.; ABE-OUCHI, A. *et al.* Fate of the Atlantic Meridional Overturning Circulation: Strong decline under continued warming and Greenland melting. **Geophysical Research Letters**, 43, n. 23, p. 12,252-212,260, 2016.
- BARKER, S.; DIZ, P.; VAUTRAVERS, M. J.; PIKE, J. *et al.* Interhemispheric Atlantic seesaw response during the last deglaciation. **Nature**, 457, n. 7233, p. 1097-1102, 2009.
- BAUSKA, T. K.; BAGGENSTOS, D.; BROOK, E. J.; MIX, A. C. *et al.* Carbon isotopes characterize rapid changes in atmospheric carbon dioxide during the last deglaciation. **Proc Natl Acad Sci U S A**, 113, n. 13, p. 3465-3470, 2016.
- BÖHM, E.; LIPPOLD, J.; GUTJAHR, M.; FRANK, M. *et al.* Strong and deep Atlantic meridional overturning circulation during the last glacial cycle. **Nature**, 517, n. 7532, p. 73-76, 2015.
- BRASIL. Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Oceanos. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2018.

- BROECKER, W. S. Paleocean circulation during the last deglaciation: a bipolar seesaw? **Paleoceanography**, 13, n. 2, p. 119-121, 1998.
- BRYDEN, H. L.; LONGWORTH, H. R.; CUNNINGHAM, S. A. Slowing of the Atlantic meridional overturning circulation at 25 N. **Nature**, 438, n. 7068, p. 655-657, 2005.
- CAMPOS, M. C.; CHIESSI, C. M.; PRANGE, M.; MULITZA, S. *et al.* A new mechanism for millennial scale positive precipitation anomalies over tropical South America. **Quaternary Science Reviews**, 225, p. 105990, 2019.
- CAMPOS, M. C.; CHIESSI, C. M.; VENANCIO, I. M.; PINHO, T. M. *et al.* Constraining millennial-scale changes in Northern Component Water ventilation in the western tropical South Atlantic. **Paleoceanography and Paleoclimatology**, 35, n. 7, p. e2020PA003876, 2020.
- CAMPOS, M. C.; CHIESSI, C. M.; VOIGT, I.; PIOLA, A. R. *et al.*  $\delta^{13}\text{C}$  decreases in the upper western South Atlantic during Heinrich Stadials 3 and 2. **Climate of the Past**, 13, n. 4, p. 345-358, 2017.
- CHENG, H.; SINHA, A.; CRUZ, F. W.; WANG, X. *et al.* Climate change patterns in Amazonia and biodiversity. **Nature communications**, 4, n. 1, p. 1-6, 2013.
- CHIESSI, C. M.; MULITZA, S.; MOLLENHAUER, G.; SILVA, J. *et al.* Thermal evolution of the western South Atlantic and the adjacent continent during Termination 1. **Climate of the Past**, 11, n. 6, p. 915-929, 2015.
- COLLINS, M.; KNUTTI, R.; ARBLASTER, J.; DUFRESNE, J.-L. *et al.* Long-term climate change: projections, commitments and irreversibility. In: **Climate Change 2013-The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**: Cambridge University Press, 2013. p. 1029-1136.
- CRIVELLARI, S.; CHIESSI, C. M.; KUHNERT, H.; HÄGGI, C. *et al.* Thermal response of the western tropical Atlantic to slowdown of the Atlantic Meridional Overturning Circulation. **Earth and Planetary Science Letters**, 519, p. 120-129, 2019.
- DE CASTRO, B. S.; FARES, L. R.; GONÇALVES, R. F.; YOUNG, C. E. F. Avaliação das fontes potenciais de financiamento para projetos de caráter ambiental relacionados aos ODS no Brasil. **Revibec: Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**, 31, p. 29-45, 2019.

GARREAUD, R. D.; VUILLE, M.; COMPAGNUCCI, R.; MARENCO, J. Present-day South American climate. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 281, n. 3-4, p. 180-195, 2009.

GONÇALVES, P. R. Diagnóstico, desafios e caminhos da conservação e uso sustentável das zonas costeiras e marinhas do Brasil: agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, ODS-14. Brasília: Enap, 2021. 189 p. (Cadernos Enap, 77)

HOWE, J. N. W.; HUANG, K.-F.; OPPO, D. W.; CHIESSI, C. M.; MULITZA, S.; BLUSZTAJN, J.; PIOTROWSKI, A. M. Similar mid-depth Atlantic water mass provenance during the Last Glacial Maximum and Heinrich Stadial 1. **Earth and Planetary Science Letters**, 490, 51-61, 2018.

IOC-UNESCO. **Global Ocean Science Report – The current status of ocean science around the world**. Paris. 2017.

IPCC. **Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate**. In press. 2019.

IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou Eds.): Cambridge University Press, 2021. In Press.

KANNER, L. C.; BURNS, S. J.; CHENG, H.; EDWARDS, R. L. High-latitude forcing of the South American summer monsoon during the last glacial. **Science**, 335, n. 6068, p. 570-573, 2012.

KUHLBRODT, T.; GRIESEL, A.; MONTOYA, M.; LEVERMANN, A. *et al.* On the driving processes of the Atlantic meridional overturning circulation. **Reviews of Geophysics**, 45, n. 2, 2007.

LENTON, T. Tipping elements from a global perspective. In: **Addressing Tipping Points for a Precarious Future**. British Academy, 2013.

LIU, W.; FEDOROV, A. V.; XIE, S.-P.; HU, S. Climate impacts of a weakened Atlantic Meridional Overturning Circulation in a warming climate. **Science advances**, 6, n. 26, p. eaaz4876, 2020.

LIU, W.; XIE, S.-P.; LIU, Z.; ZHU, J. Overlooked possibility of a collapsed Atlantic Meridional Overturning Circulation in warming climate. **Science Advances**, 3, n. 1, p. e1601666, 2017.

- LYNCH-STIEGLITZ, J. The Atlantic meridional overturning circulation and abrupt climate change. **Annual review of marine science**, 9, p. 83-104, 2017.
- MCMANUS, J. F.; FRANCOIS, R.; GHERARDI, J.-M.; KEIGWIN, L. D. *et al.* Collapse and rapid resumption of Atlantic meridional circulation linked to deglacial climate changes. **Nature**, 428, n. 6985, p. 834, 2004.
- MEIER, K. J. F.; BAHR, A.; CHIESSI, C. M.; ALBUQUERQUE, A. L.; RADDATZ, J.; FRIEDRICH, O. Role of the Tropical Atlantic for the Interhemispheric Heat Transport During the Last Deglaciation. **Paleoceanography and Paleoclimatology**, 36, e2020PA004107, 2021.
- MOCK, C. J. Why Study Paleoclimatology? **Encyclopedia of Quaternary Science**, p. 1867-1873, 2007.
- MULITZA, S.; CHIESSI, C. M.; SCHEFUß, E.; LIPPOLD, J. *et al.* Synchronous and proportional deglacial changes in Atlantic meridional overturning and northeast Brazilian precipitation. **Paleoceanography**, 32, n. 6, p. 622-633, 2017.
- NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Cenários de mudança climática para a América do Sul para o final do século 21. *Parcerias Estratégicas*, 13, n. 27, p. 19-42, 2010.
- PAGES HYDRO2K CONSORTIUM. Comparing proxy and model estimates of hydroclimate variability and change over the Common Era. **Clim. Past**, 13, n. 12, p. 1851-1900, 2017.
- PANCOST, R. D. Climate change narratives. **Nature Geoscience**, 10, n. 7, p. 466, 2017.
- PATZ, J. A.; CAMPBELL-LENDRUM, D.; HOLLOWAY, T.; FOLEY, J. A. Impact of regional climate change on human health. **Nature**, 438, n. 7066, p. 310-317, 2005.
- PBMC. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Capítulo 9-Mudanças ambientais de curto e longo prazo: projeções, reversibilidade e atribuição. COPPE Rio de Janeiro. 1: 322-346 p. 2020.
- PINHO, T.M.L.; CHIESSI, C.M.; PORTILHO-RAMOS, R.C.; CAMPOS, M.C.; CRIVELLARI, S.; NASCIMENTO, R.A.; ALBUQUERQUE, A.L.S., BAHR, A.; MULITZA, S. Meridional changes in the South Atlantic Subtropical Gyre during Heinrich Stadials. **Scientific Reports**, 11, 9419, 2021.
- PORTILHO-RAMOS, R.; CHIESSI, C.; ZHANG, Y.; MULITZA, S. *et al.* Coupling of equatorial Atlantic surface stratification to glacial shifts in the tropical rainbelt. **Scientific Reports**, 7, n. 1, p. 1561, 2017.

RAVEN, J.; CALDEIRA, K.; ELDERFIELD, H.; HOEGH-GULDBERG, O. *et al.* Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide. **The Royal Society**, 2005.

ROHLING, E. J.; COOKE, S. Stable oxygen and carbon isotopes in foraminiferal carbonate shells. In: **Modern foraminifera**. Springer, 1999. p. 239-258.

ROMANOU, A.; MARSHALL, J.; KELLEY, M.; SCOTT, J. Role of the ocean's AMOC in setting the uptake efficiency of transient tracers. **Geophysical Research Letters**, 44, n. 11, p. 5590-5598, 2017.

THOMAS, C. D.; CAMERON, A.; GREEN, R. E.; BAKKENES, M. *et al.* Extinction risk from climate change. **Nature**, 427, n. 6970, p. 145-148, 2004.

UN. United Nations. Transforming our World: **The 2030 Agenda for Sustainable Development**. 2015.

UN. Summary Report of the First Global Planning Meeting: **UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development**. Copenhagen. 2019.

VOIGT, I.; CRUZ, A.; MULITZA, S.; CHIESSI, C. *et al.* Variability in mid-depth ventilation of the western Atlantic Ocean during the last deglaciation. **Paleoceanography**, 32, n. 9, p. 948-965, 2017.

WISZ, M. S.; SATTERTHWAITE, E. V.; FUDGE, M.; FISCHER, M. *et al.* 100 Opportunities for More Inclusive Ocean Research: Cross-Disciplinary Research Questions for Sustainable Ocean Governance and Management. **Frontiers in Marine Science**, 7, n. 576, 2020-August-06 2020. Review.

ZHANG, Y.; CHIESSI, C. M.; MULITZA, S.; SAWAKUCHI, A. O. *et al.* Different precipitation patterns across tropical South America during Heinrich and Dansgaard-Oeschger stadials. **Quaternary Science Reviews**, 177, p. 1-9, 2017.

# FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS VIVOS EM DOIS AMBIENTES ANTÁRTICOS CONTRASTANTES COMO UM EXEMPLO DA IMPORTÂNCIA DA PROTEÇÃO AMBIENTAL<sup>1</sup>

*Maria Carolina Hernandez Ribeiro<sup>1\*</sup>, Wânia Duleba<sup>1</sup>,  
Camila Cunha Passos<sup>1,2</sup>, Rayssa de Almeida Viana<sup>1</sup>,  
Anderson Targino da Silva Ferreira<sup>2,3</sup>*

E-mail: mc.hribeiro@gmail.com; wduleba@usp.br;  
passosc.camila@gmail.com; rayssa.viana@alumni.usp.br;  
andersontsferreira@gmail.com

<sup>1</sup>Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo (EACH-USP), Avenida Arlindo Béttio, 1000, Ermelino Matarazzo, 03828-000, São Paulo, SP, Brasil

<sup>2</sup>Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, Praça do Oceanográfico, 191, Cidade Universitária, 05508-120, São Paulo, SP, Brasil

<sup>3</sup>Programa de Mestrado em Análise Geoambiental, Universidade de Guarulhos (MAG-UNG), Praça Teresa Cristina, 229, Centro, 07023-070, Guarulhos, SP, Brasil

\*Autora correspondente

---

<sup>1</sup> Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pelo PROANTAR (PROANTAR-CNPq Proc. 55036/2009-7), CAPES e Ministério do Meio Ambiente (Projeto MonitoAntar) e ao Prof. Dr. Antônio Carlos Rocha-Campos (*in memoriam*), à Profa. Dra. Rosalinda C. Montone (responsável pelo MonitorAntar) e ao Comandante e à tripulação do R/V Almirante Maximiano, pelo apoio.

**Resumo:** O presente estudo teve como objetivo apresentar as associações de foraminíferos vivos (0-0,50 cm) de duas localidades da Península Antártica: uma mais rasa, na Área Antártica Especialmente Gerenciada (ASMA n. 1) na Baía do Almirantado, ao largo da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF); e outra em uma região mais profunda e rica em hidrato de gás, situada na Passagem de Drake. A partir das listas de espécies e índices ecológicos foram feitas análises estatísticas, como *teste-t*, Kruskal-Wallis, Dunnet e de principais componentes, para encontrar semelhanças entre as regiões estudadas, e complementar o Censo da Vida Marinha da Antártica, editado pelo Comitê Científico sobre Pesquisa Antártica (SCAR). *Deuterammmina grisea*, *Epistominella exigua* e *Globocassidulina subglobosa* foram as três espécies mais abundantes, presentes em ambas as áreas, podendo ser consideradas como espécies euribióticas e de fácil adaptação a ambientes instáveis ou impactados. Mesmo sendo diferentes, tanto a Baía do Almirantado, como a Passagem do Drake são ecossistemas antárticos frágeis, com uma fauna particular, e devem ser protegidas de possíveis impactos humanos. E o conhecimento obtido por meio da pesquisa deve ser incentivo para se atingir tal objetivo, bem como subsidiar futuros estudos de biomonitoramento.

**Palavras-chave:** Foraminíferos bentônicos vivos, Passagem de Drake, Baía do Almirantado, Área Antártica Especialmente Gerenciada, ODS 14.

## LIVING BENTHIC FORAMINIFERS IN TWO CONTRASTING ANTARCTIC ENVIRONMENTS AS AN EXAMPLE OF THE IMPORTANCE OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

**Abstract:** The present study aimed to present associations of living foraminifera (0-0.50 cm) from two locations in the Antarctic Peninsula: a shallower one, in the Antarctic Specially Managed Area (ASMA No. 1) in Admiralty Bay, off the Antarctic Station Comandante Ferraz (EACF); and another in a deeper region rich in gas hydrate, located in the Drake Passage. From the lists of species and ecological indices, statistical analyses were performed, such as t-test, Kruskal-Wallis, Dunnet, and principal components, to find similarities between the studied regions. and complement the Census of Marine Life in Antarctica, edited by the Scientific Committee on Antarctic Research. *Deuterammmina grisea*, *Epistominella exigua*, and *Globocassidulina subglobosa* were the three most abundant species, present in both areas. They can be considered as eubiotic species and easy to adapt to unstable or impacted environments. Even though they are different, both the Admiralty Bay and the Drake Passage are fragile Antarctic ecosystems with

a particular fauna and must be protected from possible human impacts. And the knowledge obtained through this research should be an incentive to achieve this goal, as well as subsidize future biomonitoring studies.

**Keywords:** Living benthic foraminifera, Drake Passage, Admiralty Bay, Antarctic Specially Managed Areas, ODS 14.

## 1. INTRODUÇÃO

A Antártica é um continente de superlativos: é o mais seco e mais frio, com maior incidência de vento da Terra (SANDMEIER; GREESON, 1990), e a região oceânica nutritiva mais rica do planeta. Está isolada geograficamente dos demais continentes há cerca de 34 Ma, devido à abertura das passagens de Drake e da Tasmânia no Oceano Sul (LAWVER; GAHAGAN, 1992). Apesar de ser um assunto controverso (VINCZE *et al.*, 2021), essa abertura é amplamente considerada como uma contribuição fundamental para o isolamento térmico e a glaciação da Antártica.

Por causa dessas características peculiares, a Antártica é responsável por um papel fundamental no balanço global de CO<sub>2</sub> e por regular o clima da Terra, pois o Oceano Austral influencia correntes oceânicas e o clima de todos os outros oceanos, principalmente por meio da circulação oceânica termoalina (BERTOLIN; SCHLOSS, 2009; ROBERTSON *et al.*, 2002).

A Antártica também é importante por concentrar cerca de 70% das reservas de água doce do planeta na forma de plataformas de gelo e geleiras (PERTIERRA *et al.*, 2021). Além disso, as águas austrais são ricas em recursos biológicos e minerais: possuem grandes populações de peixes, krill e outros pescados, bem como grandes reservas de hidrocarbonetos (RÖMER *et al.*, 2014).

Por sua importância geopolítica e econômica, a Antártica sempre foi motivo de reivindicações territoriais, que, segundo Hughes e Grant (2017), culminaram em um intenso estresse político na primeira metade do século XX. Para amainar esse cenário, após o Ano Internacional da Geofísica, em 1957, os Estados Unidos convidaram os países que desenvolviam pesquisas na Antártica para discutir o assunto (TIN *et al.*, 2013). Assim, em 1959, em plena Guerra Fria, o Tratado da Antártica foi assinado por 12 países, designando toda a região apenas para fins pacíficos e científicos (WEHRMANN, 2016). Atualmente, 54 países são signatários do Tratado da Antártica, mas apenas 29 são considerados membros consultivos. Dentre eles está o Brasil, que ratificou o Tratado da Antártica em 1975, mas só começou a realizar suas pesquisas em 1982 e, a partir de 1983, passou a ser membro consultivo.

O Tratado da Antártica foi gradativamente aprimorado com a introdução de diversas normas e convenções internacionais para o uso racional e para a conservação dos recursos naturais, transformando-se no Sistema do Tratado da Antártica (STA). Sob sua égide, importantes convenções foram elaboradas, como a Convenção para Conservação das Focas Antárticas (*Convention for the Conservation of Antarctic Seals* – CCAS, de 1972), a Comissão para a Conservação dos Recursos Vivos Marinhos da Antártica (*Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources* – CCAMRL, de 1982) e o Protocolo de Proteção Ambiental ao Tratado da Antártica (1991).

As atividades iniciais na Antártica, desde seu descobrimento, tiveram apenas fins comerciais, mas essa visão em relação ao continente mudou ao longo das décadas (WEHRMANN, 2016), após 200 anos de exploração dos recursos marinhos vivos (HUGHES; GRANT, 2017). A noção de gestão e conservação como uso racional, de forma a não comprometer a utilização contínua dos recursos biológicos, foi pioneiramente utilizada na CCAMRL (FERREIRA, 2004), bem antes da popularização do termo “desenvolvimento sustentável”, cunhado no Relatório Brundtland “Nosso Futuro Comum” (ONU, 1987).

Apesar da evolução histórica na implementação de políticas exploratórias de recursos antárticos, o cenário decisório está em constante debate e sujeito a mudanças (GRANT, 2005). A partir da década de 1980, o Brasil tornou-se membro ativo nas tomadas de decisões do gerenciamento da Antártica (FERREIRA, 2004; ABDENUR; MARCONDES-NETO 2014). Ademais, esse é o único continente do mundo que possui um protocolo internacional para sua proteção: o Protocolo de Proteção Ambiental ao Tratado da Antártica, que declara a região como um patrimônio natural de reserva comum para a humanidade, dedicada à paz e à ciência (TIN *et al.*, 2013). O Protocolo de Madri, como também é conhecido, inclui particularidades da avaliação de impacto ambiental, como gestão de resíduos, responsabilidade legal por acidentes marítimos, regulamentação relativa às espécies nativas e proibição de entrada de espécies invasoras, e o veto à exploração de seus recursos minerais por 50 anos, até 2048 (VERBITSKY, 2018; WAUCHOPE; SHAW; TERAUDS, 2019).

O Anexo V foi um acréscimo essencial ao Protocolo de Madri, porque diz respeito às Áreas Antárticas Especialmente Protegidas (ASPAs, de *Antarctic Specially Protected Areas*) e às Áreas Antárticas Especialmente Gerenciadas (ASMA, de *Antarctic Specially Managed Areas*). Desde 2002 acredita-se que a adoção dessas áreas específicas seja a melhor alternativa para proteger espécies ameaçadas e em extinção (WATSON *et al.*, 2014). Porém, normalmente, apenas

as espécies “carismáticas” são consideradas nos planos de manejo (WAUCHOPE; SHAW; TERAUDS, 2019), e o mais importante: o ambiente marinho não recebe a mesma atenção que o terrestre, tendo pouca representatividade nas ASPA e Sistemas ASMA (ROURA; STEENHUISEN; BASTMEIJER, 2018). O Brasil e a Polônia foram responsáveis por criar a primeira ASMA na Antártica, localizada na Baía do Almirantado.

Atualmente, podemos relacionar também a questão da já citada sustentabilidade em termos globais de forma conjunta com a Década dos Oceanos (<https://www.oceandecade.org/>) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (<https://sdgs.un.org/goals>), como um lembrete para prestarmos mais atenção ao continente gelado, mais especificamente aos ODS 13 (Ação Climática), 14 (Vida Abaixo da Água) e 15 (Vida na Terra).

Isso porque, apesar de isolada geograficamente e protegida por um abrangente tratado internacional, a Antártica está sofrendo impactos ambientais negativos, notadamente causados por agentes externos, que estão causando retração e/ou colapso de geleiras, desestabilização de hidratos de gás, alteração da composição faunística, perda da biodiversidade, acidificação dos oceanos etc. Isso ocorre porque vários limites planetários estão sendo excedidos (ROCKSTROM *et al.*, 2009), devido à maior necessidade de utilização de recursos naturais e seus serviços ecossistêmicos (DAILY; ELLISON, 2002). E, infelizmente, os impactos antrópicos podem ter efeitos não lineares e causar danos em regiões mais distantes do que a primeira área afetada (MEA, 2005), como a Antártica. Seus componentes naturais (i.e., clima, hidrologia, geologia e biodiversidade), assim como as conexões e interações entre eles, desempenham papel essencial na biogeoquímica do planeta dentro e fora da região (TIN *et al.*, 2013).

No que concerne às mudanças climáticas, estas estão cada vez mais rápidas (WATSON *et al.*, 2012) e são amplificadas pelo aumento da liberação de gases de efeito estufa da atividade humana (e.g., queima de combustível fóssil e pecuária – IPCC, 2021), com 30% mais CO<sub>2</sub> atmosférico em comparação às concentrações pré-revolução industrial. Isto tem causado a perda de biodiversidade global (MOONEY; CROPPER; REID, 2005), afetando também o continente sul e sua fauna (GUTT *et al.*, 2011), principalmente na região da Península Antártica (PA). De fato, de acordo com Wall (2005), diversos estudos apontam que os ecossistemas antárticos (tanto terrestres quanto marinhos) já estão sofrendo impactos sinérgicos, como a acidificação marinha, prejudicial principalmente para organismos com estruturas calcárias (GUINOTTE; FABRY, 2008), mas que afeta toda a cadeia alimentar.

Representando a porção mais setentrional do continente antártico, a PA é considerada uma das três áreas de rápido aquecimento regional recente (RRR, de *recent rapid regional warming areas*). Isso indica um aumento em sua temperatura de 1,0 °C acima da média global nos últimos 50 anos (WELLNER *et al.*, 2019), o que provoca, entre outros problemas, o derretimento das plataformas de gelo (BERTOLIN; SCHLOSS, 2009; GILLE, 2014), impactando negativamente a fauna existente próximo a elas.

As regiões polares atuam como “barômetros” ambientais, ou seja, locais onde os impactos das mudanças climáticas são sentidos primeiro, prevendo seus efeitos em outras regiões do globo (WEHRMANN, 2016). Por causa dessa sensibilidade às mudanças climáticas, a Antártica tem sido usada como modelo em estudos sobre adaptação e sobrevivência de espécies. Como a fauna de ambientes extremos tende a ser altamente especializada, sua capacidade de adaptação aos impactos não acompanha a velocidade acelerada das mudanças climáticas (GUTT *et al.*, 2011; ROCKSTRÖM *et al.*, 2009). Portanto, recomenda-se primeiro focar os estudos nessas localidades a fim de identificar precocemente as mudanças e respostas das espécies, comunidades e ecossistemas que ali vivem (BARNES; PECK, 2008). Por esses motivos, urge a necessidade de levantamentos faunísticos e distribuição batimétrica detalhados de áreas marinhas ainda não mapeadas, bem como a obtenção de dados ecológicos que possam subsidiar a elaboração de mapas biogeográficos e avaliar se a composição faunística está sendo alterada ou não.

Em 2014, como legado do Ano Polar Internacional (2007-2009) e do Censo da Vida Marinha (2000-2010), o Comitê Científico sobre Pesquisa Antártica (*Scientific Committee on Antarctic Research – SCAR*) elaborou o Atlas Biogeográfico do Oceano do Sul (DE BROYER *et al.*, 2014), que compilou dados valiosos do censo da vida marinha antártica e da rede de informação sobre biodiversidade marinha. Nesse trabalho, nota-se o esforço internacional para mapear a biodiversidade marinha antártica, em particular a fauna bentônica. Apesar da robustez dos dados, é possível constatar a quase ausência de dados batimétricos e ecológicos de foraminíferos vivos (GOODAY *et al.*, 2014).

Foraminíferos são organismos unicelulares relativamente abundantes e diversos que representam mais de 50% da meiofauna em regiões de mar profundo (CORNELIUS; GOODAY, 2004; GOLDSTEIN; CORLISS, 1994), contribuindo para a ciclagem do carbono (MOODLEY *et al.*, 2000). Apresentam distribuição em manchas no sedimento, em função de variáveis ambientais, como presença de alimentos e parâmetros físico-químicos (GOLDSTEIN; CORLISS, 1994; LEJZEROWICZ; ESLING; PAWLOWSKI, 2014).

Foraminíferos bentônicos são organismos amplamente utilizados por muitos pesquisadores como bioindicadores ou *proxies* de diferentes cenários, como poluição e impactos antrópicos (TARASOVA, 2006; WOO *et al.*, 1999), devido ao seu curto ciclo de vida, em geral, e alta abundância em sedimentos marinhos (ALVE, 1995). Essas características, aliadas ao fato de que esses organismos registram as condições geoquímicas de seu ambiente em suas carapaças, os tornam uma ferramenta essencial em estudos de monitoramento (SCOTT; MEDIOLI; SCHAFER, 2001; YANKO; KRONFELD; FLEXER, 1994).

Na Antártica há diversos trabalhos que utilizam foraminíferos como *proxies* paleoambientais e paleoclimáticos, que subsidiaram curvas paleoclimáticas (ZACHOS; KUMP, 2005). Há também uma quantidade expressiva de informações sobre foraminíferos recentes, mas baseadas em fauna total, que utilizam dados de foraminíferos mortos e vivos, o que não é adequado para estudos ecológicos que enfoquem mudanças sazonais (MURRAY, 2006). Portanto, constatam-se lacunas na literatura a serem preenchidas em relação à biodiversidade dos foraminíferos antárticos vivos, principalmente em regiões onde as geleiras estão colapsando, ou mesmo em regiões submetidas a emissões de hidratos de gás.

Essa carência de informações prejudica muito o banco de dados sobre espécies que podem ser utilizadas para avaliar quanto a fauna está sendo modificada por mudanças ambientais. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo mostrar, por meio de análise de variância não paramétrica e estatística multivariada, a similaridade na composição e abundância de espécies vivas de foraminíferos de duas importantes áreas da região da PA. Uma está localizada dentro da ASMA n. 1, na Baía de Almirantado (BA), próxima à Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), de responsabilidade do governo brasileiro; a outra, em uma área rica em hidrato de gás na Passagem de Drake (PD), nunca estudada. Esses dados poderão subsidiar estudos futuros sobre censo da fauna marinha e biomonitoramento, que são importantes para a tomada de decisão a fim de proteger o meio ambiente antártico e fortalecer os pilares do Sistema do Tratado da Antártica, que é a realização de pesquisas e a proteção do meio ambiente.

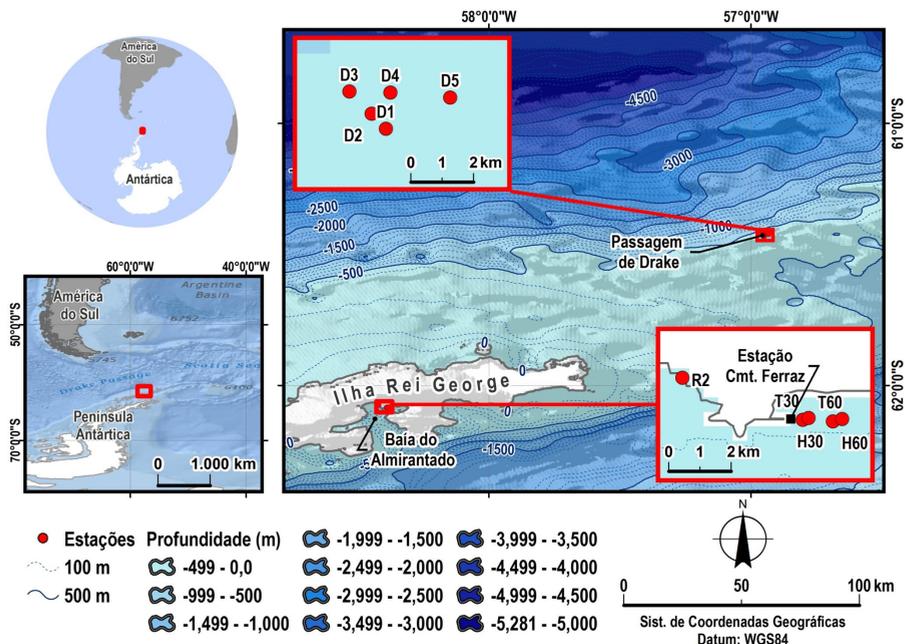
## 2. ABORDAGEM METODOLÓGICA

### 2.1 Área de estudo

O recorte dado para o estudo compreende 5 pontos em cada uma das 2 localidades (Figura 1), com aspectos ambientais distintos, e na região do extremo nordeste da PA; um local mais profundo (> 470 m), entre a PD e o estreito de

Bransfield, e entre as Ilhas Elefantes e a Ilha Rei George (arquipélago das Shetland do Sul); e um local mais raso, na PA, na Baía do Almirantado, localizada na Ilha Rei George (20-60 m de profundidade).

Figura 1 – Mapa da área de estudo, incluindo a Passagem de Drake e a Baía do Almirantado



Na PD, alguns estudos (MARÍN-MORENO; GIUSTINIANI; TINIVELLA, 2015; RÖMER *et al.*, 2014) indicaram que há infiltração de metano. No entanto, a PD representa uma das regiões mais desafiadoras para amostragem de material, devido às condições ambientais, criando um hiato de informações sobre a fauna bentônica local (WALLER; SCANLON; ROBINSON, 2011), especificamente foraminíferos vivos.

A Baía do Almirantado é a principal feição da ASMA n. 1, adotada em 2006, onde a EACF está localizada e próxima a estações de pesquisa, acampamentos e refúgios de outros países (Polônia, Equador, Peru e Estados Unidos) (<http://www.atq.aq/>). Em 12 de janeiro de 1982, foi criado o Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR) e, no mesmo ano, já ocorreu a primeira expedição antártica brasileira ao continente. Desde então, foram organizadas Operações Antárticas (denominadas OPERANTAR, ou OP) durante os verões do Hemisfério Sul. Em 1984, foi inaugurada a Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), que foi em grande parte destruída pelo incêndio ocorrido em 2012. Como signatário do Protocolo de Madri, o Brasil tem realizado estudos de biomonitoramento na região

afetada e seu entorno para avaliar o impacto ambiental causado (<https://www.mar.mil.br/estacao-antartica/a-estacao.html>). As amostras foram coletadas ao largo da EACF, próximo aos antigos tanques de combustíveis (que foram destruídos pelo incêndio), em profundidades de 20 m a 60 m.

## **2.2 Coleta de dados e trabalho de laboratório**

As amostragens foram realizadas durante duas diferentes expedições da OPERANTAR: em 2013 (OP 31) e 2016 (OP 35). As associações de foraminíferos vivos (biocenose) das camadas superficiais do sedimento (0,05 cm de profundidade) foram coletadas com uma *box core* (regiões de mar profundo) ou Van Veen modificado com abertura na tampa superior (regiões rasas). O material coletado foi fixado a bordo em álcool 70%, corado com rosa de bengala e acondicionado em potes plásticos. No laboratório, o material foi lavado em peneiras de 250 e 63  $\mu\text{m}$  de abertura, em alíquotas de 10  $\text{cm}^3$ , seco em estufa a 40 °C por 24 horas, e posteriormente submetido a procedimento de flotação com tricloroetileno ( $\text{C}_2\text{HCl}_3$ , densidade de 1,46  $\text{g}/\text{cm}^3$ ). Os organismos secos foram separados em um estereomicroscópio até atingirem o número amostral de 100 exemplares vivos. Quando não foi possível obter a referida quantidade de exemplares de uma alíquota de 10  $\text{cm}^3$ , novas alíquotas de 10  $\text{cm}^3$  foram processadas e triadas sucessivamente até que se atingisse a contagem mínima de 100 exemplares vivos. Posteriormente, estes foram identificados com o máximo de detalhes taxonômicos possível.

## **2.3 Análises estatísticas**

A partir da lista de espécies de foraminíferos nas duas regiões, calculamos as densidades (padronizadas, neste caso, para 100  $\text{cm}^3$ ), e os índices ecológicos de riqueza (S), diversidade de Simpson (1-D), diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e equitabilidade (E). Para mais detalhes sobre os índices ecológicos, verificar Magurran e McGill (2011).

Assim, as diferentes variáveis foram analisadas por: (i) Shapiro-Wilk, para testar a normalidade dos dados; (ii) *Teste t* (para dados paramétricos, com transformação logarítmica) para analisar se há diferença significativa entre a densidade, riqueza, diversidade de Simpson e Shannon e dados de equitabilidade (para as regiões da Passagem de Drake e da Baía do Almirantado); (iii) Kruskal-Wallis (para dados não paramétricos, com transformação ranqueada) para analisar se há diferença significativa entre os dados; (iv) Dunnett, para comparações múltiplas com a lista de espécies. Todas as análises foram realizadas com nível de significância de 95% (SOUTO; SOUTO, 2020).

A análise de componentes principais (ACP) foi usada para apontar as associações espaciais das espécies observadas dentro das regiões. A vantagem de se utilizar a ACP se deve ao fato de ela descrever de forma sintética e integrada uma grande quantidade de dados multidimensionais, bem como suas complexas interações (VALENTIN, 2012).

Todas as análises foram realizadas no *software* PAST v. 4.03 (PaleontologicalStatistics), desenvolvido por Hammer, Harper e Ryan (2001) do Museu de História Natural da Universidade de Oslo (<http://folk.uio.no/ohammer/past/>).

### 3. RESULTADOS

Apresentamos na Tabela 1 a profundidade dos pontos amostrados e as variáveis (densidade, riqueza de espécies, diversidade de Simpson [1-D] e Shannon-Wiener [H'] e equitabilidade) escolhidas para serem analisadas no estudo.

**Tabela 1** – Variáveis dos pontos amostrados na Passagem de Drake e Baía do Almirantado: profundidade, densidade (ind/100 cm<sup>3</sup>, em que ind = indivíduos), riqueza de espécies, diversidade de Simpson, diversidade de Shannon-Wiener e equitabilidade

Variáveis	<i>Baía do Almirantado</i>					<i>Passagem de Drake</i>				
Estações	H30	H60	T30	T60	R2	D1	D2	D3	D4	D5
<b>Profundidade (m)</b>	32,4	63	30	60,8	21,8	490	492	483	472	486
<b>Densidade (ind/100 cm<sup>3</sup>)</b>	37	202	62	495	404	1.240	12.060	3.120	2,375	2.785
<b>Riqueza (S)</b>	6	16	10	15	9	29	31	33	36	25
<b>Diversidade de Simpson (1-D)</b>	0,75	0,86	0,79	0,66	0,72	0,93	0,84	0,91	0,77	0,9
<b>Diversidade de Shannon-Wiener (H')</b>	1,5	1,8	2,3	1,6	1,4	3,0	2,52	2,8	2,44	2,71
<b>Equitabilidade (E)</b>	0,86	0,82	0,79	0,58	0,64	0,89	0,73	0,82	0,68	0,84

A diferença entre as duas áreas é mais visível no que diz respeito à densidade e riqueza de espécies. Enquanto a Passagem de Drake apresentou maior densidade (12.060 ind/100 cm<sup>3</sup> em D2), a maior densidade da Baía do Almirantado (em T60, com 495 ind/100 cm<sup>3</sup>) não atingiu nem o menor valor da região da PD.

O teste-t comparou as médias dos dados de densidade, riqueza (S), diversidade de Simpson (1-D), diversidade Shannon-Wiener (H') e equitabilidade (E) para as regiões da Passagem de Drake e da Baía do Almirantado (Tabela 2). Em geral, a análise rejeitou a hipótese nula (H<sub>0</sub>) de igualdade entre as médias; ou seja, os

dados apresentam diferenças estatisticamente significativas. Assim, a Tabela 2 também indicou que os maiores valores médios estão na região da PD.

**Tabela 2** – *Teste-t* para médias iguais entre as regiões da Passagem de Drake e da Baía do Almirantado. 95% conf. intervalo (paramétrico)

Variáveis	Médias <i>Baía do Almirantado</i>	Médias <i>Passagem de Drake</i>	Diferença entre médias	<i>t</i>	<i>p</i>	Valor <i>t</i> crítico
<b>Dens</b>	2,1934	3,4979	1,3045	4,7511	0,0014	2,306
<b>S</b>	1,0225	1,4853	0,4628	5,6165	0,0005	
<b>1-D</b>	-0,1232	-0,0615	0,0617	2,5293	0,0353	
<b>H'</b>	0,2287	0,4292	0,2005	4,8820	0,0012	
<b>E</b>	-0,1369	-0,1033	0,0336	0,8509	0,4196	

O teste de normalidade Shapiro-Wilk mostrou que as amostras não apresentaram a normalidade de seus dados, com valores de  $p < 0,05$ . Assim, o teste de Kruskal-Wallis para dados não paramétricos mostrou que existe uma diferença significativa entre pelo menos duas amostras ( $H = 119,5$ ;  $p = 1,10E-21$ ). Portanto, o teste de Dunnett para comparações múltiplas observou que, em geral, existe uma diferença significativa entre as regiões PD e BA. Porém, para a região PD, a estação D3 se mostrou significativamente diferente das demais nas duas áreas. Já para a região BA, as estações T60 e H60 não apresentaram diferenças entre si, nem entre as estações D1, D2 e D5 (Tabela 3).

**Tabela 3** – Resultados do teste Dunnett, para espécies coletadas na Baía do Almirantado e Passagem de Drake. Os valores marcados em vermelho claro têm  $p < 0,05$ , para um nível de significância de 95%

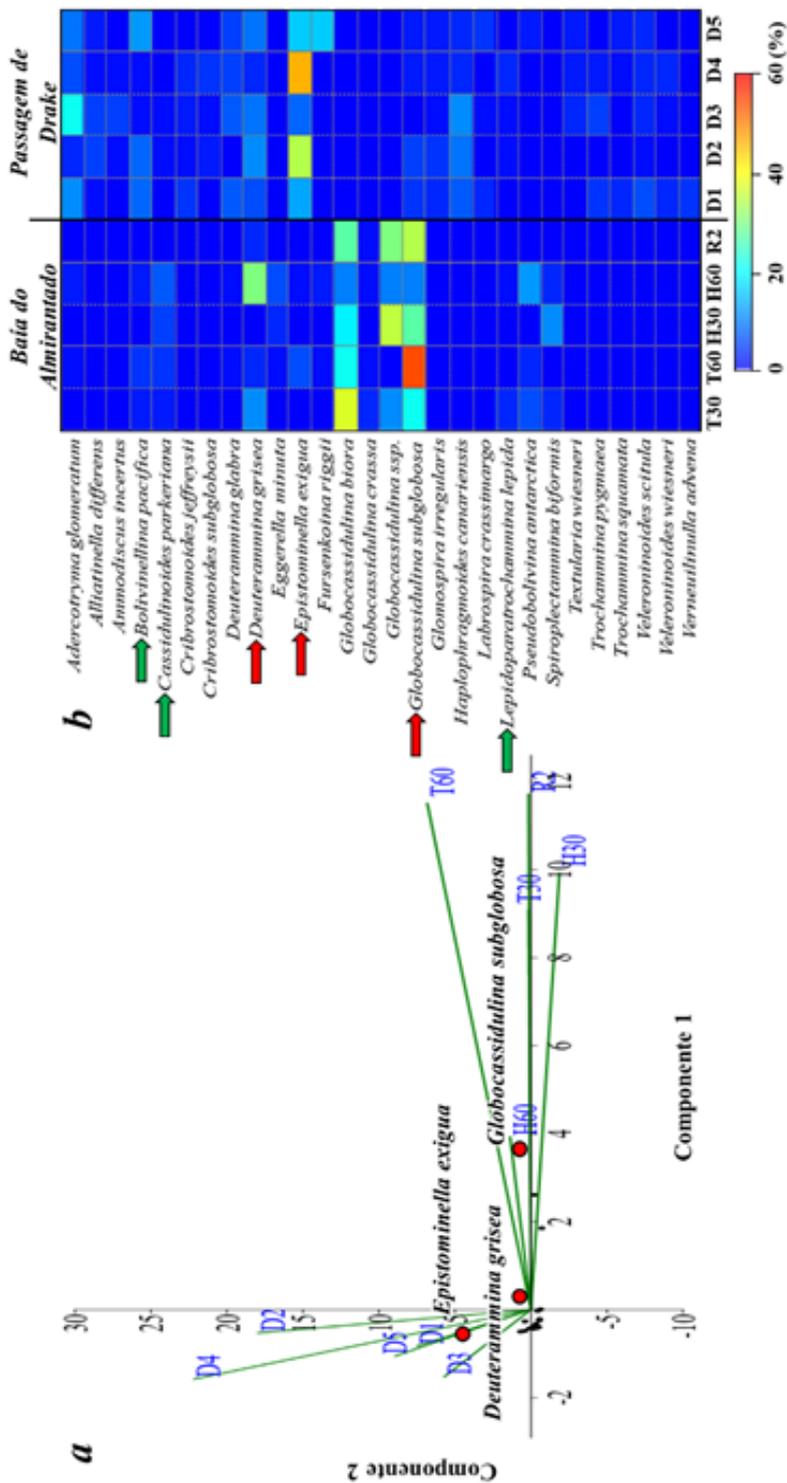
	<i>Baía do Almirantado</i>					<i>Passagem de Drake</i>				
	T30	T60	H30	H60	R2	D1	D2	D3	D4	D5
<b>T30</b>		0,0616	0,0008	0,0826	0,0918	0,0025	0,0002	0,0000	0,0000	0,0111
<b>T60</b>	0,0616		0,0000	0,8898	0,0004	0,2543	0,0733	0,0202	0,0094	0,5067
<b>H30</b>	0,0008	0,0000		0,0000	0,0958	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>H60</b>	0,0826	0,8898	0,0000		0,0006	0,1997	0,0529	0,0136	0,0061	0,4209
<b>R2</b>	0,0918	0,0004	0,0958	0,0006		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<b>D1</b>	0,0025	0,2543	0,0000	0,1997	0,0000		0,5136	0,2358	0,1440	0,6330
<b>D2</b>	0,0002	0,0733	0,0000	0,0529	0,0000	0,5136		0,5945	0,4192	0,2582
<b>D3</b>	0,0000	0,0202	0,0000	0,0136	0,0000	0,2358	0,5945		0,7829	0,0963
<b>D4</b>	0,0000	0,0094	0,0000	0,0061	0,0000	0,1440	0,4192	0,7829		0,0526
<b>D5</b>	0,0111	0,5067	0,0000	0,4209	0,0000	0,6330	0,2582	0,0963	0,0526	

A ACP foi realizada com espécies com abundância relativa superior a 3% ( $n = 28$ ). Ela mostrou que CP1 e CP2 representam 76% e têm, respectivamente, 52% e 24% da variância total das informações da estação (Figura 2a). A análise destacou as espécies com maiores cargas (autovetores), e que parecem relativamente centralizadas (perto das origens dos Componentes 1 e 2). Nesse contexto, as setas vermelhas na matriz de distribuição da abundância relativa das espécies de foraminíferos apontam as espécies mais abundantes, presentes tanto na região da BA quanto na PD. Em contraste, as setas verdes apontam para as demais espécies presentes nas duas regiões, mas com abundâncias menores (Figura 2b).

*Epistominella exigua* apresentou ligeira proximidade com as estações na região da PD (Figura 2a), corroborando o que foi observado na Figura 2b, que mostrou que os maiores valores de abundância relativa ocorrem nas estações D4, D2 e D5, e os menores valores, na estação T60 (região BA). Já *Globocassidulina subglobosa* apresentou maior proximidade com as estações na região BA (Figura 2a). Esta espécie teve seus maiores valores de abundância para as estações T60, R2, H30, T30 e H60, assim como os menores valores para as estações D1 e D2 da PD (Figura 2b).

A espécie *Deuterammia grisea* foi a que apresentou maior centralidade para as componentes 1 e 2 (Figura 2a). Isso se deve à melhor distribuição dessa espécie entre as estações das duas regiões. Assim, a estação H60 foi a que apresentou o maior valor de abundância relativa (Figura 2b). É importante notar que os pequenos pontos pretos na Figura 2a são aquelas espécies que não apresentaram valores de abundância significativos e, conseqüentemente, representaram cargas de autovetores baixas.

**Figura 2** – (a) Gráfico das principais componentes (componente 1 e componente 2) das estações amostrais e distribuição das espécies de foraminíferos. Os pontos vermelhos indicam as três espécies com maiores cargas (autovetores), e que aparecem com altos valores de abundância relativa de espécies na Baía do Almirantado e na Passagem de Drake; (b) matriz de distribuição da abundância relativa de espécies



Fonte: autores.

## 4. DISCUSSÃO

As duas regiões analisadas neste estudo possuem características ambientais distintas, sendo uma distante da costa, com profundidades superiores a 470 m (PASSOS, 2019), e a outra numa região mais abrigada, rasa, com estações internacionais de pesquisa e dentro dos limites da ASMA n. 1. Portanto, já era esperada a diferença significativa entre as duas regiões analisadas. Além da diferença batimétrica, que por si só já afeta a disponibilidade de alimentos que chegam ao fundo (GOODAY, 1999), a associação de foraminíferos ainda está sujeita a outros distúrbios em ambientes rasos, como a passagem de tempestades e *icebergs*, e à água doce derretida, que pode tornar essa distribuição irregular suscetível a um ambiente dinâmico (RODRIGUES; DE SANTIS BRAGA; EICHLER, 2015). Porém, mesmo com todas as diferenças, algumas espécies estiveram presentes nas duas regiões, indicando algum tipo de semelhança de *habitat* entre elas.

As três espécies mais frequentes (*Globocassidulina subglobosa*, *Epistominella exigua* e *Deuterammina grisea*) nas duas regiões são todas consideradas oportunistas. O gênero *Globocassidulina* pode ser encontrado em toda a PA (ISHMAN; DOMACK, 1994; LI; YOON; PARK, 2000), e a espécie *G. subglobosa* pode ser observada em diferentes profundidades na BA, tendo sucesso em ambientes que mudam rapidamente porque seu ciclo reprodutivo é curto (RODRIGUES; DE SANTIS BRAGA; EICHLER, 2015).

*Epistominella exigua* é mais comum e abundante em sedimentos batiais, com comportamento cosmopolita, e geralmente está correlacionada a sedimentos organicamente mais ricos, devido à deposição de fitodetritos (VIOLANTI, 1996). Já a *Deuterammina grisea* parece ter uma distribuição batimétrica batipelágica (entre batial inferior e superior) (SZAREK, 2001). Essas duas espécies estavam entre as dominantes na área da PD. Passos (2019) encontrou alta densidade e riqueza de espécies, em comparação com outras regiões da Antártica. No entanto, essa comparação é muito afetada pela redução do volume de trabalho, visto que essa área é de difícil acesso.

A realidade é que a fauna antártica ainda é pouco estudada, mas já se sabe que ela é muito rica. Caso também seja sensível aos impactos humanos, então ela pode ser um bom sistema de alerta, principalmente em relação às mudanças climáticas (BARNES; PECK, 2008). Devido ao conhecimento e monitoramento limitados, o que pode acontecer na Antártica é que alguns impactos derivados das atividades humanas não são bem descritos, mensurados ou mesmo identificados (TIN *et al.*, 2013). Considerando essas dificuldades, estudos com modelos de

distribuição de espécies podem beneficiar o conhecimento da biodiversidade da Antártica, devido ao viés tendencioso dos levantamentos, e também mostrar outras áreas que precisam de proteção (WAUCHOPE; SHAW; TERAUDS, 2019).

Uma grande ameaça potencial para a Antártica é a possibilidade, em um futuro não tão distante, de governos globais concordarem com a liberação de uso de seus recursos naturais (vivos, minerais ou energéticos) (WALL, 2005). Portanto, sempre há uma inquietação de que essas preocupações ambientais atuais darão espaço ao desenvolvimento econômico focado na exploração dos recursos naturais. Um exemplo disso é a moratória da caça às baleias, discutida pela primeira vez em 1946, assinada em 1982 e que se tornou ativa apenas em 1986 (TIN *et al.*, 2013). Assim, a biodiversidade da Antártica não pode tolerar mais atrasos nessas questões.

O período conhecido como Antropoceno tem esse nome porque aponta para as ações antrópicas e nossa grande responsabilidade em influenciar os processos da Terra, como as mudanças climáticas, que representam hoje a ameaça mais significativa para a humanidade. Assim como outros tipos de problemas ambientais, não existem limites definidos ou respeito às fronteiras territoriais para as mudanças climáticas (WEHRMANN, 2016). Esses impactos também podem ser sentidos em regiões distantes e isoladas como a Antártica. O fato de ASPA e ASMA cobrirem equitativamente *habitats* marinhos e terrestres é problemático, e se reflete em uma distribuição desordenada e insuficiente de áreas especialmente protegidas e gerenciadas (HUGHES; GRANT, 2017).

Até agora, há um total de 72 ASPA e somente 7 ASMA em todo o território antártico (SUMMERSON; TIN, 2018), mas, olhando sob uma perspectiva mais otimista, o orçamento para assuntos antárticos de algumas partes aumentou nos últimos anos e pode contribuir para um aumento no número de ASPA e ASMA no futuro (HUGHES; GRANT, 2017).

A perda da biodiversidade global é irreversível (MOONEY; CROPPER; REID, 2005), e os ambientes marinhos da Antártica estão sofrendo com isso (GUTT *et al.*, 2011; WALL, 2005), especialmente as espécies menos populares (WAUCHOPE; SHAW; TERAUDS, 2019). Focar estudos nos *habitats* extremos, como regiões polares, pode resultar em informações preciosas sobre a resposta da biodiversidade a impactos como as mudanças climáticas (BARNES; PECK, 2008). Portanto, precisamos discutir a importância de considerarmos as mudanças climáticas na Antártica em uma perspectiva mais ampla, mais dinâmica, talvez holística, devido à inter-relação de todos os ecossistemas, e, o mais importante,

avançando no entendimento sobre a biodiversidade, o funcionamento e os serviços dos ecossistemas na Antártica (TIN *et al.*, 2013).

## 5. CONCLUSÕES

Embora o estudo envolvesse apenas duas regiões, com cinco amostras cada, de foraminíferos “vivos” recentes, os resultados foram satisfatórios para mostrar a presença de três espécies de foraminíferos oportunistas (*Globocassudulina subglobosa*, *Deuterammia grisea* e *Epistominella exigua*) em ambas as regiões, consideradas euribióticas. Mesmo tratando-se de duas áreas relativamente próximas, mas ambientalmente diferentes, esses dados suplementam dados anteriores sobre a fauna viva de foraminíferos, agregando valor científico ao Atlas Biogeográfico do Oceano do Sul.

Apesar dos possíveis impactos humanos na Antártica, nossa presença é necessária para o avanço científico, para gerar mais conhecimento sobre a fauna local e os processos locais e regionais. Quanto mais pesquisas forem realizadas na região, provavelmente mais resultados corroborarão a importância da proteção da Antártica no mundo. Assim, a pesquisa científica deveria continuar sendo o principal interesse na Antártica. Neste sentido, eventos como o incêndio na EACF são lamentáveis e devem ser evitados a todo custo, demandando o aprimoramento constante de protocolos relacionados ao meio ambiente antártico.

Estamos a menos de 30 anos do fim do Tratado da Antártica – e, portanto, perto de uma nova decisão sobre se a Antártica será explorada (e como). Os cientistas já possuem o conhecimento necessário sobre o “*point of no return*”, o que torna praticamente impossível pensar no futuro da humanidade no planeta sem se preocupar com as mudanças climáticas e a proteção do continente Antártico. Para o Brasil, retomar seu lugar de destaque na discussão antártica representa assumir a liderança na questão ambiental, frente à Década dos Oceanos e os ODS.

Conquistas importantes para a preservação do meio ambiente antártico foram obtidas recentemente, como a redução do “buraco” da camada de ozônio sobre a Antártica, alcançada por meio do Protocolo de Montreal (1987), e a criação do maior parque marinho do mundo, no Mar de Ross, pela CCAMLR em 2016. Entretanto, o número atual de ASPA e ASMA e a área coberta ainda são tímidos quando se considera todo o território antártico. A ASMA n. 1, por exemplo, abrange apenas a área da Baía do Almirantado, mas possui uma ampla gama de valores (i.e. estéticos, ambientais, históricos, educacionais e turísticos) que precisam ser protegidos, além de sua importância científica. Além disso, a recém-inaugurada

estação de pesquisa brasileira é de substancial relevância para o aprimoramento dos estudos nacionais na Antártica.

Retomando o objetivo deste estudo, foi realizada a caracterização de associações de foraminíferos recentes (vivos) de duas regiões antárticas ambientalmente distintas, próximas à Península Antártica. Os dados aqui gerados (lista de espécies e índices ecológicos) podem apoiar, com informações precisas, a compreensão do impacto humano, além de subsidiar os programas de biomonitoramento para tomada de decisões voltadas à conservação do meio ambiente antártico. As espécies encontradas na Baía do Almirantado, por exemplo, estão sendo utilizadas no projeto de biomonitoramento MonitorAntar, cujo objetivo é monitorar os aportes de poluentes na Baía do Almirantado, com ênfase na área da EACF.

Por fim, é importante ressaltar que o monitoramento ambiental das áreas próximas ao local onde são realizadas atividades brasileiras na Antártica é um compromisso firmado pelo país quando da assinatura do Protocolo ao Tratado da Antártica sobre Proteção do Meio Ambiente – e os foraminíferos representam uma excelente ferramenta auxiliar para esse trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ABDENUR, A. E.; MARCONDES-NETO, D. Rising powers and Antarctica: Brazil's changing interests. **The Polar Journal**, v. 4, n. 1; p. 12-27, 2014.
- ALVE, E. Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: a review. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 25, n. 3, p. 190–203, 1995.
- BARNES, D. K. A.; PECK, L. Vulnerability of Antarctic shelf biodiversity to predicted regional warming. **Climate Research**, v. 37, p. 149–163, 2008.
- BERTOLIN, M. L.; SCHLOSS, I. R. Phytoplankton production after the collapse of the Larsen A Ice Shelf, Antarctica. **Polar Biology**, v. 32, n. 10, p. 1435–1446, 2009.
- CORNELIUS, N.; GOODAY, A. J. ‘Live’ (stained) deep-sea benthic foraminiferans in the western Weddell Sea: Trends in abundance, diversity and taxonomic composition along a depth transect. **Deep Sea Research II: Topical Studies in Oceanography**, v. 51, n. 14-16, p. 1571-1602, 2004.
- DAILY, G.; ELLISON, K. The New Economy of Nature: The Quest To Make Conservation Profitable. **Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press**, v. 43, 1 set. 2002.

DE BROYER, C.; KOUBBI, P.; GRIFFITHS, H. J.; RAYMOND, B.; UDEKEM D'ACÓZ, D' (Eds). **Biogeographic Atlas of the Southern Ocean**. Scientific Committee on Antarctic Research. Cambridge, 2014.

FERREIRA, F. R. G. **O sistema do tratado da Antártica: evolução do regime e seu impacto na política externa brasileira**. Dissertação de Mestrado, Instituto Rio Branco, 2004. 248 p. Disponível em: <[http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select\\_action=&co\\_obra=168621](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=168621)>.

GILLE, S. How ice shelves melt. **Science**, v. 346, n. 6214, p. 1180–1181, 2014.

GOLDSTEIN, S. T.; CORLISS, B. H. Deposit feeding in selected deep-sea and shallow-water benthic foraminifera. **Deep-Sea Research Part I**, v. 41, n. 2, p. 229–241, 1994.

GOODAY, A. Biodiversity of foraminifera and other protists in the deep sea: Scales and patterns. **Belgian Journal of Zoology**, v. 129, p. 61–80, 1999.

GOODAY, A. J.; ROTHE, N.; BOWSER, S. S.; PAWLOWSKI, J. Benthic Foraminifera. In: DE BROYER, C.; KOUBBI, P.; GRIFFITHS, H. J.; RAYMOND, B.; UDEKEM D'ACÓZ, D' (Eds). **Biogeographic Atlas of the Southern Ocean**. Scientific Committee on Antarctic Research. Cambridge, p. 74–82, 2014.

GRANT, S. M. The applicability of international conservation instruments to the establishment of marine protected areas in Antarctica. **Ocean and Coastal Management**, v. 48, n. 9–10, p. 782–812, 2005.

GUINOTTE, J. M.; FABRY, V. J. Ocean acidification and its potential effects on marine ecosystems. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1134, p. 320–342, 2008.

GUTT, J. *et al.* Biodiversity change after climate-induced ice-shelf collapse in the Antarctic. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 58, n. 1–2, p. 74–83, 2011.

HAMMER, O.; HARPER, D.; RYAN, P. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, p. 1–9, 2001.

HUGHES, K. A.; GRANT, S. M. The spatial distribution of Antarctica's protected areas: A product of pragmatism, geopolitics or conservation need? **Environmental Science and Policy**, v. 72, p. 41–51, 2017.

IPCC. **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., P. Zhai, A. Pirani, S.L.

CONNORS, C. PÉAN, S. BERGER, N. CAUD, Y. CHEN, L. GOLDFARB, M.I. GOMIS, M. HUANG, K. LEITZELL, E. LONNOY, J.B.R. MATTHEWS, T.K. MAYCOCK, T. WATERFIELD, O. YELEKÇI, R. YU, and B. ZHOU (eds.)). **AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Cambridge University Press, 2021 (in press). Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>>.

ISHMAN, S. E.; DOMACK, E. W. Oceanographic controls on benthic foraminifers from the Bellingshausen margin of the Antarctic Peninsula. **Marine Micropaleontology**, v. 24, n. 2, p. 119–155, 1994.

LAWVER, L. A. & GAHAGAN, L. M. The development of paleoseaways around Antarctica. The Antarctic Palaeoenvironment: A perspective on global change. In **American Geophysical Union Antarctic Research Series** Vol. 56 (eds Kennett, J. P. & Warnke, D. A.) p. 7–30. Springer, New York, 1992.

LEJZEROWICZ, F.; ESLING, P.; PAWLOWSKI, J. Patchiness of deep-sea benthic Foraminifera across the Southern Ocean: Insights from high-throughput DNA sequencing. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 108, p. 17–26, 2014.

LI, B.; YOON, H.-I.; PARK, B.-K. Foraminiferal assemblages and CaCO<sub>3</sub> dissolution since the last deglaciation in the Maxwell Bay, King George Island, Antarctica. **Marine Geology**, v. 169, n. 1, p. 239–257, 2000.

MAGURRAN, A. E.; MCGILL, B. J. **Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment**. [S.l.]: Oxford University Press, 2011.

MARÍN-MORENO, H.; GIUSTINIANI, M.; TINIVELLA, U. The potential response of the hydrate reservoir in the South Shetland Margin, Antarctic Peninsula, to ocean warming over the 21st century. **Polar Research**, v. 34, p. 27443, 2015.

MEA. Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and human well-being: synthesis**. 2005. Disponível em: <<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>>.

MOODLEY, L.; BOSCHER, H. T. S.; MIDDELBURG, J. J.; PEL, R.; HERMAN, P. M. J.; de DECKERE, E.; HEP, C. H. R. Ecological significance of benthic foraminifera: <sup>13</sup>C Labelling experiments. **Marine Ecology Progress Series**, v. 202, p. 289–295, 2000.

MOONEY, H.; CROPPER, A.; REID, W. Confronting the human dilemma. **Nature**, v. 434, n. 7033, p. 561–562, 2005.

MURRAY, J. W. **Ecology and applications of benthic foraminifera**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006, 440 p.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Report of the World Commission on Environment and Development : note / by the Secretary-General**. [New York] : UN, PP, 1987. Disponível em: <[http://digitallibrary.un.org/record/139811/files/A\\_42\\_427-AR.pdf](http://digitallibrary.un.org/record/139811/files/A_42_427-AR.pdf)>.

PASSOS, C. C. **Ecologia de foraminíferos bentônicos das regiões da Passagem do Drake e Ilha de Marambio, Península Antártica**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100136/tde-25092019-152107/pt-br.php>>.

PERTIERRA, L. R. et al. Ecosystem services in Antarctica: global assessment of the current state, future challenges and managing opportunities. *Ecosystem Services*, v. 49: 101299, 2021.

ROBERTSON, R.; VISBECK, .; GORDON, A. L.; FAHRBACH, E. Long-term temperature trends in the deep waters of the Weddell Sea. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 49, n. 21, p. 4791–4806, 2002.

ROCKSTRÖM, J. *et al.* A safe operation space for humanity. **Nature**, v. 461, n. September, p. 472–475, 2009.

RODRIGUES, A. R.; DE SANTIS BRAGA, E.; EICHLER, B. B. Living foraminifera in the shallow waters of admiralty bay: Distributions and environmental factors. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 45, n. 2, p. 128–145, 2015.

RÖMER, M. *et al.* First evidence of widespread active methane seepage in the Southern Ocean, off the sub-Antarctic island of South Georgia. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 403, p. 166–177, 2014.

ROURA, M. R.; STEENHUISEN, F.; BASTMEIJER, K. The shore is the limit: marine spatial protection in Antarctica under Annex V of the Environmental Protocol to the Antarctic Treaty. **The Polar Journal**, v. 8, n. 2, p. 289–314, 2018.

SANDMEIER, K.; GREESON, L; Getting Antarctica Down Cold! **Journal of Geography**, v. 89, n. 4, p. 170-174, 1990.

SCOTT, D.; MEDIOLI, F.; SCHAFFER, C. **Monitoring in Coastal Environments Using Foraminifera and Thecamoebian Indicators**, 2001.

SOUTO, L. DE S.; SOUTO, E. DE S. **Análise de dados ecológicos**. 1. ed. Brasília: Clube de Autores, 2020.

SUMMERSON, R.; TIN, T. Twenty years of protection of wilderness values in Antarctica. **The Polar Journal**, v. 8, n. 2, p. 265–288, 2018.

SZAREK, R. **Biodiversity and biogeography of recent benthic foraminiferal assemblages in the south-western South China Sea (Sunda Shelf)**. Tese de Doutorado, Universidade Christian Albrechts, Kiel, 2001. Disponível em: <[https://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation\\_derivate\\_00000537/d537.pdf](https://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00000537/d537.pdf)>.

TARASOVA, T. S. Environmental impacts on the benthic foraminiferal fauna in nearshore ecosystems. **Russian Journal of Marine Biology**, v. 32, n. Suppl. 1, 2006.

TIN, T.; LAMERS, M. A. J.; LIGGETT, D.; MAHER, P. T.; HUGHES, K. A. **Setting the Scene: Human Activities, Environmental Impacts and Governance Arrangements in Antarctica**. In: TIN et al. *Antarctic Futures*, pp. 1-24, 2013.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2012.

VERBITSKY, J. Ecosystem services and Antarctica: The time has come? **Ecosystem Services**, v. 29, p. 381–394, 2018.

VINCZE, M., BOZÓKI, T., HEREIN, M. *et al.* The Drake Passage opening from an experimental fluid dynamics point of view. **Science Reports** 11, 19951, 2021.

VIOLANTI, D. Taxonomy and distribution of recent benthic foraminifers from Terra Nov Bay (Ross Sea, Antarctica), Oceanographic Campaign 1987/1988. **Palaeontographia Italica**, v. 83, p. 25-71, 1996.

WALL, D. H. Biodiversity and ecosystem functioning in terrestrial habitats of Antarctica. **Antarctic Science**, v. 17, n. 4, p. 523–531, 2005.

WALLER, R. G.; SCANLON, K. M.; ROBINSON, L. F. Cold-water coral distributions in the drake passage area from towed camera observations - Initial interpretations. **PLoS ONE**, v. 6, n. 1, 2011.

WATSON, J. E. M. *et al.* The performance and potential of protected areas. **Nature**, v. 515, n. 7525, p. 67–73, 2014.

WATSON, S.-A. *et al.* Marine invertebrate skeleton size varies with latitude, temperature and carbonate saturation: Implications for global change and ocean acidification. **Global Change Biology**, v. 18, p. 3026–3038, 2012.

WAUCHOPE, H. S.; SHAW, J. D.; TERAUDS, A. A snapshot of biodiversity protection in Antarctica. **Nature Communications**, v. 10, n. 1, p. 1–6, 2019.

WEHRMANN, D. The Polar Regions as “barometers” in the Anthropocene: towards a new significance of non-state actors in international cooperation? **The Polar Journal**, v. 6, n. 2, p. 379–397, 2016.

WELLNER, J. S. *et al.* The Larsen Ice Shelf System, Antarctica (Larissa): Polar systems bound together, changing fast. **GSA Today**, v. 29, n. 8, 2019.

WOO, H. J.; KIM, H-Y.; JEONG, K. S.; CHUN, J. H.; KIM, S. E.; CHU, Y. S. Response of Benthic Foraminifera to Sedimentary Pollution in Masan Bay, Korea. **The Sea**, v. 4, n. 2, p. 144-154, 1999.

YANKO, V.; KRONFELD, J.; FLEXER, A. Response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for pollution monitoring. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 24, n.1, p. 1–17, 1994.

ZACHOS, J.C.; KUMP, L. R. Carbon cycle feedbacks and the initiation of Antarctic glaciation in the earliest Oligocene. **Global and Planetary Change** 47 (2005) 51–66, 2005.

# POTENCIAL EFEITO DESREGULADOR ENDÓCRINO E HEPATOTÓXICO DE SUBPRODUTOS DE DESINFECÇÃO PRESENTES EM ÁGUAS CONTAMINADAS COM CLOREXIDINA

*Viviane da Silva Carvalho<sup>1</sup>, Renata Colombo<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: [viviane.silva.carvalho@usp.br](mailto:viviane.silva.carvalho@usp.br)

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: [renatacolomb@usp.br](mailto:renatacolomb@usp.br)

**Resumo:** A clorexidina é um biocida amplamente utilizado no mundo, sendo considerado um dos mais eficientes contra bactérias, fungos e leveduras. O seu uso extensivo como desinfetante e antisséptico tem promovido um aumento na incidência dessa substância em corpos hídricos. Em se tratando de águas de abastecimento, estudos mostram que as etapas usualmente empregadas nas estações de tratamento de águas (ETA) não removem completamente esta substância das águas. Adicionalmente, por apresentar caráter catiônico, reações entre a clorexidina e as espécies de cloro (presentes na etapa de cloração) podem levar à formação

de subprodutos da desinfecção (DBP). Os DBP são substâncias que podem ser tão ou mais tóxicas que as suas substâncias orgânicas precursoras e, por isso, é necessário o seu monitoramento e regulamentação. O objetivo deste trabalho foi verificar o comportamento da clorexidina quando submetida a uma condição de cloração similar à aplicada na ETA, identificar os DBP formados e avaliar a toxicidade dos subprodutos formados. Para isso, a solução de clorexidina foi exposta a  $2 \text{ mgL}^{-1}$  de cloro livre, pH 6,  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , na presença de luz e diferentes tempos de reação. O monitoramento da clorexidina e dos DBP formados foi realizado por meio de análises por cromatografia líquida acoplada ao espectrômetro de massas. A toxicidade (receptor de estrogênio, receptor de androgênio, receptor de tiroide A e B e hepatotoxicidade) foi avaliada via modelos preditivos, utilizando a plataforma Vega. Os resultados obtidos mostraram que a clorexidina reage parcialmente com o cloro, formando DBP que apresentam atividade de desregulação endócrina e/ou hepatotoxicidade.

**Palavras-chave:** ODS, toxicidade, água, saneamento.

## POTENTIAL ENDOCRINE DISRUPTING AND HEPATOTOXIC EFFECTS OF DISINFECTION BY-PRODUCTS PRESENT IN WATER CONTAMINATED WITH CHLORHEXIDINE.

**Abstract:** Chlorhexidine is a biocide widely used in the world and is considered one of the most efficient against bacteria, fungi and yeasts. Its extensive use as a disinfectant and antiseptic has promoted an increase in the incidence of this substance in water bodies. When it comes to supply water, studies show that the steps usually employed in Water Treatment Plants (WTP) do not completely remove this substance from the water. Additionally, due to its cationic character, reactions between chlorhexidine and chlorine species (present in the chlorination step) can lead to the formation of disinfection by-products (DBP). DBP are substances that can be as or more toxic than their organic precursors and, therefore, their monitoring and regulation is necessary. The objective of this work was to verify the behavior of chlorhexidine when subjected to a chlorination condition similar to that applied in the ETA, identify the formed DBPs and evaluate the toxicity of the formed by-products. For this, the chlorhexidine solution was exposed to  $2 \text{ mgL}^{-1}$  of free chlorine, pH 6,  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , in the presence of light and different reaction times. The monitoring of chlorhexidine and the formed DBP was carried out through liquid chromatography analysis coupled to a mass spectrometer. Toxicity (estrogen receptor, androgen receptor, thyroid receptor A and B and hepatotoxicity) was

evaluated via predictive models, using the Vega platform. The results obtained showed that chlorhexidine partially reacts with chlorine to form DBPs that present endocrine disrupting activity and/or hepatotoxicity.

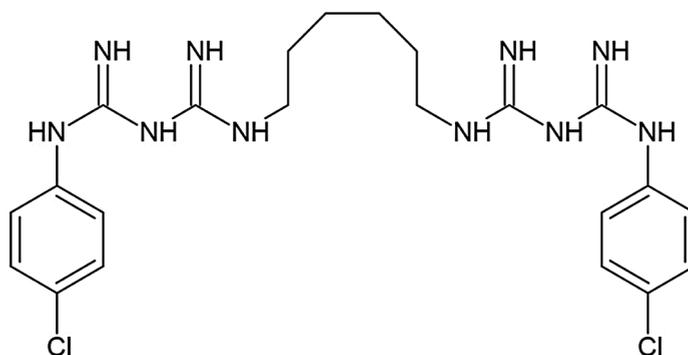
**Keywords:** ODS, toxicity, water, sanitation.

## 1. INTRODUÇÃO

Contaminantes emergentes são substâncias químicas encontradas nos produtos de uso cotidiano. A presença desses compostos, principalmente no meio aquático, leva a alterações no ecossistema e apresenta riscos à saúde humana (CAREGHINI *et al.*, 2015; DIAMOND *et al.*, 2015). Estudos mostram o potencial de persistência desses compostos em ambientes aquáticos, bem como seus efeitos nocivos, como desregulação endócrina, carcinogenicidade, citotoxicidade e resistência bacteriana (LIU; WONG, 2013; HE *et al.*, 2016; YANG *et al.*, 2017). Dentre os contaminantes emergentes estão os biocidas, os quais têm despertado interesse devido aos seus efeitos na biota dos ambientes em que estão presentes (ALENCAR *et al.*, 2019).

Um dos biocidas mundialmente mais utilizado como desinfetante e antisséptico e reconhecido como substância essencial pela Organização Mundial da Saúde é a clorexidina (Figura 1).

Figura 1 – Molécula de clorexidina



A clorexidina é uma substância extremamente eficaz contra bactérias Gram-negativas e Gram-positivas, fungos e leveduras, e está presente como ingrediente ativo em muitos tipos de produtos desinfetantes e antissépticos de pele, membranas, mucosas, instrumentos e equipamentos (KUDO *et al.*, 2002; FIORENTINO *et al.*, 2010; MUSTEATA; PAWLISZYN, 2005; WHO, 2019).

Durante o uso destes produtos, parte da clorexidina não metabolizada é descartada na forma de resíduos, já tendo sido detectada em águas superficiais, potáveis e residuais (YAVUZ *et al.*, 2013, 2015).

A clorexidina é classificada como perigosa para o ambiente aquático, e é considerada tóxica para populações de protozoários, crustáceos, algas e para a biomassa cianobacteriana (LAWRENCE *et al.*, 2008; LI *et al.*, 2014; JESUS *et al.*, 2013). Quando presente em efluentes de esgoto hospitalar, a clorexidina pode desencadear resistência a diversas famílias bacterianas (NUÑEZ; MORETTON, 2007; KOLJALG *et al.*, 2002).

Por se tratar de uma biguanida catiônica, quando na presença de substâncias químicas aniônicas tem grande potencial de reação, dando origem a outras substâncias orgânicas com elementos aniônicos, como o cloro. Durante o processo de desinfecção das águas essa reação pode dar origem a subprodutos de desinfecção (DBP). Alguns DBP formados pela reação do cloro com a matéria orgânica naturalmente presente nas águas já são bem conhecidos e documentados na literatura, entre eles os trihalometanos (THM), os ácidos haloacéticos (HAA), os haloacetoneitrilos (HAN) e as halocetonas (WHO, 2004; DEBORDE; VON GUNTEN, 2008). No entanto, diversos outros DBP provenientes de substâncias orgânicas poluentes estão sendo identificados, analisados e reconhecidos pelas suas propriedades tóxicas às espécies aquáticas e à saúde humana (PANYAKAPO; SOONTOMCHAI; PAOPUREE, 2008).

A determinação dos efeitos tóxicos de substâncias presentes em águas tem sido cada vez mais exigida por diversos órgãos ambientais e vem ao encontro dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda Global 2030, em especial os ODS 3 e 6, que asseguram a disponibilidade de água de qualidade para a população, a promoção da saúde e do bem-estar humano; a proteção dos corpos hídricos e o desenvolvimento de tecnologias de tratamento de águas cada vez mais eficientes (COSTA *et al.*, 2014; ONU, 2021).

Para determinar estes efeitos, diversos organismos podem ser empregados, e essa escolha depende da representação ecológica destes organismos, da sua constituição biológica e se apresentam facilidade de cultivo em laboratório. Contudo, nos últimos anos, as agências reguladoras têm incentivado o uso de métodos alternativos para a determinação de informações acerca da segurança de substâncias químicas. Um exemplo disso é o Regulamento de Produtos de Biocidas n. 528/2012 EU, o qual prevê o uso de métodos não baseados em animais (MONTAGNER *et al.*, 2017; ECHA, 2012).

Um desses métodos alternativos são os modelos preditivos baseados na relação estrutura-atividade (SAR, do inglês *structure-activity relationship*). Este método se baseia no conceito de que a atividade biológica de uma substância química pode estar relacionada à sua estrutura molecular. Quando essa atividade é quantificada, esta relação é determinada pelo método QSAR (do inglês *quantitative structure-activity relationship*). Um modelo QSAR se baseia em dados experimentais de diversas substâncias químicas. A partir disso, é desenvolvido um modelo que vincula esses dados experimentais com características moleculares, a fim de prever a toxicidade das substâncias em estudo (BENFENATI *et al.*, 2013; CASSANO *et al.*, 2014; CAPPELLI *et al.*, 2015; BLÁZQUEZ *et al.*, 2020; BOUHEDJAR *et al.*, 2020). Há diversas plataformas disponíveis que se baseiam nestes modelos, como a Vega-QSAR. Nesta plataforma há uma variedade de modelos por meio dos quais o grau de toxicidade de uma substância é avaliado. Para cada modelo, um conjunto de características químicas (fragmentos moleculares ou grupos funcionais) que exibem uma correlação estatisticamente relevante com o modelo selecionado é usado para avaliar as informações de toxicidade da substância-alvo (BENFENATI *et al.*, 2013).

Com base nisso, o objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento da clorexidina em meio clorado, mediante simulação de uma condição empregada nas Estações de Tratamento de Águas, identificar a formação de possíveis DBP, bem como avaliar a toxicidade destes últimos utilizando modelos preditivos disponíveis na plataforma Vega-QSAR.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Substâncias e reagentes utilizados

Para a realização dos experimentos, utilizou-se uma solução de digluconato de clorexidina a 20%, obtida da Fagron (Barcelona, CA, Espanha). O ácido fórmico foi obtido da Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, EUA), e a acetonitrila, da J.T. Baker (Goiânia, GO, Brasil), ambos com grau HPLC. Já a solução de hipoclorito de sódio foi fornecida pela Nalgon (São Paulo, SP, Brasil) e contém 10% a 12% de cloro livre – grau analítico. A água purificada (resistividade 18,2 MΩ cm) foi obtida por meio do sistema de purificação de água Milli-Q (Millipore GmbH, Eschborn, Alemanha).

## 2.2. Processo de degradação da clorexidina

Os experimentos de degradação foram realizados com uma solução de digluconato de clorexidina na concentração de  $0,5 \text{ mg}^{-1}$ . Tal solução foi exposta a  $2 \text{ mgL}^{-1}$  de cloro livre, pH 6,  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , na presença de luz, e a reação foi monitorada por 30 min, 2 e 4 horas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017; WHO, 2011). Após cada um dos períodos reacionais, alíquotas de 1 mL da solução foram retiradas, filtradas em membranas de  $0,45 \text{ }\mu\text{m}$  e analisadas por LC-ESI-MS. Uma alíquota da solução de clorexidina, submetida às condições de cloro, pH, temperatura e luz descritas, porém antes da adição de cloro, também foi analisada por LC-ESI-MS e considerada como solução de referência para este estudo.

## 2.3. Condições de análise por LC-ESI-MS

As análises LC-ESI-MS foram realizadas por meio de um sistema de cromatografia líquida modular Shimadzu Prominence LC 20 AT, acoplado a um espectrômetro de massa Shimadzu LCMS-8030 triplo quadrupolo. A separação dos compostos foi realizada utilizando-se como fase móvel água (solvente A) e acetonitrila (solvente B), ambos com 0,1% de ácido fórmico e uma coluna Shim-pack XR-ODS II ( $100 \times 3,0 \text{ mm} \times 2,2 \text{ }\mu\text{m}$ ) (Shimadzu, Quioto, Japão). O modo de eluição empregado foi o gradiente linear: 0-5 min, 40-100% B; com a temperatura do forno a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ , com vazão de fase móvel de  $0,8 \text{ mL min}^{-1}$  e volume de injeção de  $20 \text{ }\mu\text{L}$ . Para todas as análises LC-ESI-MS foi adotado o modo *full scan* ( $m/z$  100 a 1.000) e ionização por *eletrospray* no modo positivo. Em relação à linha de dessolvatação e do bloco térmico, a temperatura foi de  $250 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $400 \text{ }^\circ\text{C}$ , respectivamente. Como gás de nebulização e secagem utilizou-se o nitrogênio com vazão de 3 e  $15 \text{ L min}^{-1}$ , respectivamente. O monitoramento dos íons e dos fragmentos foi feito por meio da varredura de íons no modo positivo.

## 2.4. Modelos preditivos

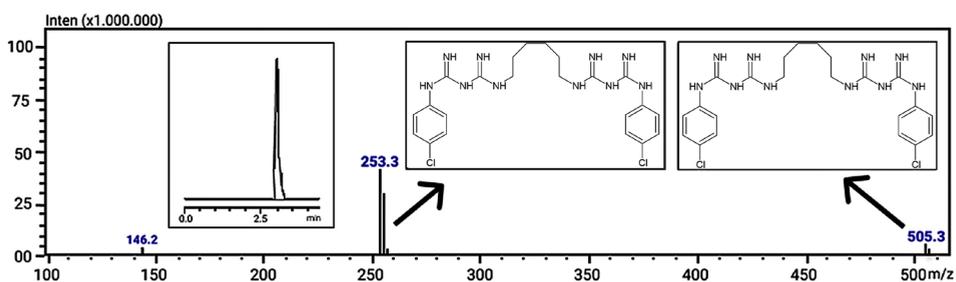
Para a predição dos possíveis efeitos de desregulação endócrina dos DBP utilizou-se a plataforma Vega, a qual se baseia em modelos de relações estrutura-atividade quantitativas (QSAR).

Quatro parâmetros foram avaliados: receptor de estrogênio, receptor de androgênio, receptor de tiroide A e B e hepatotoxicidade. Para prever essas atividades foram empregados dois modelos de receptor de estrogênio (IRFMN, IRFMN/CERAPP), um modelo de receptor de androgênio (IRFMN/COMPARA), um modelo de receptor de tiroide A e um de receptor de tiroide B (ambos NRMEA) e um modelo de hepatotoxicidade (IRFMN).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas condições cromatográficas empregadas neste estudo, a clorexidina foi detectada na forma de um pico com tempo de retenção de 3,0 min e íon molecular  $m/z$  505, junto com seu respectivo isótopo de cloro ( $m/z$  507). O fragmento característico dessa molécula, nas condições empregadas, foi  $m/z$  253 (com seu respectivo isótopo  $m/z$  255), que se refere ao íon molecular duplamente carregado (Figura 2). Tanto o íon molecular quanto o fragmento característico da clorexidina já foram relatados na literatura (HISHINUMA *et al.*, 2006; BARBIN, 2008).

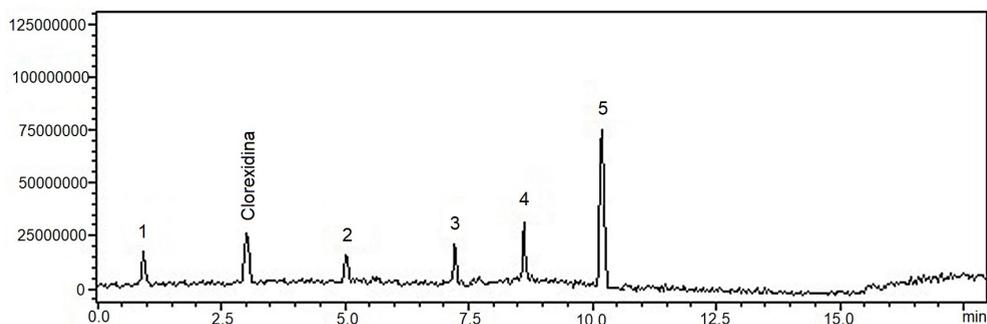
Figura 2 – Cromatograma de íons totais (TIC) e espectro de massa da clorexidina



Nas alíquotas das soluções dos diferentes tempos reacionais analisados, constatou-se a presença deste pico (Figura 3), demonstrando que, na condição de cloração empregada neste estudo, a degradação da clorexidina não ocorre totalmente. A comparação da altura do pico de clorexidina na alíquota da solução referência e nas alíquotas dos diferentes tempos reacionais mostrou que ocorre uma degradação parcial, sendo esta diretamente proporcional ao tempo de contato da clorexidina com o cloro.

Empregando as condições de análises por LC-ESI-MS descritas no item 2.3, foi possível a identificação de cinco DBP, formados pela exposição da clorexidina ao cloro. Na Tabela 1 estão descritos o tempo de retenção, o íon molecular e os fragmentos destes cinco DBP.

**Figura 3** – Cromatograma TIC da solução de clorexidina com 2 mgL<sup>-1</sup> de cloro livre, pH 6, a 20 °C, na presença de luz e após 30 minutos de reação



**Tabela 1** – Dados obtidos por LC-MS dos derivados da clorexidina

DBPs	Tempo de retenção (min)	Íon molecular	Fragmentos
1	0,9	208	167; 146; 122 e 106
2	5,0	256	208; 167; 146 e 122
3	7,2	167	122 e 105
4	8,6	359	217 e 162
5	10,2	575	493; 449; 383; 355; 279 e 128

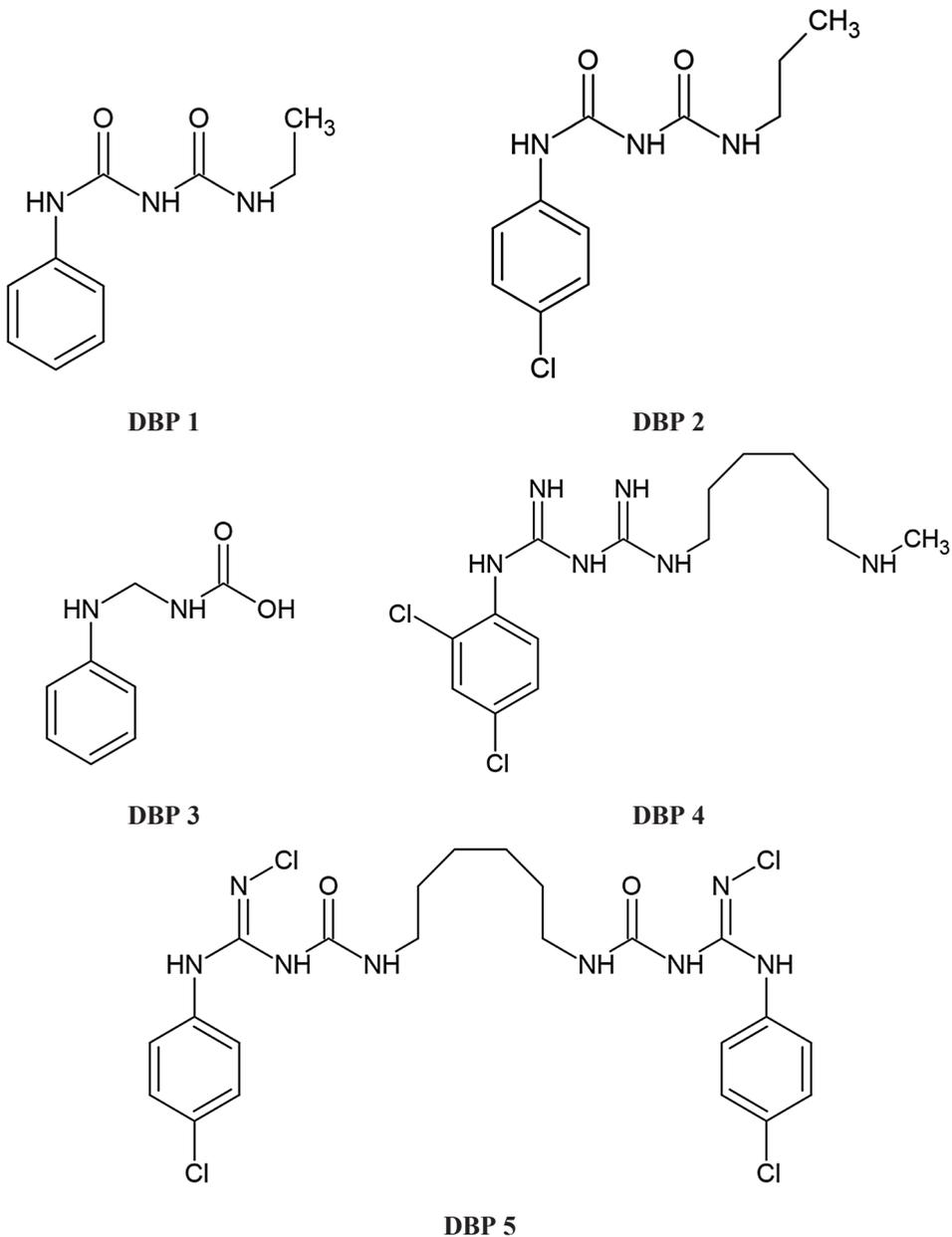
A identificação estrutural dos DBP foi realizada por meio dos dados gerados pelas análises de LC-MS, como valor do íon molecular e dos fragmentos encontrados. Além disso, também foram considerados conceitos teóricos sobre reações, fragmentação e rearranjo de moléculas orgânicas, bem como trabalhos sobre a formação de cloroaminas e de derivados de degradação da clorexidina (LAYER, 1963; ALLINGER, 1978; MCLAFFERTY; TURECEK, 1993; BARBIN, 2008; ROCHA, 2008; HU, 2010; CAREY, 2011; YANG, 2012). As estruturas destes cinco DBP podem ser observadas na Figura 4.

Os DBP (1) e (2) teriam se formado pelo rompimento da cadeia de carbonos e pela hidrólise dos grupos iminas (reação catalisada pela presença do OCl<sup>-</sup>), gerando grupos imidas. No caso do DBP (2) ainda teria ocorrido a saída do cloro do anel benzênico, enquanto no DBP (1) ocorre cloração no anel benzênico, sendo que este cloro entra no anel na posição orto, orientado pelo grupo amina.

A formação do composto (3) é proposta partindo-se do rompimento de uma ligação carbono-nitrogênio e da hidrólise de 2 grupos imina. Posteriormente, propõe-se a perda de uma unidade de cloro do anel benzênico, a hidratação de uma das carbonilas do grupo imida e a perda sequencial de uma das hidroxilas proveniente desta hidratação.

O processo de formação da substância (4) se baseia no rompimento inicial de uma ligação carbono-nitrogênio, seguido da entrada adicional de uma unidade de cloro no anel benzênico. O DBP (5) é formado a partir da cloração de dois grupos iminas e da hidrólise dos outros dois grupos iminas.

Figura 4 – Estrutura molecular dos DBP formados durante a degradação da clorexidina



Para verificar a possível atividade dos DBP no sistema endócrino, foi utilizada a plataforma Vega. Os modelos presentes nesta plataforma utilizam dados experimentais acerca da toxicidade dos compostos e dados de moléculas semelhantes. Assim é feita uma predição baseada na estrutura molecular do composto-alvo. Com base nesses dados, a plataforma gera um índice de domínio de aplicabilidade (IDA), o qual classifica a qualidade da previsão. Este IDA é composto por diversos critérios: (i) verificação da semelhança com as moléculas parecidas; (ii) comparação entre o valor predito e os valores experimentais dos compostos; (iii) verificação da precisão destes valores previstos para as moléculas semelhantes; (iv) observação da semelhança entre alguns fragmentos centrados nos átomos. A partir destes critérios é gerada uma avaliação global geral sobre o domínio de aplicabilidade do composto. O IDA varia de 0 a 1; quanto mais próximo de 1, melhor é a predição. Para este estudo foram considerados apenas os resultados com  $IDA \geq 0,7$ , sendo que os DBP que apresentaram um índice abaixo deste valor estavam fora do domínio de aplicabilidade do modelo.

Para o *endpoint* receptor de estrogênio, ambos os modelos previram os DBP (1), (2) e (4) como não ativos. O DBP (3) foi predito como ativo para o modelo IRFMN/CERAPP, mas ficou fora do domínio de aplicabilidade do modelo IRFMN. O DBP (5) ficou fora do domínio de aplicabilidade de ambos os modelos.

Para o modelo de receptor de androgênio IRFMN/COMPARA, os DBP (1), (2) e (3) foram previstos como não ativos. Já o DBP (4) foi previsto como receptor de androgênio, apresentando o alerta estrutural NCICCC(Cl)CCl, que significa que esta parte da molécula é a responsável pela atividade. O DBP 5 não pode ser avaliado, pois ficou fora do domínio de aplicabilidade do modelo.

Os modelos NRMEA para receptor de tiroide A e B previram os DBP (1), (2) e (3) e (4) como não ativos, e o DBP (5) ficou fora do domínio de aplicabilidade.

Em relação ao *endpoint* de hepatotoxicidade, o modelo IRFMN previu os DBP (1), (2) como hepatotóxicos. Para estes DBP, o alerta estrutural (estrutura da molécula responsável pela atividade) destacado foi NCNCICCCCCl. Os DBP (3) e (4) e (5) ficaram fora do domínio de aplicabilidade do modelo.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio dos experimentos de degradação da clorexidina em condição aplicada às águas nas estações de tratamento, nota-se que a clorexidina interage com o cloro e forma subprodutos de desinfecção, sendo esta formação influenciada pelo tempo de reação. O uso da plataforma Vega para a predição toxicológica dos DBP

se mostrou uma boa alternativa aos testes toxicológicos em animais. Observou-se que, dos cinco DBP identificados, um deles foi previsto como receptor de androgênio e outros dois como hepatotóxicos. Nas bases de dados internacionais não há informações sobre a identificação e o estudo toxicológico dos DBP apresentados neste estudo e, portanto, os dados apresentados podem contribuir com a base de dados toxicológica e com futuros estudos acerca da clorexidina. Os resultados apresentados neste estudo contribuem ainda com informações para a definição de padrões de produção e consumo mais sustentáveis e de tecnologias de tratamento de água e efluentes cada vez mais eficientes, garantindo a disponibilidade de água de qualidade e, conseqüentemente, saúde e bem-estar humano e proteção dos corpos hídricos, como previsto nos ODS 3, 6 e 12 da Agenda Global 2030.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, E. L. C. *et al.* Avaliação da citotoxicidade e da genotoxicidade do antisséptico bucal gluconato de clorexidina 0,12 % em células meristemáticas de raízes de *Allium cepa*. **Revinter**, v.12, n. 2, p. 5-13, 2019.
- ALLINGER, N. **Química Orgânica**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1978.
- BARBIN, L. E. *et al.* Determination of para-chloroaniline and reactive oxygen species in chlorhexidine and chlorhexidine associated with calcium hydroxide. **Journal of endodontics**, v. 34, n. 12, p. 1508-1514, 2008.
- BENFENATI, E. *et al.* VEGA-QSAR: AI inside a platform for predictive toxicology. **CEUR Workshop Proceedings**, 1107, p. 21-28, 2013.
- BLÁZQUEZ, M. *et al.* Comparing in vivo data and in silico predictions for acute effects assessment of biocidal active substances and metabolites for aquatic organisms. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 205, 111291, 2020.
- BOUHEDJAR, K. *et al.* Modelling quantitative structure activity–activity relationships (QSAARs): auto-pass-pass, a new approach to fill data gaps in environmental risk assessment under the REACH regulation. **SAR and QSAR in environmental research**, v. 31, n. 10, 785–801, 2020.
- CAPPELLI, C. I. *et al.* Assessment of *in silico* models for acute aquatic toxicity towards fish under REACH regulation. **SAR and QSAR in Environmental Research**, v. 26, n. 12, p. 977-999, 2015.
- CAREGHINI, A. *et al.* Bisphenol A, nonylphenols, benzophenones, and benzotriazoles in soils, groundwater, surface water, sediments, and food: a

review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 8, p. 5711-5741, 2015.

CAREY, F. A. **Química Orgânica**. Rio de Janeiro: Amgh Editora, 2011.

CASSANO, A. *et al.* Evaluation of QSAR Models for the Prediction of Ames Genotoxicity: A Retrospective Exercise on the Chemical Substances Registered Under the EU REACH Regulation. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 32, n. 3, p. 273–298, 2014.

COSTA, I. L. *et al.* Ocorrência de Fármacos antidepressivos no Meio Ambiente- Revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 5, p. 1408-1431, 2014.

DEBORDE, M.; VON GUNTEN, U. R. S. Reactions of chlorine with inorganic and organic compounds during water treatment - kinetics and mechanisms: a critical review. **Water Research**, v. 42, n. 1, p. 13-51, 2008.

DIAMOND, M. L. *et al.* Exploring the planetary boundary for chemical pollution. **Environment International**, v. 78, p. 8-15, 2015.

ECHA. **Regulamento n. 528/2012, de 27 de junho de 2012**. Relativo à disponibilização no mercado e à utilização de produtos biocidas. União Europeia: Parlamento europeu. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32012R0528>>. Acesso em: 7 set. 2021.

FIorentino, F. A. M.; CORRÊA, M. A.; SALGADO, H. R. N. Analytical Methods for the Determination of Chlorhexidine: A Review. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v. 40, n. 2, p. 89-101, 2010.

JESUS, F. T. *et al.* Lethal and sub lethal effects of the biocide chlorhexidine on aquatic organisms. **Ecotoxicology** v. 22, n. 9, p. 1348-1358, 2013.

HE, L. Y. *et al.* Discharge of swine wastes risks water quality and food safety: Antibiotics and antibiotic resistance genes from swine sources to the receiving environments. **Environment International**, v. 92, p. 210-219, 2016.

HISHINUMA, T. *et al.* Determination of chlorhexidine (CHD) and nonylphenoethoxylates (NPEOn) using LC-ESI-MS method and application to hemolyzed blood. **Journal of Chromatography B**, v. 831, n. 1-2, p. 105-109, 2006.

HU, J. *et al.* Halonitromethane formation potentials in drinking waters. **Water Research**, v. 44, n. 1, p. 105-114, 2010.

KOLJALG, S.; NAABER, P.; MIKELSAAR, M. Antibiotic resistance as an indicator of bacterial chlorhexidine susceptibility. **Journal of Hospital Infection**, v. 51, n. 2, p. 106-113, 2002.

KUDO, K. Toxicological Analysis of Chlorhexidine in human serum using HPLC on a polymer-coated ODS column. **Journal of analytical toxicology**, v. 26, n. 2, p. 119-122, 2002.

LAWRENCE, J. R.; ZHU, B.; SWERHONE, G. D. Community-level assessment of the effects of the broad-spectrum antimicrobial chlorhexidine on the outcome of river microbial biofilm development. **Applied Environmental Microbiology**, v. 74, n. 11, p. 3541-3550, 2008.

LAYER, R. W. The Chemistry of Imines. **Chemical reviews**, v. 63, n. 5, p. 489-510, 1963.

LI, Y. C.; KUAN, Y. H.; LEE, S. S. Cytotoxicity and Genotoxicity of Chlorhexidine on Macrophages In Vitro. **Environmental Toxicology**, v. 29, n. 4, p. 452-458, 2014.

LIU, J. L.; WONG, M. H. Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs): a review on environmental contamination in China. **Environment International**, v. 59, p. 208-224, 2013.

MCLAFFERTY, F.W.; TURECEK, F. **Interpretation of Mass Spectra**. California: University Science Books, 1993.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria de Consolidação n., 5 de 28 de setembro de 2017**. Disponível em: <<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>>. Acesso em: 6 set. 2021.

MONTAGNER, C. C. *et al.* Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova**, v. 40, n. 9, p. 1094-1110, 2017.

MUSTEATA, F. M.; PAWLISZYN, J. Assay of stability, free and total concentration of chlorhexidine in saliva by solid phase microextraction. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 37, n. 5, p. 1015-1024, 2005.

NUÑEZ, L.; MORETTON, J. Disinfectant-resistant bacteria in Buenos Aires City hospital wastewater. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 38, n. 4, p. 644-648, 2007.

ONU, 2021. **Sustainable Development Goals**. Disponível em: <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>>

PANYAKAPO, M.; SOONTOMCHAI, S.; PAOPUREE, P. Cancer Risk Assessment from Exposure to Trihalomethanes in Tap Water and Swimming Pool Water. **Journal of Environmental Sciences**, v. 20, n. 3, p. 372-378, 2008.

ROCHA, D. F. O. **Estudo da redução de iminas**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, 2008.

WHO. **Disinfectants and Disinfectant by-products. Environmental Health Criteria 216**. 2004. Disponível em: <[http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42274/who\\_ehc\\_216.pdf;jsessionid=b64a83b22bd11d1b1fa79307aad5e83b?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42274/who_ehc_216.pdf;jsessionid=b64a83b22bd11d1b1fa79307aad5e83b?sequence=1)>. Acesso em: 6 set. 2021.

WHO. **Guidelines for Drinking-water Quality**. 2011. Disponível em: <[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf)>. Acesso em: 6 set. 2021.

WHO. **World Health Organization model list of essential medicines: 21st list 2019**. 2019. Disponível em: <<http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/325771/WHO-MVP-EMP-IAU-2019.06-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 11 set. 2021.

YANG, X. *et al.* Precursors and nitrogen origins of trichloronitromethane and dichloroacetonitrile during chlorination/chloramination. **Chemosphere**, v. 88, n. 1, p. 25-32, 2012.

YANG, Y. *et al.* Occurrences and removal of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in drinking water and water/sewage treatment plants: A review. **Science of the Total Environment**, v. 596–597, p. 303–320, 2017.

YAVUZ, M.; OGGIONI, M.; YETIS, U. Biocides in drinking water system of Ankara, Turkey. **Desalination and Water Treatment**, v. 53, n. 12, p. 3253–3262, 2015.

YAVUZ, M. **Investigation of occurrence and fate of biocides in wastewater treatment plants and surface waters**. Master Thesis. Middle East Technical University, Turkey, 2013. 81 p.

**ANÁLISES POR CROMATOGRÁFIA  
LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA  
ACOPLADA A DETECTOR DE  
ULTRAVIOLETA DE ARRANJO DE  
DIODOS (CLAE-UV-DAD) DE  
EXTRATOS DE *MACHAERIUM  
ACUTIFOLIUM* VOGEL E O SEU  
POTENCIAL ANTIOXIDANTE**

*Charlyana de Carvalho Bento<sup>1</sup>, Marcelo José Pena Ferreira<sup>2</sup>,  
Gabriel Teles de Proença<sup>3</sup>, Luciana Sayuri Tahira<sup>4</sup>,  
Ângela Lúcia Bagnatori Sartori<sup>5</sup>, Miriam Sannomiya<sup>6</sup>*

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: charlyana.bento@usp.br

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Botânica – Departamento de Botânica, Instituto de Biociências – Universidade de São Paulo (IB-USP). Contato: marcelopena@ib.usp.br

<sup>3</sup>Graduando em Licenciatura em Ciências da Natureza – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: gabrielteles@usp.br

<sup>4</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: lucysayuri@usp.br

<sup>5</sup>Instituto de Biociências de Campo Grande – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS). Contato: albsartori@gmail.com

<sup>6</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: miriamsan@usp.br

**Resumo:** Algumas espécies pertencentes ao gênero *Machaerium* (Fabaceae) são de uso etnofarmacológico, como é o caso de *Machaerium acutifolium* Vogel. Esta planta é utilizada na medicina popular no tratamento de dor e inflamações. Muitas espécies de plantas medicinais, se empregadas e extraídas indiscriminadamente, podem ser levadas à extinção, assim como o registro de todo seu potencial biológico, causando um dano irreversível à nossa biodiversidade. Neste sentido, é de grande importância o estudo de plantas medicinais brasileiras, a fim de preservar, valorizar o conhecimento popular e a flora de nosso país, e também para o desenvolvimento de novos fitoterápicos para o tratamento de diversas moléstias. Assim, o presente trabalho envolve o estudo químico dos extratos hidroetanólicos das folhas e galhos de *M. acutifolium* por CLAE-UV-DAD, o doseamento do teor de fenólicos totais, flavonoides e taninos hidrolisáveis, bem como a avaliação do potencial antioxidante destes. As análises em cromatografia em camada delgada, junto com padrões de algumas classes de metabólitos secundários, permitiram identificar a presença de flavonoides, saponinas e açúcares nos dois extratos estudados. O perfil químico por CLAE-UV-DAD indica uma maior diversidade de flavonoides no extrato das folhas do que nos extratos dos galhos desta espécie. O maior potencial antioxidante do extrato das folhas em comparação com o dos galhos possivelmente está relacionado com o maior teor de flavonoides totais e taninos hidrolisáveis observado. Assim, o extrato das folhas pode ter um maior potencial biológico que o extrato dos galhos.

**Palavras-chave:** *Machaerium acutifolium*, flavonoides, atividade antioxidante.

## ANALYSIS BY HIGH PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY ACCOUPLED TO ULTRAVIOLET DETECTOR WITH DIODE ARRANGE (HPLC-UV-DAD) OF *MACHAERIUM ACUTIFOLIUM* VOGEL EXTRACTS AND THEIR ANTIOXIDANT POTENTIAL

**Abstract:** Some species belonging to the genus *Machaerium* (Fabaceae) are of ethnopharmacological use, as is the case of *Machaerium acutifolium* Vogel. This plant is employed in folk medicine to treat pain and inflammation. Many species

of medicinal plants, if used and extracted indiscriminately, can lead to the extinction of many species of plants and their biological potential, causing irreparable damage to our Biodiversity. Thus, the present work involves the chemical study by HPLC-UV-DAD of the hydroethanolic extracts of *M. acutifolium* leaves and branches, determination of the content of total phenolics, flavonoids and hydrolysable tannins and evaluation of their antioxidant potential. According to the analyses in thin layer chromatography together with standards some classes of secondary metabolites, it was possible to identify the presence of flavonoids, saponins and sugars in the two extracts studied. The chemical profile by HPLC-UV-DAD of the extracts indicates a greater diversity of flavonoids in the leaf extract than in the branches of this species. The higher antioxidant potential of the leaf extract when compared to the branch extract is possibly related to the higher content of total flavonoids and hydrolysable tannins observed. Thus, the leaf extract may have a greater biological potential than the branch extract.

**Keywords:** *Machaerium acutifolium*, flavonoids, antioxidant activity

## 1. INTRODUÇÃO

Em Fabaceae, estão descritos cerca de 770 gêneros com mais de 20 mil espécies amplamente distribuídas nas regiões temperadas e tropicais (AZANI *et al.*, 2017). Espécies pertencentes a esta família são ricas em flavonoides, alcaloides, terpenos e saponinas (BIRJATINDER; JOGA; SINGH, 2014), cujas classes de produtos naturais apresentam interessantes atividades farmacológica e terapêutica (OBISTIOIU *et al.*, 2021; AYE *et al.*, 2019). De acordo com a literatura, algumas espécies de *Machaerium* (Fabaceae) são de uso etnofarmacológico (AMEN *et al.*, 2015), como é o caso de *Machaerium acutifolium* Vogel, cuja ocorrência se dá da região amazônica até São Paulo e Mato Grosso do Sul. Popularmente conhecida como coração-de-negro, os tubérculos de sua raiz e as cascas internas dos caules costumam ser empregados no tratamento de dor e inflamações internas e externas dos órgãos (MACEDO *et al.*, 2018). Trata-se de uma espécie amplamente utilizada em paisagismo e na recuperação de áreas degradadas (POLIDO; SARTORI, 2007). De acordo com a literatura, espécies pertencentes a este gênero produzem principalmente flavonoides (SEO *et al.*, 2001; RIBEIRO *et al.*, 2016; MELO *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2020; SANNOMIYA *et al.*, 2020; BENTO *et al.*, 2020).

Espécies de *Machaerium* têm sido amplamente estudadas em relação às atividades biológicas de extratos e substâncias. O extrato etanólico das raízes de *M. aristulatum* e suas isoflavonas apresentam atividade anti-giardial (ELSOHLY; JOSHI; NIMROD, 1999). *M. cuspidatum* pode atuar na prevenção e tratamento

de câncer de pulmão, colorretal e de fígado (KIM *et al.*, 2016). O extrato éter de petróleo das sementes de *M. biovulatum* apresenta habilidade de prevenir o efeito citopático do vírus HIV-1 (ANIMASHAUN *et al.*, 1993). O extrato hidroetanólico das folhas de *M. eriocarpum* e a isovitexina nele presente apresenta atividade alelopática (BENTO *et al.*, 2020). De acordo com Muhammad e colaboradores (2003), Machaeridiol B isolado do extrato hidroetanólico das cascas do caule de *M. multiflorum* apresenta ação antiparasitária frente a *Plasmodium falciparum* e *Leishmania donovani*. Além disso, Machaeriol C apresenta atividade antimicrobiana *in vitro* frente a *Staphylococcus aureus* e *S. aureus* resistente. Os análogos 5,6-*seco*-Machaeridiol A e Machaeridiol B atuam como promissores antibacterianos para *S. aureus* e *S. aureus* resistente e antifúngicos contra *Candida albicans*. Tanto o extrato hidroetanólico das folhas de *M. eriocarpum* como a flavona C-glicosilada, isovitexina isolada dele demonstram atividade antimicrobiana frente a *Helicobacter pylori* e *Candida albicans* (SANNOMIYA *et al.*, 2020). Melo e colaboradores (2020) descrevem a atividade larvicida do extrato acetato de etila do tronco de *M. acutifolium* frente a *Aedes aegypti* com  $LC_{50}$  205 mg L<sup>-1</sup>. Estes dados denotam o potencial dos extratos de espécies pertencentes a este gênero para as diferentes atividades biológicas.

De acordo com a literatura, existem poucos dados sobre o estudo químico das folhas de *M. acutifolium*. Segundo Carvalho e colaboradores (2019), o estudo químico do extrato das folhas desta mesma espécie por Espectrometria de Massas acoplada a um íon trap com interface de Ionização por Electrospray e inserção direta da amostra (FIA-ESI-IT-MS) permitiu a detecção de flavonóis e isoflavonoides (CARVALHO *et al.*, 2019). No entanto, não existem relatos do estudo químico de galhos desta espécie até o dado momento. Muitas espécies de plantas medicinais brasileiras estão ameaçadas de extinção devido à comercialização, extrativismo excessivo, avanço do desmatamento e queimadas da vegetação nativa, de modo que perdas irreparáveis de nossa biodiversidade são observadas. Outros prejuízos estão diretamente associados a essas perdas, como a perda do registro da composição química e do potencial biológico de uma porção importante da nossa flora. Assim, o presente trabalho tem como objetivo realizar o estudo químico dos extratos hidroetanólico das folhas e galhos de *M. acutifolium* por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a detector de ultravioleta de arranjo de diodos (CLAE-UV-DAD); analisar o doseamento de compostos fenólicos, flavonoides e taninos hidrolisáveis nos extratos; e avaliar o potencial antioxidante dos extratos, a fim de preservar o conhecimento popular e contribuir para o estudo da flora brasileira.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Coleta e preparo do material vegetal

A coleta dos galhos e folhas de *Machaerium acutifolium* Vogel foi realizada nas proximidades do Instituto de Química da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, nas seguintes coordenadas geográficas: 20° 30'18" S e 54°37'2" W. A coleta e identificação da planta foi realizada pela taxonomista professora doutora Ângela Lúcia Bagnatori Sartori. A exsicata se encontra depositada no Herbário CGMS/UFMS, com a identificação CGMS 78108. O material vegetal acessado encontra-se registrado junto ao Sisgen sob o protocolo AAC0301.

Os galhos e folhas foram separados e secos em estufa de ventilação a 40 °C. Após pulverização, o pó de cada órgão vegetal foi separadamente submetido ao processo de extração por percolação exaustiva, empregando-se etanol 70% (MIGLIATO *et al.*, 2011). Após eliminação do solvente em rotaevaporador a pressão reduzida, foram obtidos os extratos das folhas (Macf; 106,0 g) e dos galhos (Macg; 48,0 g).

### 2.2 Análises dos extratos

As análises por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a um detector de ultravioleta de arranjo de diodos (CLAE-UV-DAD) foram desenvolvidas em um cromatógrafo Agilent 1260 equipado com célula de fluxo de 60 mm, com velocidade de detecção em 80 Hz e detector por arranjo de fotodiodos de varredura de espectro no ultravioleta e visível (faixa entre 200 nm e 600 nm). Para as análises em escala analítica, foi empregada como fase estacionária uma coluna Zorbax Eclipse Plus de fase reversa C<sub>18</sub> (150 × 4,6 mm) e 3,5 µm de diâmetro de partícula mantida a 45°C, com um fluxo de fase móvel de 1,0 mL.min<sup>-1</sup> e 3 µL de volume de injeção de amostras, preparadas na concentração de 1 mg. mL<sup>-1</sup>. Os comprimentos de onda utilizados para registro dos cromatogramas foram a 254, 280, 325 e 352 nm. O sistema de eluição em modo gradiente foi constituído por água acidificada com 0,1% de ácido acético (eluente A; Synth) e acetonitrila (eluente B; Merck) na seguinte programação: 0 a 6 min, 10% B; de 6 a 7 min, 10% a 15% B; de 7 a 22 min, 15% B; de 22 a 23 min, 15% a 20% B; de 23 a 33 min, 20% B; de 33 a 34 min, 20% a 25% B; de 34 a 44 min, 25% B; de 44 a 54 min, 25% a 50% B; de 54 a 60 min, 50% a 100% B; de 60 a 65 min, 100% B.

### 2.3 Avaliação da atividade antirradicalar

As atividades antirradicalares foram realizadas com o radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). A solução de DPPH foi preparada a partir de 3,5 a 3,9 mg de DPPH em 50 mL de metanol. A concentração exata da solução de DPPH foi determinada pela absorvância máxima e 515 nm considerando  $\epsilon_{\text{DPPH}} = 1,25 \cdot 10^4 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ . A solução do antirradical Trolox, utilizado como padrão, foi preparada com 1,25 mg em 2,5 mL de metanol, os extratos foram preparados com 2,0 mg em 1,0 mL de metanol. As soluções preparadas permaneceram por 5 minutos no sonicador para total solubilização.

As análises foram realizadas em microplacas para absorvância com caminho ótico de 5 mm e com volume total de 220  $\mu\text{L}$ . As leituras foram realizadas em 515 nm após 30 minutos de reação para o Trolox e 50 minutos para os extratos (OLIVEIRA *et al.*, 2014; TAMAYOSE *et al.*, 2019).

A porcentagem de atividade antirradicalar foi calculada a partir da equação 1, em que o controle negativo foi preparado com 200  $\mu\text{L}$  de DPPH e 20  $\mu\text{L}$  de metanol, o branco foi preparado com 20  $\mu\text{L}$  da amostra e 200  $\mu\text{L}$  de metanol e a amostra foi preparada com 200  $\mu\text{L}$  de DPPH e 20  $\mu\text{L}$  de amostra. A concentração inibitória a 50% ( $\text{CI}_{50}$ ) de cada extrato foi obtida a partir da equação da reta do gráfico de concentração pelo percentual de atividade antirradicalar.

$$\text{AA}\% = 100 - \left\{ \left[ (\text{ABS}_{\text{AMOSTRA}} - \text{ABS}_{\text{BRANCO}}) \times 100 \right] / \text{ABS}_{\text{NEGATIVO}} \right\} \quad (1)$$

### 2.4 Doseamento dos fenóis totais

A determinação de fenóis totais foi realizada utilizando o método de Folin-Ciocalteu. A curva padrão de ácido gálico foi construída a partir de 8 diluições nas concentrações de 87,5 mg L<sup>-1</sup> a 700 mg L<sup>-1</sup> a partir de uma solução estoque de 875 mg L<sup>-1</sup>. Os extratos foram preparados na concentração de 1mg mL<sup>-1</sup>.

Para o doseamento dos fenóis totais foram adicionados em microtubos 1.560  $\mu\text{L}$  de água Milli-Q, 40  $\mu\text{L}$  da amostra, 100  $\mu\text{L}$  do reagente Folin-Ciocalteu e 300  $\mu\text{L}$  de uma solução saturada de carbonato de sódio. Após 2 horas de reação, alíquotas de 200  $\mu\text{L}$  de cada microtubo foram adicionadas em uma placa de 96 poços para a realização da leitura em 760 nm. Os valores das absorvâncias das amostras foram extrapolados na curva padrão de ácido gálico, obtendo-se os valores em massa equivalentes ao ácido gálico (EAG).

## 2.5 Doseamento dos flavonoides totais

A determinação dos flavonoides totais foi realizada utilizando a reação com cloreto de alumínio. Para tanto, foi empregada uma solução de concentração  $50 \text{ mg mL}^{-1}$  de cloreto de alumínio. A curva padrão de rutina foi construída a partir de 10 diluições nas concentrações de  $3,0 \text{ } \mu\text{g mL}^{-1}$  a  $60 \text{ } \mu\text{g mL}^{-1}$  a partir de uma solução estoque de  $0,1 \text{ mg mL}^{-1}$ . Os extratos foram preparados na concentração de  $1 \text{ mg mL}^{-1}$ .

Para o doseamento dos flavonoides totais foram adicionados em microtubos  $0,5 \text{ mL}$  da amostra e  $0,5 \text{ mL}$  da solução de cloreto de alumínio. Após  $15 \text{ min}$  de reação, alíquotas de  $200 \text{ } \mu\text{L}$  de cada microtubo foram adicionadas em uma placa de 96 poços para a realização da leitura em  $420 \text{ nm}$ . Os valores das absorbâncias das amostras foram extrapolados na curva padrão de rutina, obtendo-se os valores em massa equivalentes a rutina.

## 2.6 Doseamento dos taninos hidrolisáveis

A determinação dos taninos hidrolisáveis foi realizada utilizando a reação com iodato de potássio, conforme procedimento descrito em literatura (SAFFARZADEH-MATIN; KHOSROWSHAHI, 2017).

As leituras dos ensaios antirradicalar, fenóis totais e flavonoides totais foram realizadas em um espectrofotômetro para microplacas (Elisa) da Synergy™ H1. Todos os ensaios foram realizados em triplicata e os resultados tratados e representados com média  $\pm$  desvio padrão no programa Origin Pro 8.5.

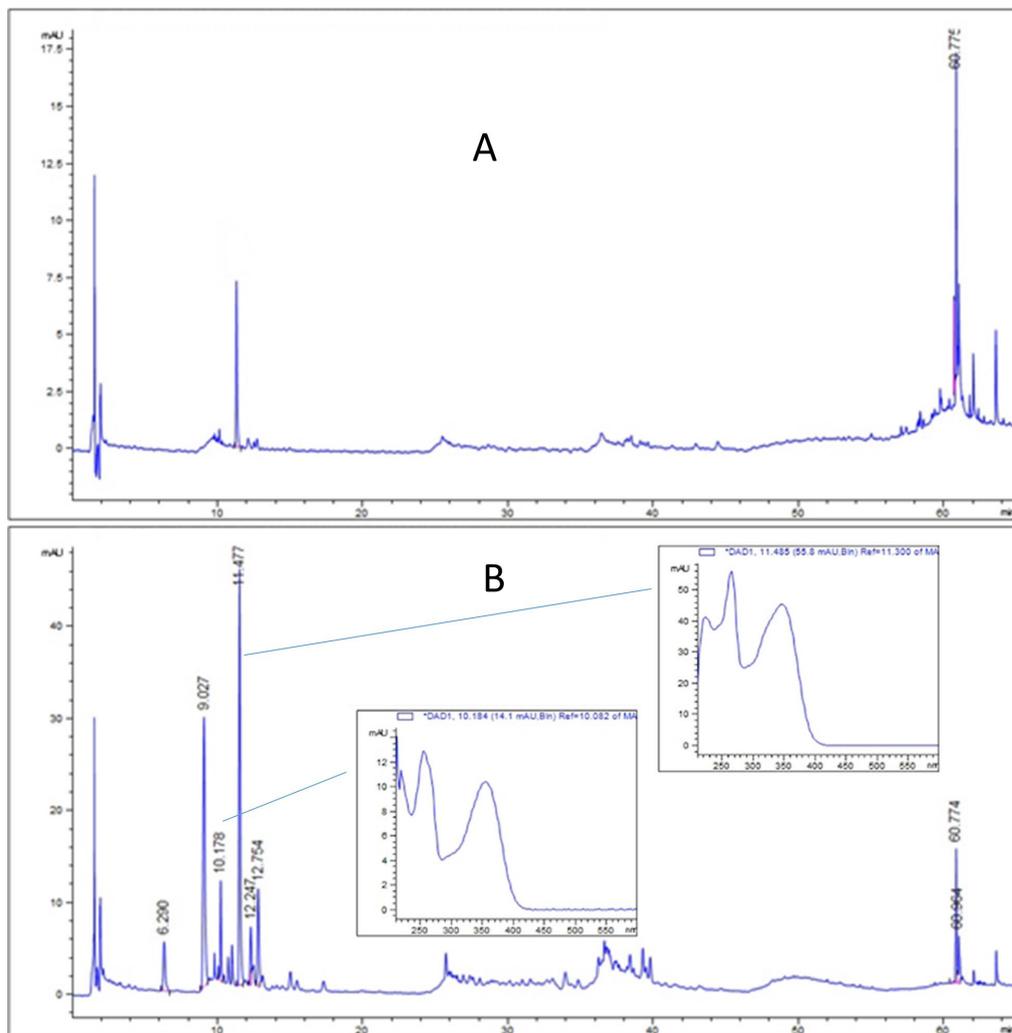
## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma alíquota do extrato hidroetanólico das folhas de *M. acutifolium* (Macf) e uma alíquota dos galhos (Macg) foram submetidas à análise por cromatografia em camada delgada comparativa (CCDC), a fim de identificar as possíveis classes de metabólitos secundários ali presentes. De acordo com as análises em CCDC, a fase móvel que melhor apresentou a separação dos compostos presentes nos extratos foi com o emprego da mistura de acetato etila/ácido acético/ácido fórmico/água  $100:11:11:26$  (v/v). O uso de anisaldeído sulfúrico modificado na revelação das placas cromatográficas auxilia na identificação dos compostos ali presentes, já que, após pulverização e queima do reagente, os compostos são derivatizados e, dependendo da função orgânica presente em cada composto, este pode apresentar uma coloração. Após revelação das placas cromatográficas sob luz ultravioleta nos comprimentos de onda de  $254$  e  $365 \text{ nm}$  e revelação com anisaldeído sulfúrico, foi

possível indicar a presença de flavonoides de alta e média polaridade, com Rf de 0,2 e 0,5, por meio de manchas amareladas (MAGOZWI *et al.*, 2021). A presença de manchas de coloração rosa e roxa em anisaldeído sulfúrico modificado, e sem absorção nos dois comprimentos de onda, usando como fase móvel a mistura de acetato etila/ácido acético/ácido fórmico/água 100:11:11:26 (v/v), indica a presença de saponinas (Rfs de 0,1 e 0,25) (STOCHMAL *et al.*, 2008). A presença de uma mancha marrom escura esverdeada em anisaldeído sulfúrico com Rf 0,15 indica a presença de açúcares no extrato dos galhos e das folhas (PAUL *et al.*, 2012). O extrato dos galhos apresenta uma diversidade maior de saponinas do que o extrato das folhas.

Por meio da análise dos extratos Macf e Macg por CLAE-UV-DAD foi possível conferir a diferença dos perfis químicos anteriormente observados nas análises por CCD destes dois extratos. Uma maior diversidade de compostos é visualizada no cromatograma do extrato Macf do que em Macg (Figura 1). No extrato das folhas e dos galhos, o composto de tempo de retenção em 10,178 min apresenta um espectro de absorção no ultravioleta com bandas em 268 e 335 nm (FERREIRA, 2018), permitindo assim visualizar a presença de um pico correspondente ao de uma flavona (Figura 1). De acordo com literatura, em extratos hidroetanólicos de folhas e galhos de *M. eriocarpum* e *M. hirtum* ocorre a presença de flavonas C-glicosiladas derivadas da apigenina (BENTO *et al.*, 2020; RIBEIRO *et al.*, 2016; SANNOMIYA *et al.*, 2020; LOPES *et al.*, 2020). Em contrapartida, os compostos de tempo de retenção em 11,477 min, 12,247 min e 12,757 min apresentam espectros de ultravioletas característicos de flavonóis, mediante a presença das bandas de absorção em 256 e 354 nm (Figura 1) (SANTOS, 2005).

**Figura 1** – (A) Perfil cromatográfico do extrato hidroetanólico dos galhos (Macg); (B) perfil cromatográfico do extrato hidroetanólico das folhas (Macf) de *Machaerium acutifolium*



A fim de avaliar a composição química dos extratos em questão, foram realizados ensaios de quantificação do teor de fenólicos totais, flavonoides totais e taninos hidrolisáveis. A presença de uma solução de coloração rosa no ensaio colorimétrico foi indicativa da formação de complexos envolvendo o  $\text{KIO}_3$  e galo e elagitaninos presentes nos extratos (MONTEIRO *et al.*, 2005). De acordo com os resultados obtidos (Tabela 1), os extratos de galhos e folhas de *M. acutifolium* apresentam teores de fenólicos totais similares, porém o extrato Macf apresenta maior teor de flavonoides totais e de taninos hidrolisáveis que o extrato Macg, confirmando-se assim os dados obtidos nas análises por CLAE-UV-DAD (Figura 1).

**Tabela 1** – Resultados obtidos a partir do doseamento com os extratos de *Machaerium acutifolium*

Amostras	Fenóis totais (mg EAG/g de extrato)	Flavonoides totais (mg Rutina/g de extrato)	Taninos hidrolisáveis (mg AT/g de extrato)
Macg	188 ± 16	6,0 ± 1,6	66,1 ± 7,1
Macf	185 ± 14	78,2 ± 6,9	88,1 ± 12,4

Legenda: Macg = extrato hidroetanólico dos galhos de *Machaerium acutifolium*; Macf = extrato hidroetanólico das folhas de *Machaerium acutifolium*.

De acordo com a literatura, compostos fenólicos, uma classe de metabólitos secundários amplamente distribuídos em todo o reino vegetal, são potentes antioxidantes, capazes de capturar radicais livres e espécies reativas de oxigênio (PRIOR; CAO, 2000). Existem vários estudos em diferentes setores com o intuito de descobrir novas fontes nutricionais, principalmente aquelas que venham a conter compostos fenólicos como taninos e flavonoides, os quais têm grande importância funcional para a saúde humana. Na Tabela 2, os resultados indicam a baixa atividade antioxidante dos extratos testados em relação ao trolox, mas, comparativamente, o extrato das folhas tem maior atividade que o extrato dos galhos. Esta atividade está associada ao maior teor de flavonoides totais e de taninos hidrolisáveis presentes no extrato das folhas.

**Tabela 2** – Dados obtidos a partir do ensaio antirradicalar com cada um dos extratos de *M. acutifolium*

Amostras	Antirradicalar $CI_{50}$ (mg.L <sup>-1</sup> )
Trolox	9,4 ± 0,2
Macg	121,9 ± 5,8
Macf	91,7 ± 3,7

É sabido que extratos de plantas contém uma enorme diversidade de moléculas orgânicas com estruturas químicas das mais variadas, e que estas estão diretamente relacionadas com as atividades biológicas dos extratos. A presença de compostos fenólicos pode atuar sinergicamente com os flavonoides ou outra classe de metabólitos secundários aumentando assim as atividades como a antioxidantes dos extratos (BIANCHIN *et al.*, 2020).

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises cromatográficas por CCDC possibilitou indicar a presença de flavonoides, saponinas e açúcares nos extratos hidroetanólicos de *M. acutifolium*. De acordo com as análises por CLAE-UV-DAD, tem-se uma maior diversidade de flavonoides derivados de flavona e flavonóis no extrato das folhas do que no dos galhos. Com o doseamento, foi observado um maior teor de flavonoides totais e taninos hidrolisáveis nos extratos das folhas do que em galhos desta espécie. Assim, o extrato das folhas pode apresentar maior potencial biológico em função deste maior teor destas classes de metabólitos secundários, já que estas apresentam inúmeras atividades biológicas reconhecidas. No entanto, estudos farmacológicos para dor e inflamação devem ser considerados para confirmação destas atividades biológicas, e assim preservar o conhecimento popular desta planta medicinal e valorizar a flora brasileira.

## REFERÊNCIAS

- AMEN, Y. M. *et al.* The genus *Machaerium* (Fabaceae): taxonomy, phytochemistry, traditional uses and biological activities. **Natural Product Research**, v. 29, n. 15, p. 1388–1405, 2015.
- ANIMASHAUN, T. *et al.* Inhibitory Effects of Novel Mannose-Binding Lectins on HIV-Infectivity and Syncytium Formation. **Antiviral Chemistry and Chemotherapy**, v. 4, n. 3, p. 145–153, 1993.
- AYE, M. *et al.* A Review on the Phytochemistry, Medicinal Properties and Pharmacological Activities of 15 Selected Myanmar Medicinal Plants. **Molecules**, v. 24, n. 2, p. 293, 15 jan. 2019.
- AZANI, N. *et al.* A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny – The Legume Phylogeny Working Group (LPWG). **Taxon**, v. 66, n. 1, p. 44–77, 22 fev. 2017.
- BENTO, C. C. *et al.* Chemical constituents and allelopathic activity of *Machaerium eriocarpum* Benth. **Natural Product Research**, v. 34, n. 6, p. 884–888, 2020.
- BIANCHIN, M. *et al.* Antioxidant Properties of Lyophilized Rosemary and Sage Extracts and its Effect to Prevent Lipid Oxidation in Poultry Pâtê. **Molecules**, v. 25, p. 5160, 2020.

BIRJATINDER, S.; JOGA, S.; SINGH M. V. Ethnomedicinal, pharmacological properties and Chemistry of Fabaceae Family. **Journal of Medical Pharmaceutical and Allied Sciences**, v. 2, p. 24–28, 2014.

CARVALHO, A. A. *et al.* Identificação de flavonoides das folhas de *machaerium acutifolium* (Papilionoideae-fabaceae) por espectrometria de massas. In: **Ciências Biológicas: Campo Promissor em Pesquisa 2**. [s.l.] Atena Editora, 2019. p. 118–129.

ELSOHLY, H.; JOSHI, A.; NIMROD, A. Antigiardial Isoflavones from *Machaerium aristulatum*. **Planta Medica**, v. 65, n. 05, p. 490–490, 1999.

KIM, B. W. *et al.* Anti-oxidative and Anti-cancer Activities of Methanol Extract of *Machaerium cuspidatum*. **Microbiology and Biotechnology Letters**, v. 44, n. 4, p. 432–441, 2016.

FERREIRA, G. M. **Caracterização fitoquímica de frações enriquecidas com flavonoides e proantocianidinas por CLUE-DAD-ESI/EM de espécies medicinais do gênero *Ouratea*** Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Escola de Farmácia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

LOPES, J. A. *et al.* *Machaerium hirtum* (Vell.) Stellfeld Alleviates Acute Pain and Inflammation: Potential Mechanisms of Action. **Biomolecules**, v. 10, n. 4, p. 590, 11 abr. 2020. doi.org/10.3390/biom10040590.

MACÊDO, M. J. F. *et al.* Fabaceae medicinal flora with therapeutic potential in Savanna areas in the Chapada do Araripe, Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 28, n. 6, p. 738–750, nov. 2018. doi.org/10.1016/j.bjp.2018.06.010.

MAGOZWI, D. K. *et al.* Flavonoids from the Genus Euphorbia: Isolation, Structure, Pharmacological Activities and Structure–Activity Relationships. **Pharmaceuticals**, v. 14, n. 5, p. 428, 2 maio 2021. doi:10.3390/ph14050428

MELO, S. J. *et al.* *Machaerium acutifolium* compounds with larvicidal activity against *Aedes aegypti*. **Pest Management Science**, v. 77, n. 3, p. 1444–1451, 2020. doi.org/10.1002/ps.6163.

MIGLIATO, K. F. *et al.* Planejamento experimental na otimização da extração dos frutos de *Syzygium cumini* (L.) skeels. **Química Nova**, v. 34, n. 4, p. 695–699, 2011.

MONTEIRO, J. M. *et al.* Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, n. 5, p. 892–896, out. 2005. doi:10.1590/S0100-40422005000500029.

MUHAMMAD, I. *et al.* Antimicrobial and Antiparasitic (+) - trans-Hexahydrodibenzopyrans and Analogues from *Machaerium multiflorum*. **Journal of Natural Products**, v. 66, n. 6, p. 804–809, 2003.

OBISTIOIU, D. *et al.* Phytochemical Profile and Microbiological Activity of Some Plants Belonging to the Fabaceae Family. **Antibiotics**, v. 10, n. 6, p. 662, 1 jun. 2021. doi.org/10.3390/antibiotics10060662.

OLIVEIRA, S. DE *et al.* Evaluation of antiradical assays used in determining the antioxidant capacity of pure compounds and plant extracts. **Química Nova**, v. 37, n. 3, 2014.

PAUL, M. *et al.* A Thin-layer Chromatography Method for the Identification of Three Different Olibanum Resins (*Boswellia serrata*, *Boswellia papyrifera* and *Boswellia carterii*, respectively, *Boswellia sacra*). **Phytochemical Analysis**, v. 23, n. 2, p. 184–189, mar. 2012.

PLATAFORMA AGENDA 2030. **Plataforma Agenda 2030**. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/>, acesso em out/2021.

POLIDO, C. DO A.; SARTORI, Â. L. B. O gênero *Machaerium* (Leguminosae-Papilionoideae-Dalbergieae) no Pantanal Brasileiro. **Rodriguésia**, v. 58, n. 2, p. 313–329, abr. 2007.

PRIOR, R. L.; CAO, G. Antioxidant phytochemicals in fruits and vegetables. Diet and health implications. *Horticulture*, **Science**, v. 35, n. 4, p. 588–592, 2000.

RIBEIRO, D. L. *et al.* Chemical and biological characterisation of *Machaerium hirtum* (Vell.) Stellfeld: absence of cytotoxicity and mutagenicity and possible chemopreventive potential. **Mutagenesis**, v. 31, n. 2, p. 147–160, mar. 2016. doi.org/10.1093/mutage/gev066.

SAFFARZADEH-MATIN, S.; KHOSROU SHAHI, F. M. Phenolic compounds extraction from Iranian pomegranate (*Punica granatum*) industrial waste applicable to pilot plant scale. **Industrial Crops and Products**, v. 108, p. 583–597, 2017.

SANNOMIYA, M. *et al.* Química e Avaliação das Atividades Anti-Inflamatória, Antiúlcera e Antimicrobiana: *Machaerium eriocarpum* Benth. **Produção e Controle de Produtos Naturais** 2, p. 47–57, 2020.

SANTOS, P. M. L.; SCHRIPSEMA, J.; KUSTER, R. M. Flavonóides O-glicosilados de *Croton campestris* St. Hill. (Euphorbiaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, n. 4, p. 321–325, 2005.

SEO, E.-K. *et al.* Macharistol, a New Cytotoxic Cinnamylphenol from the Stems of *Machaerium aristulatum*. **Journal of Natural Products**, v. 64, n. 11, p. 11, 2001.

SILVA, L. J. da. Controle biológico de *Botrytis cinerea* em pós-colheita de morango (*Fragaria x ananassa*) por linhagem *Streptomyces araujoniae* sp. 2013. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2013.

STOCHMAL, A.; OLESZEK, W.; KAPUSTA, I. TLC of Triterpenes (Including Saponins). In: M. WAKSMUNDZKA-HAJNOS, J. SHERMA, T. K. (Ed.). **Thin Layer Chromatography in Phytochemistry**. 1. ed. New York: CRC Press, Taylor & Francis Group. p. 519–542, 2008.

TAMAYOSE, C. I. *et al.* Caffeoylquinic acids: separation method, antiradical properties and cytotoxicity. **Chemistry & Biodiversity**, v.16, n. 7, e1900093, 2019.

# A EXPERIÊNCIA DA COLETA DE RESÍDUOS NA COMUNIDADE JARDIM KERALUX: CONFLITOS, AMBIGUIDADES E DIVERGÊNCIAS

*Jackson Cruz Magalhães<sup>1</sup>, Amanda Cseh<sup>2</sup>,  
Sylmara L. F. Gonçalves-Dias<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Contato: jackcmagalhaes@gmail.com

<sup>2</sup>Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Contato: amanda.cseh@alumni.usp.br

<sup>3</sup>Docente do Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Contato: sgdias@usp.br

**Resumo:** O objetivo deste estudo é descrever a experiência de mobilização da comunidade do Jardim Keralux no que diz respeito ao gerenciamento dos resíduos sólidos, a partir da ferramenta de mapa falado. Esses mapas foram elaborados em uma oficina realizada em setembro de 2019, na EACH-USP com 26 participantes, dentre eles moradores e lideranças do Keralux e docentes, funcionários e estudantes da EACH. Como resultados foram levantados os problemas que afetam a comunidade em relação aos resíduos, dentre eles, os dois principais foram: a) contêineres metálicos para acondicionamento de resíduos que acabaram

se tornando abrigo para vetores de doenças como ratos, mosquitos, dentre outros, localizados na entrada e nas proximidades das escolas da comunidade; e b) trechos de córrego e corpos d'água presentes na comunidade, que são pontos de acúmulo de resíduos e que, quando transbordam, agravam a situação dos resíduos dispersos pelas ruas do bairro. É importante salientar que o descarte irregular e toda a problemática que envolve os resíduos no bairro não devem ser transferidos apenas para os moradores. Devem ser entendidos como uma responsabilidade compartilhada e que exige comprometimento de todos os atores envolvidos. São necessárias estratégias integradas que minimizem os impactos dos resíduos sólidos no local, além da necessidade de promoção de educação ambiental, que auxilia na percepção, identificação e mudanças de hábitos no que tange à gestão compartilhada dos resíduos sólidos no local.

**Palavras-chave:** resíduos sólidos, comunidades vulneráveis, mobilização comunitária.

## THE EXPERIENCE OF WASTE COLLECTION IN THE JARDIM KERALUX COMMUNITY: CONFLICTS, AMBIGUITIES AND DIVERGENCES

**Abstract:** This study sought to describe a mobilization experience of solid waste management in Jardim Keralux's neighborhood, using the spoken map tool as investigation method. These maps were prepared in one workshop held in September 2019, at EACH-USP with 26 participants, among them, residents and community leaders of Keralux, and teachers, employees, and students of EACH. Findings indicated the problems that affect the community related to waste are: a) metallic containers for waste disposal - that ended up becoming shelter for disease vectors such as rats, mosquitoes - located in and near the community schools; and b) streams and bodies of water present in the community, which are hotspots for waste accumulation which, when they overflow, aggravate the situation of waste dispersal through the streets of the neighborhood. It is important to notice that irregular disposal and all the problems involving waste in the neighborhood should not be transferred only to residents. They are a shared responsibility that demands the compromise of all social actors involved. Integrated strategies are required to minimize the impacts of solid waste on-site. Crossing all these issues, there is the need to promote environmental education, which helps in the perception, identification, and changes in habits regarding the shared management of solid waste on-site.

**Keywords:** solid waste, vulnerable communities, community mobilization.

## 1. INTRODUÇÃO

O cenário da gestão inadequada dos resíduos sólidos se agrava quando se olha para as periferias brasileiras. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia (IBGE, 2015), cerca de 11,7 milhões de pessoas vivem em favelas, sendo este número – que é crescente – o suficiente para a ocupação do município de São Paulo. Esta população é, historicamente, alvo do descaso e da falta de implementação de políticas públicas que melhorem a sua qualidade de vida. Nesses espaços há uma densidade demográfica de, aproximadamente, 400 habitantes por hectare, e este valor se soma a fatores como o traçado irregular dos becos e vielas, a desigualdade, o tamanho reduzido dos lotes e a não regularização das construções por órgãos públicos (PASTERNAK, 2006). Tais problemáticas geram efeitos drásticos, como a precariedade na oferta de serviços essenciais à população, como o abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo e fornecimento de energia elétrica (IBGE, 2010; PASTERNAK; D’OTTAVIANO, 2016).

Para Maricato (2015), um dos maiores empecilhos que as populações distribuídas em periferias e favelas enfrentam refere-se à ausência de um sistema de coleta de resíduos que atenda integralmente estes espaços. Ainda que os projetos de urbanização em favelas objetivem, em tese, a melhoria destes espaços, observa-se que o tratamento desta problemática é parcial, atendendo apenas a alguns setores das favelas. A existência de ruas que não seguiram o padrão de planejamento urbano e, ainda em muitos locais, o relevo íngreme e o estreitamento das vias de acesso dificultam o fluxo do veículo de coleta, fator que implica o descarte dos resíduos a céu aberto, em vias públicas, quintais, encostas e terrenos baldios, gerando consequências desastrosas para o meio ambiente e a saúde pública (CARIJÓ, 2016; QUEIROZ; GONÇALVES-DIAS, 2014). Desse modo, a má gestão de resíduos sólidos constitui um dos problemas mais graves observados nas periferias. Nestes locais, a ausência de assistência e infraestrutura influencia a má disposição dos resíduos e a ineficiência (ou ausência) de serviços de coleta, expondo tais populações e o ambiente a riscos de doenças e degradação ambiental, sobretudo em épocas de chuva (PEREIRA, 2004).

Para além da ausência de um sistema de coleta, o próprio tecido urbano das favelas e periferias torna as formas de intervenção nestes locais mais complexas (Schueler; Kzure; Racca, 2018). Mesmo quando essas áreas são atendidas pelo sistema municipal de coleta e limpeza urbana, o fato de não ocorrerem em sua totalidade pode gerar destinação inadequada dos resíduos sólidos urbanos, obstruindo sistemas de drenagem e, conseqüentemente, aumentando problemas

como enchentes, que podem tornar-se catastróficas (Schueler; Kzure; Racca, 2018; QUEIROZ; GONÇALVES-DIAS, 2014).

De um modo geral, a má gestão de resíduos sólidos em favelas não compreende questões apenas ambientais, mas socioambientais. Forma-se um quadro de potencialização dos problemas e conflitos socioambientais que afetam essas áreas. Nestes espaços vivem, em áreas de extremo risco, populações que passam por um grave quadro de exclusão social. Além da falta de recursos e do descaso em termos de infraestrutura, tal população carece de informações quanto aos riscos advindos da má gestão de resíduos. Há o descaso social, uma vez que muitos brasileiros não concebem as pessoas que residem em favelas como parte da cidade e do meio ambiente (TRAJBER *et al.*, 2005). Como consequência, a população que vive em situação de vulnerabilidade é potencialmente exposta a riscos à saúde, para além dos riscos ambientais. Assim, sustenta-se um ciclo em que as comunidades mais pobres sofrem em maior intensidade os efeitos negativos da urbanização sem limites e sem mecanismos regulatórios de controle (GOUVEIA, 1999).

Frente a este cenário, a adoção de alternativas requer um adequado dimensionamento de equipamentos e a compreensão da dinâmica da comunidade. Buscar alternativas e políticas públicas que reduzam tais consequências constitui um desafio, sobretudo em uma sociedade cuja gestão se volta, majoritariamente, para as camadas mais favorecidas economicamente. Para Gonçalves-Dias (2012), a ampliação dos estudos orientados à implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos que compreenda o envolvimento e as necessidades das populações periféricas em relação aos resíduos sólidos é de significativa importância, para que seja possível o estabelecimento de políticas públicas que tenham como alvo a melhoria das condições de acesso aos serviços e equipamentos por parte dessas populações.

Neste contexto, enquanto a educação ambiental é vista como uma das estratégias para a minimização dos resíduos sólidos, deve-se levar em consideração que ela deve ser dotada de valores que destaquem a participação dos indivíduos, a emancipação, a mobilização e o engajamento nas questões que se relacionam com esta problemática. Pereira e Maia (2012) afirmam que educação em saúde e educação ambiental (que, em muitos aspectos, se vinculam), devem conduzir os indivíduos à participação em processos de planejamento de estratégias, avaliação dos mecanismos de gestão, comprometimento em relação aos serviços que são prestados, culminando, assim, em benefícios associados às especificidades das populações e na sustentabilidade dos serviços voltados ao saneamento básico.

A discussão acerca da problemática dos resíduos sólidos em áreas cuja oferta de equipamentos e serviços não atende às demandas da população se faz urgente e necessária, dado o impacto que pode causar à vida humana e ao ambiente. Moisés *et al.* (2010) consideram que a participação social requer o compartilhamento de necessidades, aspirações e experiências entre pessoas, com o intuito de melhorar as condições de vida. Isso não se dá de forma desorganizada, mas implica organização, identificação de prioridades, divisão de tarefas, elegibilidade de metas, estratégias, planejamento de ações e consolidação de parcerias. Nesse sentido, o presente estudo aborda uma experiência do Jardim Keralux, comunidade em situação de vulnerabilidade, localizada na zona leste de São Paulo. Esse bairro apresenta conflitos que perpassam o modelo de coleta dos resíduos vigente no local, o qual atende apenas parcialmente às necessidades e anseios da população local.

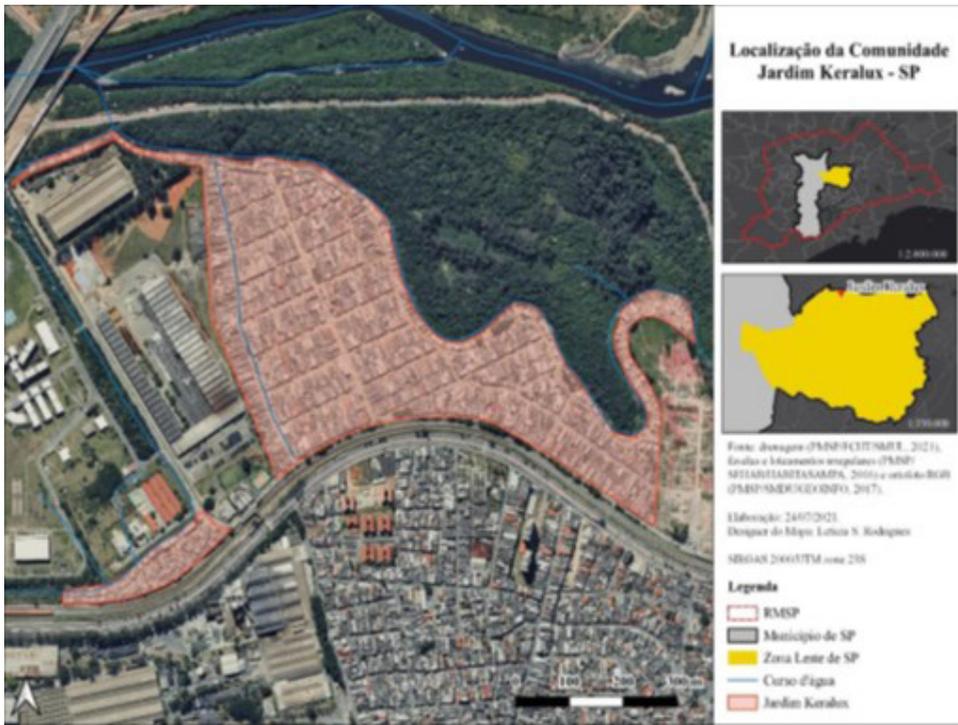
## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste estudo foi descrever a experiência de mobilização da comunidade do Jardim Keralux em relação ao gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos local.

## **3. METODOLOGIA**

Para este estudo, selecionou-se a comunidade do Jardim Keralux, localizada no distrito de Ermelino Matarazzo, na zona leste de São Paulo, região considerada a mais populosa do município de São Paulo (SP) (Figura 1).

**Figura 1** – Localização da comunidade Jardim Keralux (SP)



Fonte: elaborada por Leticia S. Rodrigues (2021).

A comunidade compreende uma área de 211 mil metros quadrados e inicia-se na rua Arlindo Bétio, s/n, à altura do número 7.300 da avenida Assis Ribeiro. Foi considerada, durante muito tempo, uma área imprópria para empreendimentos, uma vez que se localiza na várzea do rio Tietê (RAMIRES, 2008, p. 127). No local vivem cerca de 2.200 famílias – totalizando, aproximadamente, 8 mil pessoas. Nas áreas contíguas ao território, situam-se equipamentos importantes, como a estação de trem USP-Leste e a Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Este estudo é qualitativo e descritivo. Utilizou o mapa falado, uma ferramenta da cartografia social urbana (OLIVEIRA *et al.*, 2015), que se caracteriza como uma metodologia participativa, para realizar o mapeamento dos conflitos relacionados à coleta dos resíduos sólidos no Jardim Keralux, a partir da percepção dos moradores sobre os problemas do bairro. O objetivo do mapa falado extrapola a construção esquemática em si, e compreende a interpretação que os sujeitos dão ao seu cotidiano, permitindo o levantamento de problemas e estratégias de solução (VALLIN; GONÇALVES-DIAS, 2020). O mapa falado, que se caracteriza como

um desenho representativo do espaço ou território que está sendo discutido, é uma ferramenta que permite a identificação de elementos da realidade de forma ampla. Por ser uma representação imagética, facilita a correlação entre os aspectos naturais e os sociais. Seu objetivo vai além da construção esquemática em si, e compreende a interpretação que os sujeitos dão ao seu cotidiano, permitindo o levantamento de problemas e estratégias de solução (VALLIN; GONÇALVES-DIAS, 2020 p. 252).

Essa ferramenta permitiu que a comunidade local expressasse sua compreensão sobre o território onde vive, bem como os pontos positivos e negativos daquele lugar. Para a realização dos mapas falados, foi organizada uma oficina na EACH, em setembro de 2019, que buscou identificar os principais problemas relacionados com o descarte e com a coleta de resíduos no bairro de Jardim Keralux. Participaram 26 pessoas, dentre elas: representantes do bairro (moradores); trabalhadores do serviço de saúde e associações; professores, funcionários e estudantes da EACH que acompanhavam a situação no Keralux. Essa oficina foi estruturada em quatro momentos distintos. No primeiro, houve uma breve apresentação dos participantes (nome e relação com o bairro), para identificar quem estava participando da atividade. A seguir, dividiram-se os participantes em três grupos (com sete ou oito pessoas cada um), para que fossem elaborados os mapas falados (Figura 2).

**Figura 2** – Participantes da Oficina de Mapa Falado sobre resíduos no Jardim Keralux

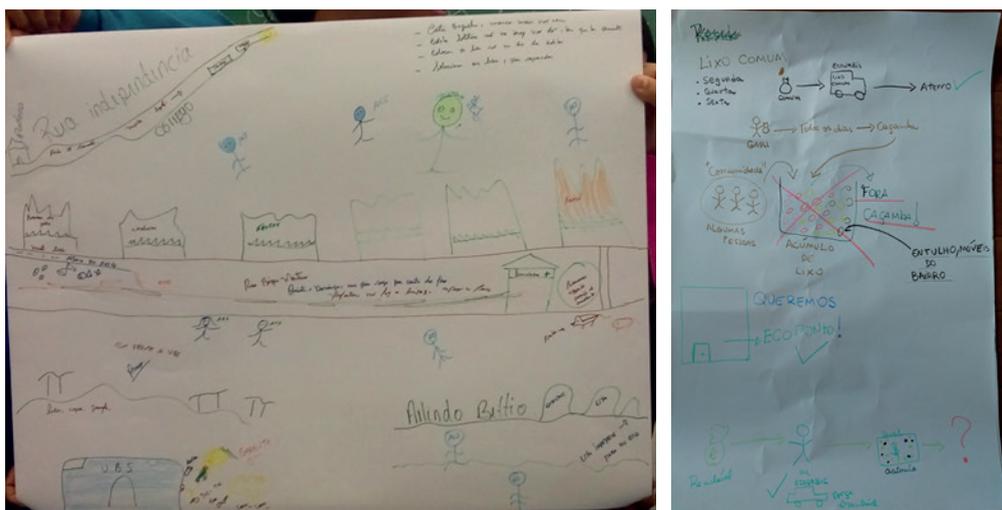


Fonte: acervo dos autores, 2019.

Para motivar a construção dos mapas, foram elencadas três perguntas norteadoras: (i) que lixo você produz em sua casa? Como você o organiza? (ii) Onde estão os locais de descarte de lixo em seu bairro? (iii) Como é feita a coleta de lixo no bairro? Quem faz a coleta?

No terceiro momento, após a elaboração dos mapas, cada grupo apresentou o mapa que produziu para todos os participantes da oficina, como forma de socializar os pontos sobre os quais refletiu a respeito do descarte e da coleta de resíduos no bairro. Por último, o quarto momento foi o da sistematização dos pontos levantados pelos mapas falados (Figura 3).

**Figura 3** – Exemplo de mapa falado ilustrando a situação de descarte e coleta de resíduos no bairro



Fonte: acervos dos autores, 2019.

Adicionalmente, cabe ressaltar que a comunidade possui um fórum de reuniões, que também conta com um grupo virtual situado, em uma plataforma de troca de mensagens instantâneas, com um total de 20 participantes. Nesta plataforma são discutidas questões pertinentes às demandas da comunidade, sobretudo no que diz respeito às questões socioambientais. Para complementar os dados desta pesquisa, as mensagens trocadas entre os atores no aplicativo de mensagens também foram analisadas, uma vez que por meio delas são compartilhadas percepções a respeito das necessidades, demandas e ações implementadas na comunidade.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram organizados em duas partes. A primeira faz um resgate do histórico do Jardim Keralux para contextualizar a problemática dos resíduos sólidos, enquanto a segunda descreve os atores, o problema e os principais conflitos que envolvem o descarte e a coleta de resíduos na comunidade.

## 4.1 Histórico do Jardim Keralux

O bairro do Jardim Keralux está localizado no distrito de Ermelino Matarazzo, zona leste da cidade de São Paulo, e originou-se de um loteamento ilegal de terrenos pertencentes à fábrica Keralux, do grupo Matarazzo. Os moradores não tinham conhecimento da ilegalidade dos lotes. Atualmente, vivem na comunidade cerca de 8 mil famílias. O bairro apresenta um histórico de contaminação do ar, do solo e dos lençóis freáticos, advindos de duas empresas que deixaram um grave passivo ambiental no bairro (FIOCRUZ, 2015). Atualmente, a população se mobiliza e luta pela regularização fundiária e em prol da melhoria das condições socioeconômicas, ambientais e urbanas do bairro. O histórico do bairro é permeado por diversos conflitos, que interferem na qualidade de vida da população local. Um desses conflitos diz respeito à gestão dos resíduos sólidos, que não atende totalmente às demandas e necessidades da população.

O Jardim Keralux foi loteado de forma irregular em 1995, momento em que diversas famílias adquiriram lotes com dimensões de 5 m × 25 m, em locais de difícil acesso e sem a oferta dos serviços básicos de água e energia elétrica. O crescimento do bairro se deu de forma desordenada, com o predomínio de autoconstruções e sem infraestrutura básica durante muito tempo. Em 1996, houve o pedido de reintegração de posse, fator que motivou a comunidade a se unir, escolher representantes e lutar pelo direito à moradia. Atualmente, a comunidade se encontra em processo de regularização fundiária (SATO; VANALLE; LUCATTO, 2016; INSTITUTO UNIÃO KERALUX, 2019).

O Jardim Keralux enfrenta problemas de mau acondicionamento dos resíduos sólidos gerados na comunidade, seja nas ruas ou em locais próximos aos córregos, em que há o predomínio de residências. Além disso, atualmente o bairro possui sistema de encanamento de água e energia elétrica, ainda que as residências construídas à beira do rio, apesar de disporem de água encanada, não possuam esgotamento sanitário, o que faz com que direcionem o esgoto para o rio. Caminhões compactadores realizam a coleta regular<sup>1</sup> de resíduos com uma frequência de três vezes na semana (segunda, quarta e sexta). Segundo os moradores e a empresa que faz o recolhimento de resíduos no local, os veículos de coleta têm acesso a todas as ruas, mas lhes é difícil acessar becos e vielas característicos daquele território. Na entrada da comunidade também se nota a presença de pontos viciados de descarte de resíduos, resíduos lançados em áreas impróprias e nos córregos que atravessam a comunidade.

---

<sup>1</sup> Conforme a definição na ABNT NBR 12980/1993.

Ademais, ao longo dos anos a comunidade conquistou alguns equipamentos, como o acesso à estação USP-Leste (Linha 12 – Safira da CPTM); a construção de creche e escolas, onde funcionam os ensinos infantil, fundamental e médio; a Escola de Artes, Ciências e Humanidades, da Universidade de São Paulo; a iluminação de todas as ruas do Jardim Keralux; pavimentação das principais ruas e passagem de linha de ônibus municipal no local.

A área possui um histórico de contaminação do solo por uma empresa que teria descartado e aterrado produtos químicos no passado. Em 1997, uma vistoria realizada na área constatou a presença de BHC (hexaclorociclohexano), período em que a CETESB comunicou à Secretaria de Habitação os riscos que a população que ali vivia corria, por conta da contaminação do solo. Ainda no mesmo ano, cerca de 7 meses decorridos da constatação da contaminação, foram retiradas, aproximadamente, 22 toneladas de resíduos e encaminhados para o aterro sanitário São João, em uma ação de descontaminação do solo que envolveu o estado e o município (RAMIRES, 2008).

#### **4.2 Os atores, os problemas, os conflitos e a mobilização em torno da gestão de resíduos no Jardim Keralux**

A discussão sobre a problemática envolvendo os resíduos sólidos no Jardim Keralux inclui diversos atores e possui alguns pontos centrais. Dentre os atores estão: a concessionária que realiza a coleta de resíduos; a empresa de varrição que atua no território; representantes das subprefeituras competentes de Ermelino Matarazzo e Penha (o bairro se localiza na divisa entre as duas subprefeituras); representantes da EACH-USP; representantes do Instituto União Keralux e população local. Além disso, analisaram-se relatos e ações encaminhados por um Fórum Ambiental, fundado em 2019, para discutir e deliberar propostas de soluções para os problemas socioambientais do bairro. O fórum possui um canal de comunicação, por meio de uma plataforma de mensagens instantâneas que, aliado às reuniões e ações presenciais, elabora e conduz propostas para a melhoria do Jardim Keralux. Os principais problemas e conflitos em torno da gestão dos resíduos no Jardim Keralux, relatados pelos participantes durante a oficina do Fórum Keralux, são mostrados no Quadro 1.

**Quadro 1** – Os problemas em torno da gestão dos resíduos no Jardim Keralux

<b>O Problema</b>	<b>Comentários</b>
Localização do contêiner metálico (caçamba) para descarte dos resíduos de toda comunidade	Início da rua que dá acesso às duas escolas públicas (Ensino Fundamental e Ensino Médio) da comunidade
Existência de catadores autônomos	Eles não possuem galpão ou área para armazenamento, por isso acumulam num canto da rua resíduos recicláveis coletados na comunidade
População descarta seus resíduos nos rios, nos linhões e nas esquinas	Muitas vezes, o caminhão ou gari que faz a coleta nas ruas e vielas não passa por todo o bairro. A própria população faz o descarte em pontos inadequados por não dispor de pontos de entrega voluntária (PEV) próximos à sua moradia.
Operação Catabagulho	Caminhão para coletar móveis e demais objetos de grande volume. A frequência é baixa. Há pouca divulgação sobre dias, horários e rota do caminhão. O serviço de coleta é deficiente.
Feira livre	A feira acontece todas as quintas-feiras e domingos, mas, como não está registrada na subprefeitura, não há serviço posterior de coleta. Os próprios feirantes coletam e acumulam o lixo num canto da rua.
Coleta seletiva	Moradores não sabem o dia, a frequência e a rota do caminhão. Moradores têm muitas dúvidas sobre a segregação do material reciclável.

Fonte: dados da pesquisa.

A sistematização destes problemas foi possível por meio da fala e das representações (mapas falados) elaboradas durante a oficina, que contou com a apresentação dos mapas por seus autores. Durante a apresentação de cada mapa falado, os mediadores da oficina anotavam as impressões dos participantes, além de tirarem dúvidas ou validarem os pontos comumente apontados em todos os mapas falados apresentados. Como resultado, os problemas foram sistematizados na lousa e validados pelos participantes.

Detectaram-se conflitos, ambiguidades e divergências entre as ações dos moradores, do órgão público e das concessionárias que realizam os serviços de coleta (resíduos comuns, recicláveis e de materiais volumosos – Operação Catabagulho) no local. Atualmente, a coleta regular dos resíduos é realizada pela concessionária, e a Operação Catabagulho é realizada mensalmente pela empresa de varrição. O serviço de coleta regular é realizado três vezes por semana. Já o

serviço de coleta seletiva ocorre apenas uma vez por semana, assim como na maioria da cidade de São Paulo. Os moradores, por sua vez, descartam os seus resíduos diariamente, incluindo aqueles dias em que o serviço de coleta não atende a comunidade. Esta prática é justificada sob a alegação de que o acondicionamento dos resíduos no interior das moradias pode atrair vetores de doenças, como ratos, moscas, mosquitos e baratas, e, conseqüentemente, afetar a saúde e a qualidade de vida dessa população. Além disso, questões contratuais influenciam um modelo de coleta de resíduos que ainda não se adaptou a todas as especificidades do bairro, como a existência de becos e vielas, além da presença do contêiner metálico, que será discutida, de forma mais detalhada, posteriormente. Assim, as concessionárias e o poder público, associados à impossibilidade de acesso dos caminhões de coleta a alguns locais do bairro, dificultam o serviço e não atendem totalmente a comunidade.

Destacaram-se dois pontos centrais que envolvem o conflito observado na comunidade: a) o contêiner metálico, localizado na via de acesso à entrada da comunidade; e b) trechos de córrego e corpos d'água presentes na comunidade.

Nos espaços de compartilhamento dessas demandas e de tentativa de resolução dos conflitos também são evidenciadas as divergências existentes entre a população, que vivencia, *in loco*, os problemas decorrentes de uma gestão de resíduos sólidos urbanos que desconsiderou as vozes e especificidades da comunidade, e o setor público, que em diversos momentos orientou as tomadas de decisões sob a égide do formato “de cima para baixo”, sem participação social e destituídas do processo de escuta dos moradores e moradoras do Jardim Keralux. Portanto, podem ser destacadas as seguintes divergências entre as perspectivas dos atores: a) o conflito de interesses; b) a demora para o atendimento às solicitações da comunidade; e c) a incerteza em relação ao atendimento das demandas evidenciadas pelos moradores.

Um exemplo disto é a própria retirada do contêiner metálico, ainda que, na percepção de grande parte da comunidade, o equipamento representasse um entrave e um meio de agravo à qualidade de vida da população. As reuniões em torno do tema eram extensas e marcadas por opiniões controversas entre os atores. De um lado, a prefeitura alegava a necessidade de existência de um outro local para a alocação dos resíduos na comunidade, de outro, situavam-se as pressões advindas da comunidade no sentido de acelerar este processo, inclusive com o levantamento de alternativas que impedissem a criação de outros pontos viciados na comunidade, o que representava uma preocupação para todos os atores envolvidos.

Também é importante destacar a presença de ambigüidades em relação à atuação do setor público. Apesar do setor público participar ativamente de algumas

reuniões organizadas pelo fórum ambiental, sob a alegação da necessidade de escutar a comunidade, os relatos de moradores e de outros atores presentes nas reuniões evidenciaram que, em muitas ocasiões, os representantes das subprefeituras e das concessionárias compareciam às reuniões com soluções prontas, não discutidas com a comunidade, agravando ainda mais os conflitos entre esses atores.

Em relação ao contêiner, esse estava alocado em local onde há intenso fluxo de pessoas – sobretudo de crianças – e próximo a um trecho de córrego. Tanto o contêiner como o córrego são alvos de descartes desenfreados de resíduos de quaisquer origens. Inclusive, no que concerne ao córrego, há edificações de moradias em diversos trechos dispostos na comunidade, com intenso descarte de resíduos.

Inicialmente, este contêiner metálico foi alocado na Vila Guaraciaba, bairro próximo ao Jardim Keralux, pela concessionária responsável pela coleta de resíduos e, há alguns anos, este mesmo contêiner foi realocado para o Jardim Keralux. Foi assim que o contêiner se tornou um ponto de constante insatisfação no bairro. A existência dele, as mobilizações para a sua retirada e, de uma forma mais ampla, a necessidade de se discutir e resolver as questões socioambientais do bairro motivaram a criação do Fórum Ambiental, que discute as questões socioambientais da comunidade. O contêiner se tornou um ponto de acúmulo diário de resíduos orgânicos, recicláveis e volumosos (Figura 4), causando a poluição da praça – construída no final do ano de 2019, por meio da canalização do trecho de córrego ali presente – e a atração de vetores.

**Figura 4** – Contêiner metálico alocado no Jardim Keralux



Fonte: acervo do Fórum Ambiental “Transforma Kera”.

Cabe ressaltar, ainda, que este equipamento está localizado ao lado de escolas de educação infantil, ensino fundamental e médio, o que representa um grave perigo no que concerne à contaminação de crianças e pessoas que transitam a todo

momento pelo local. O local também constitui a única via de acesso ao bairro, o que, segundo moradores e participantes do Fórum Ambiental, também causa um estigma para a imagem do bairro (Figura 5). Dessa maneira, a comunidade do Jardim Keralux decretou guerra à caçamba: fora, caçamba!

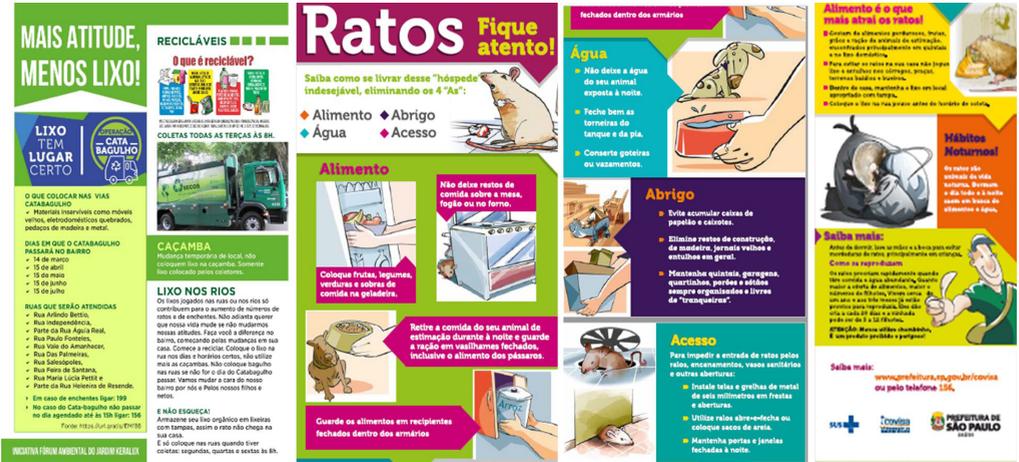
**Figura 5** – Descarte de resíduos volumosos próximo ao contêiner metálico, na área revitalizada do bairro.



Fonte: participantes do Fórum Ambiental “Transforma Kera”

Frente aos desafios do acúmulo de resíduos nos contêineres metálicos e em outros pontos do bairro, os moradores, o equipamento de saúde e as lideranças do bairro, junto com docentes, funcionários e estudantes da EACH, organizaram uma ação para informar a população dos perigos associados ao acúmulo e descarte inadequado de resíduos (Figura 6).

Figura 6 – Panfletos distribuídos na ação para informar os moradores do Keralux



Fonte: acervo da UBS Jardim Keralux.

A canalização do córrego não partiu de um consenso da população local, mas é fato que, à semelhança do contêiner metálico, também era alvo do descarte desenfreado de resíduos de diversas origens. A subprefeitura competente optou por sua canalização e a anunciou em uma das reuniões do fórum ambiental, provocando divergências e manifestações dos representantes da população do bairro.

Após a sua implantação, surgiram tanto elogios quanto outros conflitos: primeiro, é opinião de diversos moradores que a estética do bairro melhorou. A ação, aliada a um projeto de pinturas dos muros das escolas, foi avaliada de forma positiva por parte considerável da comunidade. Entretanto, no início de 2020, fortes chuvas acometeram o local e ocasionaram enchentes, que, para os moradores, até o momento eram inexistentes. Aparentemente, a causa das enchentes teria sido o entupimento dos bueiros, o que potencializou o conflito, tornando-se, mais uma vez, alvo de discussões no âmbito do fórum ambiental, com a presença de representantes das subprefeituras, que prometeram reavaliar a situação e buscar associações entre a construção da praça e as enchentes que começaram a ocorrer no bairro.

Assim, percebe-se que, de um lado, estão posicionados os moradores da comunidade, diretamente afetados pelos problemas decorrentes da má disposição dos resíduos e, ao mesmo tempo, imersos na lógica de descarte indevido, muitas vezes motivados pelas falhas relacionadas à infraestrutura da comunidade e da oferta de equipamentos e serviços. De outro, estão os representantes da administração pública local, que sinalizam o cumprimento de cláusulas contratuais

e o atendimento adequado dos serviços de coleta, considerando os parâmetros utilizados na cidade como um todo. Podem ser elencados como atores que mediam a relação entre população e poder público local: as lideranças comunitárias e os representantes da unidade básica de saúde existente do bairro, além de docentes, funcionários e pesquisadores da EACH. Estes atores, em muitos momentos, atuam na condição de escuta das vozes da comunidade, levando os encaminhamentos e solicitações para o poder público. Tais encaminhamentos e solicitações são pontuados em reuniões com a presença de representantes de todos os grupos citados e, sobretudo, do poder público.

É importante ressaltar que, no ano de 2021, foi veiculada a notícia de que o contêiner metálico foi movimentado para quadra próxima ao portão de acesso à Universidade de São Paulo, sem a identificação de quem o teria feito. Representantes do Fórum Ambiental e moradores alegaram que tal ação não foi realizada pelo poder público, o que traz a possibilidade de envolvimento dos moradores na retirada. Se esta alegação for verdadeira, é possível interpretá-la como um forte indicativo do poder popular e da força de mobilização da comunidade ao longo da história do Jardim Keralux: assim como ocorreu com o impedimento do pedido de reintegração de posse no período em que a comunidade se estabeleceu, a movimentação do contêiner teria resultado da própria mobilização desses atores.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência de mobilização do Jardim Keralux revela que a discussão sobre os resíduos sólidos em periferias e favelas configura apenas uma fração de um universo bem maior. Essa questão, além de perpassar as condições de moradia, muitas vezes sem o mínimo de dignidade, envolve questões relacionadas ao saneamento básico, que influencia diretamente a saúde das pessoas, sobretudo dos grupos populacionais que se encontram em condições de vulnerabilidade em diversos aspectos. No âmbito das propostas discutidas no fórum com os representantes das subprefeituras, concessionárias, docentes e discentes pesquisadores da Universidade de São Paulo, moradores e lideranças comunitárias, houve uma forte demanda pela retirada do contêiner. Surgem, então, perguntas: onde se deve realocá-lo? Retirar é a solução? Mudar o contêiner de local não equivaleria a apenas transferir o problema para outro local do bairro? Essas perguntas têm motivado os atores envolvidos a constantes pesquisas e proposições de soluções. É importante salientar que o descarte irregular e toda a problemática que envolve os resíduos no bairro não deve ser transferida apenas para os moradores. Na verdade, trata-se de

uma responsabilização compartilhada e de uma cadeia que, caso comprometida em algum ponto, agrava a situação.

Assim, de um lado estão os moradores da comunidade, localizada em uma área cujas condições podem não ser totalmente apropriadas à sua permanência caso não haja ações de redução dos impactos já sofridos, com graves problemas ambientais urbanísticos, agravados pela situação socioeconômica dos moradores e a injustiça ambiental, que atravessa todas as problemáticas. De outro lado estão o poder público e as empresas que prestam os serviços de coleta de resíduos, que precisam recriar estratégias que minimizem os impactos dos resíduos sólidos no local. Perpassando todas essas questões está a necessidade de promover a educação ambiental, que auxilia na percepção, identificação e mudanças de hábitos no que tange à gestão compartilhada dos resíduos sólidos no local.

Por fim, entende-se que a discussão a respeito da gestão dos resíduos sólidos não deve se restringir ao setor público, mas deve abarcar a sociedade como um todo. É importante mapear grupos e iniciativas que forneçam alternativas em seus territórios para minimizar os problemas causados pela má gestão e pela disposição dos resíduos, assim como as estratégias públicas para a resolução destes problemas e apoio a estas iniciativas. Conhecer as lacunas e o avanço das discussões que perpassam esta problemática é importante para que se conheça o “estado da arte” dessas ações e se proponham estratégias e modelos de mobilização e participação social no cenário da gestão integrada dos resíduos sólidos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.980: Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1993.

CARIJÓ, R. S. **Análise e proposta de uma gestão integrada de resíduos sólidos**: o estudo de caso da comunidade de Babilônia (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

FIOCRUZ. SP. **Dois empresas deixam grave passivo ambiental na região leste de São Paulo**. Mapa de conflitos envolvendo injustiça ambiental e saúde no Brasil. 2015. Disponível em: <<http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/?conflito=sp-duas-empresas-deixam-grave-passivo-ambiental-na-regiao-leste-da-cidade-de-sao-paulo>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

GONÇALVES-DIAS, S. L.F. O desafio da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. **GV Executivo**, v. 11, p. 16–20, 2012.

GOUVEIA, N. Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 49-61, 1999. DOI <https://doi.org/10.1590/S0104-12901999000100005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sausoc/a/gnt8LsnHRWYzhnT75vT7pjf/?lang=pt>. Acesso em: 3 ago. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010: Aglomerados subnormais**, Informações Territoriais. Rio de Janeiro: IBGE. 2010. Disponível em: <[https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/aglomerados\\_subnormais\\_informacoes\\_territoriais/default\\_informacoes\\_territoriais.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/aglomerados_subnormais_informacoes_territoriais/default_informacoes_territoriais.shtm)>. Acesso em: 5 jun. 2021

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros**. 2015. Disponível em: <[https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa\\_dou.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_dou.shtm)>. Acesso em: 10 out. 2020.

INSTITUTO UNIÃO KERALUX (website). **Quem somos**. 2019. Disponível em: <<http://inker-institutokeralux.blogspot.com/p/quem-somos.html>>. Acesso em: 10 jun. 2020.

MARICATO, E. **Para entender a crise urbana**. São Paulo: Expressão Popular, 2015.

MOISÉS, M. *et al.* A política federal de saneamento básico e as iniciativas de participação, mobilização, controle social, educação em saúde e ambiental e nos programas governamentais de saneamento. **Cienc. Saúde Coletiva**, v. 15, n. 5, p. 2581–2591, 2010.

OLIVEIRA, A. *et al.* (orgs.). **Cartografia social urbana: impactos do desenvolvimento e da violência institucional na vida das mulheres moradoras do Caju e de Manguinhos/Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Fase, 2015.

PASTERNAK, S.; D’OTTAVIANO, C. Favelas no Brasil e em São Paulo: avanços nas análises a partir da leitura territorial do censo de 2010. **Cad. Metrópole**, v. 18, n. 35, p. 75-99, 2016.

PASTERNAK, S. São Paulo e suas favelas. **Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em arquitetura e urbanismo da FAUUSP**, v. 19, p. 176-197, 2006.

PEREIRA, M. F. R. **A importância do saneamento ambiental e da gestão sustentável do lixo em regiões de favelas: o caso prático do Morro do Andaraí**. (Dissertação de mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

PEREIRA, A. L.; MAIA, K. M. P. A Contribuição da gestão de resíduos sólidos e educação ambiental na durabilidade de aterros sanitários. **Sinapse Múltipla**, p. 68–80, 2012.

QUEIROZ, R. A. de A.; GONÇALVES-DIAS, S. L. F. Gestão de Resíduos Sólidos em Favelas: de um problema à proposta para solução. In: **Anais do III Seminário URBFAVELAS**. São Bernardo do Campo, SP: Urbfavelas, 2014.

RAMIRES, J. Z. S. **Áreas contaminadas e riscos socioambientais em São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas do Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo, 2008.

SATO, I. D.; VANALLE, R. M.; LUCATO, W. C. Recuperação de receitas e reativação de clientes em núcleos de baixa renda: Estudo de caso em empresa de Saneamento Básico. **Espacios**, v. 37, n. 34, p. 15, 2016. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a16v37n34/16373415.html>>/. Acesso em 15 ago. 2020.

SCHUELER, A. S.; KZURE, H.; RACCA, G. B. Como estão os resíduos urbanos nas favelas cariocas? **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, n. 1, p. 213-230, jan./abr. 2018.

TRAJBER, R. *et al.* **Programa Nacional de Educação Ambiental – ProNEA**. 3. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

VALLIN, I. C.; GONÇALVES-DIAS, S. L. F. A devolutiva da pesquisa: compromisso com o pesquisado e a técnica da abordagem. In: GONÇALVES-DIAS, S. L. F.; SAKURAI, T.; ZIGLIO, L. A. I. **Catadores e Espaços de (in) visibilidades**. São Paulo: Blucher, 2020. Disponível em: <https://openaccess.blucher.com.br/article-details/13-22270>. Acesso em 19 out. 2021.



# A INSERÇÃO DAS FESTAS POPULARES BRASILEIRAS NA LOGÍSTICA REVERSA DE EMBALAGENS DESCARTÁVEIS DE BEBIDAS: UMA REDE EXTRAORDINÁRIA DE RECICLAGEM PÓS-CONSUMO E SUAS IMPLICAÇÕES SOCIOAMBIENTAIS

*Dumara Regina de Lima<sup>1</sup>, André Felipe Simões<sup>2</sup>,  
Sonia Seger Pereira Mercedes<sup>3</sup>, Ramatis Jacino<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes,  
Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato:  
dumaralima@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes,  
Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato:  
afsimoes@usp.br

<sup>3</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências e Técnicas Nucleares –  
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Contato:  
sonia@nuclear.ufmg.br

<sup>4</sup>Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas –  
Universidade Federal do ABC (CECS-UFABC) Contato:  
ramatis.j@ufabc.edu.br

**Resumo:** O presente trabalho analisa a geração e o gerenciamento de resíduos em emblemáticas festas populares brasileiras. Por meio de análise comparativa do Carnaval de rua do Rio de Janeiro-RJ e de São Paulo-SP e o Círio de Nossa Senhora de Nazaré de Belém-PA no período de 2016 a 2020, discute-se os conflitos de injustiça ambiental da reciclagem pós-consumo sob a égide da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que emerge no contexto do ciclo dos megaeventos mundiais sediados no Brasil. Vigente desde 2010, a PNRS marca a entrada formal de cooperativas de catadores no manejo de resíduos das festas, criando no ambiente festivo diferentes modalidades de catadores, dada a forte presença dos “catadores de latinha”, autônomos e informais. É neste quadro que se discute a PNRS e o estabelecimento dos princípios do poluidor-pagador e do protetor-recebedor aplicados aos resíduos gerados nas grandes festas, composto em grande parte por embalagens descartáveis de bebidas de diferentes plásticos e alumínio. Pôde-se depreender que as grandes festas, que contam cada vez mais com a participação direta do setor privado na sua organização, via política de patrocínio, se apresentam como canais privilegiados de distribuição de bebidas e de distribuição reversa de embalagens de bebidas, apontando no período analisado, um tipo de formalização da coleta seletiva dos plásticos, ainda em consolidação e operada pelas cooperativas, e de informalização da coleta seletiva do alumínio, já consolidada e operada pelos “catadores de latinha”. Nesses termos, no ambiente festivo, a logística reversa da lata de alumínio, apesar da sua consolidação e de seu elevado valor residual, oferece comparativamente as piores condições de trabalho para os catadores, que não contam com nenhum tipo de apoio e reconhecimento institucional. Reproduz assim situações de injustiça ambiental, indicando a necessidade premente de mecanismos articulados de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida da lata de alumínio e de integração social dos catadores autônomos e informais.

**Palavras-chave:** festas populares brasileiras, embalagens descartáveis de bebidas, catadores de materiais recicláveis, pagamento por serviço ambiental, externalidades socioambientais.

## BRAZILIAN POPULAR FESTIVALS IN REVERSE LOGISTICS OF DISPOSABLE BEVERAGE PACKAGING: AN EXTRAORDINARY NETWORK OF POST-CONSUMER RECYCLING AND ITS SOCIO-ENVIRONMENTAL IMPLICATIONS

**Abstract:** This paper analyzes the generation and management of waste in the network of emblematic Brazilian popular festivals. Through a comparative analysis of the street Carnival in Rio de Janeiro-RJ and São Paulo-SP and the

Círio de Nossa Senhora de Nazaré in Belém-PA from 2016 to 2020, the conflicts of environmental injustice of post-consumer recycling are discussed under the aegis of the National Solid Waste Policy (PNRS), which emerges in the context of mega-events hosted in Brazil. In force since 2010, the PNRS marks the formal entry of waste pickers' cooperatives in the management of party waste, creating different types of pickers in the festivals, given the strong presence of "can pickers" autonomous and informal. Within this framework, the PNRS is discussed, and the establishment of the polluter-pays and protector-receiver principles applied to waste generated at large parties, composed mainly of disposable beverage packaging made of different plastics and aluminum. It could be inferred that the large parties, which increasingly rely on the direct participation of the private sector in their organization, via sponsorship policy, present themselves as privileged channels for the distribution of beverages and the reverse distribution of beverage packaging, pointing out in the analyzed period, a type of formalization of the selective collection of plastics, still in consolidation and operated by the cooperatives, and of in formalization of the selective collection of aluminum, already consolidated and operated by the "can collectors." In these terms, in the festive environment, the reverse logistics of the aluminum can offer comparatively the worst working conditions for the collectors, who do not have any support and institutional recognition, despite its consolidation and its high residual value. It thus reproduces situations of environmental injustice, indicating the pressing need for articulated mechanisms of shared responsibility for the life cycle of the aluminum can and the social integration of autonomous and informal collectors.

**Keywords:** Brazilian popular parties, payment for environmental services, recyclable material collectors, disposable beverage packaging, social and environmental externalities.

## 1. INTRODUÇÃO

Ausentes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e cada vez mais presentes na paisagem festiva das festas populares brasileiras, os **resíduos de eventos** se apresentam como um desafio para as cidades, tanto para a melhoria do saneamento e promoção da saúde e da justiça ambiental nos espaços públicos de convivência como para a salvaguarda de suas referências culturais e do patrimônio cultural imaterial. Especialmente no contexto da festivalização, a mercantilização dos festivais e sua superexploração pelo turismo e pelo marketing urbano (GETZ, 2008), quando festas, festivais e festividades se transformam em instrumento de crescimento econômico no receituário do planejamento estratégico urbano

(CASTELLS; BORJA, 1996; VAINER, 2002). Tal modelo de planejamento e gestão urbana, que emerge nos países centrais entre as décadas de 1970 e 1980, no contexto da desindustrialização e avanço do setor terciário na economia, chega ao Brasil e à América Latina na década de 1990 por meio de consultores e organismos internacionais (VAINER, 2002). Seu paradigma é Barcelona, que alcança visibilidade global com os Jogos Olímpicos de 1992, criando um modelo de planejamento urbano exportado para o mundo todo (ARANTES, 2002).

Marcando a transposição do planejamento empresarial para a gestão das cidades com a emergência do neoliberalismo (VAINER, 2002), as cidades sob o planejamento estratégico urbano passam a ser concebidas como motores do crescimento econômico, fazendo da cultura e dos eventos um fator estratégico de integração, diferenciação e atratividade (CASTELLS; BORJA, 1996; ARANTES, 2002). Seja na formação de consensos em torno de grandes intervenções urbanas, seja na promoção da imagem do lugar na captação de visitantes, recursos e investimentos, a cultura se transforma no principal negócio das cidades no período da globalização (ARANTES, 2002).

No que Harvey (2020, p. 20) chamou de “consumismo experiencial baseado em eventos”, forma de consumismo instantâneo, baseada na redução do tempo de rotação do consumo e situada na vanguarda do consumismo capitalista contemporâneo, as festas populares, outrora consideradas como arcaicas (PEREZ, 2012), se inserem no período atual nos setores modernos e dinâmicos da economia. Como destaca Farias (2005, p. 656), com forte apelo mercantil e inseridas no campo do entretenimento-turismo, em “canais dos fluxos das redes midiáticas, pelos quais símbolos são insumos e mercadorias, a um só tempo”, as festas populares assumem formato de megaevento, envolvendo cada vez mais organizações públicas e privadas na sua realização.

Assim é que, como evento de grande porte, “evento que gera grande impacto econômico, ambiental e social, com alto grau de complexidade de organização, visibilidade e repercussão nacional ou internacional, com a participação de um número significativo de pessoas” (ABNT, 2016, p. 9), as festas populares se transformam também em grandes geradoras de resíduos nas cidades. Classificado como **lixo de evento** no âmbito da Lei do Município do Rio de Janeiro n. 3.273/2001, que dispõe sobre a gestão do sistema de limpeza urbana da cidade do Rio de Janeiro<sup>1</sup>,

---

<sup>1</sup> Na PNRS, não há enquadramento para os resíduos gerados em eventos, classificados como **resíduos sólidos urbanos (RSU)**, categoria em que se enquadram os **resíduos domiciliares**, gerados no ambiente doméstico, e os **resíduos de limpeza urbana**, originários da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas (BRASIL, 2010). Na legislação pertinente aos resíduos

epicentro das políticas de festivalização no país com o ciclo dos megaeventos mundiais<sup>2</sup>, pode ser definido como “o lixo oriundo de eventos realizados em áreas públicas, nomeadamente parques, praias, praças, sambódromo e demais espaços públicos” (RIO DE JANEIRO, 2001). Além da grande quantidade e volume, o lixo de evento envolve ainda a forte presença de catadores de materiais recicláveis em condições de trabalho precárias e insalubres, notadamente, os “catadores de latinha”, especializados na coleta das latas de alumínio descartadas, o alumínio UBC (*used beverage can*). Operando no “chão da festa” um sistema consolidado de logística reversa de pós-consumo de grande escala, esses catadores, junto da indústria, fazem do Brasil campeão mundial de reciclagem de lata de alumínio desde 2001 (ABAL, 2019), praticamente por duas décadas.

Desse modo, o presente trabalho analisa a geração e o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no circuito das grandes festas populares brasileiras no período de 2016 a 2020, pós-evento do ciclo dos megaeventos mundiais, no qual emerge a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), podendo ser considerada um de seus legados. Aprovada em 2010 no contexto de realização dos megaeventos mundiais, após 21 anos de tramitação no Congresso Nacional, a PNRS estabelece a responsabilidade dos geradores, até então exclusiva do poder público municipal, e o reconhecimento dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania (BRASIL, 2010). Assim, a partir de um estudo de caso cruzado<sup>3</sup> de três festas

---

das cidades de Belém, São Paulo e Rio de Janeiro, apenas esta última apresenta enquadramento específico.

<sup>2</sup> Consideramos como ciclo dos megaeventos mundiais o período iniciado com os Jogos Pan-Americanos de 2007 e concluído com os Jogos Olímpicos de 2016, ambos sediados no Rio de Janeiro. Embora concentrado nessa cidade, sede também do Fórum Mundial das Cidades das Nações Unidas em 2010, dos Jogos Mundiais Militares em 2011, da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável - Rio+20, em 2012, e da Jornada Mundial da Juventude em 2013, o ciclo dos megaeventos mundiais envolveu ainda a realização da Copa das Confederações e da Copa do Mundo da FIFA (Federação Internacional de Futebol), realizadas respectivamente em 2013 e 2014 no Rio de Janeiro e mais 11 cidades-sede de todas as regiões do país.

<sup>3</sup> Realizado a partir de observação participante e documentação fotográfica das festas, pesquisa documental e bibliográfica, além de entrevistas semiestruturadas com atores-chave nas três cidades. O Carnaval de rua de São Paulo é a festa de referência para o comparativo, observada em todo o período pesquisado (2016-2020). O período carnavalesco oficial, entre fevereiro e março, foi dividido em dois, com a observação da primeira metade em São Paulo (pré-carnaval e Carnaval) e da segunda metade no Rio de Janeiro (Carnaval e pós-carnaval) nos anos de 2017, 2019 e 2020. O Círio, realizado em outubro, foi observado em todo o período oficial da festa nos anos de 2016 e 2018.

populares de rua, festas de grande porte e longa duração<sup>4</sup>, de abrangência regional, nacional e internacional – o Círio de Nossa Senhora de Nazaré de Belém (PA) e o Carnaval de rua de São Paulo (SP) e do Rio de Janeiro (RJ) –, este trabalho discute os conflitos de injustiça ambiental relacionados à reciclagem pós-consumo de embalagens de bebidas no ambiente festivo, conflitos estes que emergem com a PNRS, e o estabelecimento dos princípios do poluidor-pagador e do protetor-recebedor aplicados aos resíduos sólidos.

## 2. A REDE DE FESTAS BRASILEIRAS NO CONTEXTO DOS MEGAEVENTOS MUNDIAIS

As festas populares brasileiras conversam entre si e influenciam-se mutuamente, podendo ser entendidas, conforme Vianna (2005), como uma rede de brincadeiras em constante transformação. De acordo com o autor:

tudo circula entre as festas na rede de festas: pedaços de melodias; versos; instrumentos musicais; detalhes de indumentária; falas de encenações teatrais. Danças de bumba-meu-boi migram para o reisado; melodias dos reisados são absorvidas pelas congadas; letras das congadas são reinterpretadas pelas marujadas, trechos de música pop-sertaneja entram para o repertório do siriri; e assim por diante, num processo que não tem fim, e que nenhum “preservacionista”, por mais bem intencionado que seja, vai conseguir ordenar ou (totalmente) estancar (VIANNA, 2005, p. 390).

Centro do calendário festivo nacional (VIANNA, 2005), o Carnaval, modelo *de* e modelo *para* as festas populares brasileiras (AMARAL, 1998), exerce forte influência sobre a rede de festas, apresentando crescimento expressivo até o surgimento da Covid-19, em março de 2020, com um novo formato de Carnaval de rua que emerge no Sudeste após o esvaziamento da festa com a construção dos sambódromos. Marcado pela normatização da festa no Rio de Janeiro em 2009 (MACHADO, 2017) e em São Paulo em 2014 (LIMA *et al.*, 2017), o renascimento do Carnaval de rua no eixo Rio-São Paulo passa a ser regulado por decreto municipal e estruturado por uma política de patrocínio. O modelo, também denominado “Carnaval de Rua Oficial do Rio de Janeiro” (MACHADO, 2017) e reproduzido em São Paulo, em que pesem as particularidades locais, pode ser observado ainda em diversas cidades brasileiras onde o Carnaval de rua passa a ser ativado por políticas de patrocínio de cervejarias, como Brasília, Belo Horizonte e as cidades do interior paulista (DYNIEWICZ, 2017). Dando origem a um novo formato de

---

<sup>4</sup> O período oficial das três festividades, período reconhecido no calendário dos municípios, é, em média, de 15 dias.

festa que também emerge no contexto do ciclo dos megaeventos mundiais, o renascimento do Carnaval de rua no Sudeste passa a disputar público e investimentos com o Carnaval de rua do Nordeste (DYNIEWICZ, 2017), indicando uma reconfiguração do Carnaval brasileiro de grande porte.

Além disso, o período se caracteriza ainda pelo tombamento e patrimonialização das festas populares, tratadas na legislação brasileira como bens culturais de natureza imaterial e registradas como celebrações. Com políticas de tombamento em todos os níveis – municipal, estadual e nacional –, destaca-se, em 2013, a inscrição do Círio de Nossa Senhora de Nazaré de Belém na **Lista Representativa do Patrimônio Cultural Imaterial da Humanidade da UNESCO** (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura). Realizado em Belém desde 1793, o Círio de Nossa Senhora de Nazaré, também chamada de “Mãe da Amazônia”, é celebrado em diversas cidades da região e também do país, sendo o Círio de Belém considerado uma das maiores concentrações religiosas do mundo.

Deste modo, o renascimento do Carnaval de rua no eixo Rio-São Paulo e o tombamento do Círio de Belém informam sobre os impactos do ciclo dos megaeventos mundiais na rede de festas populares brasileiras, especialmente, no circuito das grandes festas: festas de influência simbólica e econômica em escala regional e nacional, que formam um parque industrial da cultura, integrando as diferentes regiões do país pelos vetores do turismo e do entretenimento (FARIAS, 2005).

As festas analisadas são, ainda, representativas da clássica distinção entre festas sagradas e profanas (PEREZ, 2012) e do *locus* original das festas populares: a praça e a rua, o espaço público de uso comum. Tanto as procissões do Círio como os blocos carnavalescos do Rio e de São Paulo estruturam-se pelo modelo de festa processional, “presente nos primórdios das festas brasileiras cuja base de simbolização é o deslocamento” (AMARAL, 1998, p. 122), e caracterizam-se como manifestações móveis, em que o público se mescla com a apresentação (VARGAS; LISBOA, 2011).

## 3. A GERAÇÃO E O GERENCIAMENTO DO LIXO DE EVENTO NO CIRCUITO DAS GRANDES FESTAS

### 3.1 Da geração e da representação do comércio ambulante

Considerando os blocos, bandas e cordões carnavalescos, bem como as procissões e festejos profanos do Círio<sup>5</sup>, que circulam pelas ruas das cidades nos dias das festas, pode-se identificar três momentos distintos: o da concentração, em que se reúnem devotos ou foliões para a saída do cortejo; o do cortejo ou desfile, ápice da celebração, com o seu deslocamento; e a dispersão, ao final da manifestação. Embora possam variar bastante o tempo e o espaço de concentração, cortejo e dispersão, um fator comum às três festas é que a principal fonte de alimentos e bebidas é o comércio de rua ambulante, que se move junto com a multidão. Tal sistema permite que devotos e foliões possam abastecer-se dos mais variados alimentos e bebidas sem a necessidade de “sair da festa” e deslocar-se para o consumo.

No entanto, o principal resíduo gerado nas festas é o de embalagens descartáveis de bebidas (Figura 1). Comparativamente, os vendedores ambulantes de bebidas formam o maior contingente de trabalhadores, apresentando também maior facilidade de locomoção que os vendedores de alimentos, como os típicos vendedores de milho cozido, pipoca e churrasquinho da gastronomia festiva brasileira. As condições para o consumo e a demanda por bebidas nas festas também é maior, especialmente sob o calor do sol e da multidão. No caso do Círio, nas procissões e eventos religiosos, predomina fortemente o resíduo de embalagem de água. Já nos seus eventos profanos, como o Arrastão do Boi da Pavulagem, há maior diversidade de resíduos gerados, os quais se assemelham aos resíduos de embalagens de bebidas diversas gerados no Carnaval carioca e paulistano (Figura 1).

---

<sup>5</sup> Também chamado na literatura especializada de “Carnaval devoto”, pelos elementos sagrados e profanos que compõem a festividade (AMARAL, 1998; IPHAN, 2006), o Círio conta também com uma variada programação organizada pela sociedade civil, que vai além da religiosa.

**Figura 1** – Acima, monturo de varrição da Procissão do Círio (2018). Abaixo, do Carnaval de rua de São Paulo (2017)



Fonte: autores.

Os resíduos de embalagens de bebidas gerados nas festas são formados por dois tipos: a embalagem primária, do produto propriamente, e secundária, dos fardos de bebidas, além das embalagens de gelo, utilizado pelos vendedores ambulantes na refrigeração das bebidas. Presente no Brasil desde o período colonial, o comércio de rua ambulante remete à escravidão urbana, em que tanto o comércio ambulante como os serviços de limpeza urbana eram executados por pessoas escravizadas, na forma de escravo de ganho ou escravo de aluguel<sup>6</sup>. O comércio ambulante, que vendia alimentos, animais, utensílios e até brinquedos, como os limões de cheiro

---

<sup>6</sup> Como formas de escravidão urbana, o **escravo ao ganho** “era o ‘autônomo’, pois esse escravo deveria com seu trabalho prover o próprio sustento e ainda levar para o proprietário parte do rendimento da sua jornada [...]”. Enquanto isso, o **escravo de aluguel** tinha seus serviços oferecidos pelo proprietário, que estabelecia o tipo de trabalho e as condições de pagamento” (SILVA, 1988, p. 87-89).

utilizados no Entrudo<sup>7</sup>, foi registrado em diversas imagens, como na obra do pintor francês Jean-Baptiste Debret (1768-1848), e chega à atualidade assumindo diversas formas, podendo o vendedor ambulante trabalhar para si próprio, com sua própria mercadoria, ou apenas comercializá-la para terceiros.

Com presença marcante nas três festas, os vendedores ambulantes de bebidas podem ainda exercer a atividade eventualmente, como complemento de renda, ou se dedicar exclusivamente à atividade. Com um número crescente de mulheres, é frequentemente realizado individualmente ou em dupla, circulando em meio à multidão, com caixas de isopor carregadas de gelo e bebidas que podem ser levadas nas mãos, na cabeça ou nos ombros, ou pelos mais diferentes equipamentos adaptados, como carrinhos de bebê, de mão, de carga ou de supermercado. Destaca-se o uso generalizado de máquinas de cartão sem fio entre os vendedores ambulantes no Carnaval de rua do Rio e de São Paulo, não observado no período no Círio de Belém.

Metrópoles globais da rede urbana brasileira, “foco de irradiação das decisões tomadas em escala global para as demais cidades do sistema” (IPEA; IBGE; UNICAMP, 2001, p. 106), no Rio e em São Paulo o Carnaval de rua aponta não apenas a tendência da integração do comércio ambulante de bebidas ao sistema financeiro, com as bebidas já comercializadas em cartão de crédito e débito, e também por aplicativo, como o AME, lançado no Carnaval de rua do Rio em 2020. Aponta também uma nova organização do trabalho dos vendedores ambulantes, que permite o monopólio da comercialização da bebida no espaço público no período festivo. Por meio da política de patrocínio da festa, criada na cidade do Rio de Janeiro como forma de parceria público-privada nos moldes dos megaeventos mundiais (MACHADO, 2017), é criada a figura do vendedor ambulante credenciado, cadastrado e uniformizado, que comercializa bebidas com preço tabelado, criando um tipo de padronização da paisagem festiva que se reflete também no lixo do evento (Figura 2). Diferente do Carnaval de Salvador, com suas cordas e abadás, conforme Machado (2017), não cabe falar de privatização do espaço público no novo formato de Carnaval de rua oficial do Rio de Janeiro, mesmo que temporariamente. Para a autora, trata-se de uma apropriação privada de outro tipo, de uma normatividade ilegítima, de um “antidireito regulador” (em última instância, conjunto das práticas ilegais, injustas ou incorretas associáveis à regulação) no qual se insere o monopólio da cerveja e a violação da livre concorrência.

---

<sup>7</sup> Ao longo do período colonial, o Carnaval foi celebrado como brincadeira de Entrudo, forma antiga de Carnaval trazida pelos portugueses e praticada por todas as camadas sociais (COUTINHO, 2006).

Desde a primeira edição do Carnaval de rua oficial do Rio de Janeiro, em 2010 (MACHADO, 2017), e desde 2017 em São Paulo (LIMA; SIMÕES; MERCEDES, 2017), a AMBEV (sigla de Americas' Beverage Company – Companhia de Bebidas das Américas) patrocina esses eventos, imprimindo as cores de suas marcas de cerveja na paisagem festiva (Figura 2).

**Figura 2** – Uniformização dos vendedores ambulantes e a padronização da paisagem festiva (a) vendedoras ambulantes no Carnaval do Rio de Janeiro de 2017; (b) Panorâmica do Carnaval de rua do Rio de Janeiro; (c) vendedor ambulante no Carnaval de rua de São Paulo 2018; (d) monturo espontâneo de resíduos do Carnaval de rua de São Paulo



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: (a) autores; (b) Diniz, Conchester, 2020; (c) Lima *et al.*, 2021; (d) Lima *et al.*, 2021.

Observando as três festas, pode-se considerar dois modos distintos de geração dos resíduos e de organização do comércio ambulante. Um, o **racionalizado**, que informa sobre novas formas de organização do comércio ambulante de bebidas por meio de arranjos institucionais, políticas de patrocínio e novas tecnologias, expresso no Carnaval de rua do Sudeste. É marcado pelo cadastramento e uniformização dos vendedores ambulantes de bebidas, pelas condições de monopólio da venda de cerveja e pelo uso generalizado de máquina de cartão sem fio, que potencializa o consumo de bebidas e a geração de resíduos. O outro, o **ritualizado**, do Círio, que se destaca por dois aspectos distintos. Além dos vendedores ambulantes no abastecimento de bebidas da festa, o Círio de Belém envolve ainda a prática da

doação de água para romeiros e devotos como pagamento de promessa, com os chamados Promesseiros d'água. Com diferentes usos e significados na festa, a água é usada tanto para o consumo como para aplacar o calor, como a água lançada aos Puxadores da Corda na Procissão do Círio, maior procissão da festa. Já distribuída em potes de barro, mangueira e saquinhos de plástico, conforme entrevistas, atualmente a água é doada em pequenos copos de plástico, formando “rios de plástico” ao longo das sarjetas de Belém. Outro aspecto de ritualização são os vendedores ambulantes de brinquedos de miriti. Produzidos por ribeirinhos, a chegada dos brinquedos na cidade “já se transformou em mais uma atração a festa” (AMARAL, 1998, p. 241). Feitos de madeira leve e macia de palmeira nativa, o miritizeiro, são miniaturas de serpentes, passarinhos, casal de namorados, barcos, representando a natureza e a cultura da Amazônia, e também utilizados como ex-voto (IPHAN, 2006). Como parte da paisagem festiva do Círio, indicam a forte ligação do comércio ambulante com as festas populares, e neste caso, também com a produção artesanal da população ribeirinha da região metropolitana de Belém.

### 3.2 Do gerenciamento e os catadores formais e informais

O gerenciamento dos resíduos, conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final dos resíduos, conforme o Artigo 3 da PNRS (BRASIL, 2010), pode ser observado no ambiente festivo nas etapas de coleta e transporte. Operado pelo serviço público de limpeza urbana no modelo de gestão tradicional, no sistema de coleta e disposição final em aterros sanitários, é também operado por catadores de materiais recicláveis de acordo com os sistemas modernos de gerenciamento de resíduos, os modelos preventivos, apoiados na hierarquia dos resíduos e no uso de tecnologias, no qual se insere a reciclagem (FIGUEIREDO, 2012). Realizando a coleta seletiva na fonte geradora, no “chão da festa”, em que se destacam os catadores de latinha e a coleta das embalagens de alumínio, observados nas três festas, pode-se considerar a existência de dois sistemas complementares e antagônicos de limpeza urbana: o **formal tradicional**, do serviço público de limpeza urbana, e o **moderno informal** dos catadores de latinha, com a coleta seletiva na fonte geradora. No entanto, no período atual, no pós-evento do ciclo dos megaeventos e de emergência da PNRS, tal sistema informal passa por um processo de formalização.

A formalização se dá com a entrada, via contratação, de cooperativas de catadores na limpeza urbana e manejo de resíduos das festas, com o pagamento pelo serviço de coleta seletiva que vai além do resíduo coletado, como ocorre

“tradicionalmente” com os catadores de latinha – remunerados com a comercialização das latas de alumínio nas sucateiras, após a coleta e o transporte do material. O pagamento por serviço ambiental urbano (PSAU<sup>8</sup>), referente às atividades “que geram externalidades ambientais positivas, ou minimizem externalidades ambientais negativas sob o ponto de vista da gestão dos recursos naturais, da redução de riscos ou da potencialização de serviços ecossistêmicos” (IPEA, 2010, p. 10), é uma reivindicação histórica dos catadores. No ambiente festivo, com o predomínio dos resíduos descartáveis e recicláveis de embalagens de bebidas, a coleta seletiva, além de favorecer o serviço público de limpeza urbana, reduzindo o transporte e a disposição final dos resíduos em aterros, aumentando sua vida útil, viabiliza ainda a reinserção dos resíduos no ciclo produtivo, gerando benefícios ambientais e econômicos em cadeias produtivas de alto valor agregado, como a da lata de alumínio.

No caso do Círio, a entrada formal, com formas de PSAU, se dá no contexto do encerramento do Lixão do Aurá, em 2015, em conformação às metas para recuperação e eliminação dos lixões previstas no Artigo 15 da PNRS (BRASIL, 2010; BELÉM, 2015). Frisa-se que o citado artigo coteja a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis. A formalização se dá por meio da contratação direta pelo município de Belém de uma cooperativa, em que se incluem catadores egressos do Lixão do Aurá, para prestação de serviço regular de coleta seletiva no bairro de Nazaré, um dos principais circuitos da festa. O contrato se dá a partir de um “modelo misto de coleta seletiva”, que prevê a educação ambiental, a segregação na fonte e a execução dos serviços de coleta nas residências pela cooperativa (BELÉM, 2015). No entanto, o contrato é restrito apenas a uma cooperativa, que executa os serviços regularmente e também nos dias de festa<sup>9</sup>, havendo também no ambiente festivo a participação formal de outras cooperativas, apoiadas pela prefeitura. Estas também recebem treinamento, lanche e uniformes com equipamentos de proteção individual (EPI), porém, conforme entrevistas, a remuneração se dá apenas pela comercialização do resíduo coletado na festa.

---

<sup>8</sup> O PSAU é um potencial instrumento a ser aplicado no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (GRSU); porém, por ser um instrumento originado do pagamento por serviço ambiental (PSA), ainda não existe clareza em relação à sua aplicabilidade no contexto urbano e no GRSU (IPEA, 2010).

<sup>9</sup> Como informado em entrevista na cooperativa, os serviços de educação ambiental são realizados por meio de palestras em escolas, condomínios, empresas, e também no sistema porta a porta. No Círio de 2016 foi observada uma ação conjunta com o Projeto de Coleta Seletiva da Basílica de Nazaré, o EcoCírio, lançado naquele ano, com a destinação de recicláveis para a cooperativa.

No Círio, além da cooperativa contratada e das cooperativas apoiadas, há ainda a presença de grupos de catadores informais, sem nenhum vínculo institucional, assim como os catadores de latinha. No Círio de 2018, a partir de observações *in loco*, identificou-se no ambiente festivo um grupo de catadores egressos do Lixão do Aurá que, coletando materiais diversos, também com o predomínio dos plásticos, encontrava dificuldades para o transporte do material e para sua alimentação. Conforme dados obtidos na prefeitura de Belém, as cooperativas participam do Círio desde 2007, envolvendo atualmente um total de 6 cooperativas.

No caso do Carnaval de rua do Rio, a entrada formal de cooperativas se dá a partir de 2013 por exigência do Caderno de Encargos e Contrapartidas, edital que estabelece a política de patrocínio da festa, embora já contasse com ações conjuntas entre cooperativas e associações carnavalescas desde 2009, conforme entrevistas. No Carnaval de rua do Rio, o serviço de coleta seletiva das cooperativas é contratado para o evento e intermediado por uma empresa de gestão ambiental, que garante o treinamento, uniformes, infraestrutura para o armazenamento, como tendas, e realiza o pagamento, organizado por diária independente do resíduo coletado. Como observado, frequentemente, os caminhões para o transporte são das próprias cooperativas, que também comercializam o resíduo coletado na festa. O principal material coletado pelas cooperativas, tanto no Círio como no Carnaval carioca, são os plásticos (Figura 3) que, na sua grande diversidade, são triados e enfardados para comercialização apenas no espaço físico das cooperativas. No caso do Carnaval de rua de São Paulo, a entrada de cooperativas é ainda incipiente, observada na paisagem festiva apenas em 2020, nos moldes do modelo carioca, havendo até 2019 apenas a presença maciça dos catadores de latinha (Figura 3), assim como verificado no Carnaval do Rio e no Círio de Belém.

**Figura 3** – Catadores de latinha. (a) Carnaval de São Paulo, 2017; (b) Carnaval do Rio de Janeiro 2018; (c) Círio de Belém 2018



(a)



(b)



(c)

Fonte: (a) Lima, Simões, Mercedes, 2017; (b) autores; (c) autores.

Maior contingente de catadores no ambiente festivo, os catadores de latinha (Figura 3), assim como os vendedores ambulantes de bebidas, também circulam e se deslocam em meio à multidão. Frequentemente de forma individual, realizam um tipo de coleta imediata ao descarte em todo o tempo-espaço festivo, reduzindo significativamente a presença das latas de alumínio no lixo de varrição da festa (Figura 1). No caso dos blocos carnavalescos e procissões, enquanto os catadores de latinha acompanham o cortejo da concentração à dispersão, em meio à multidão, as cooperativas atuam em grupo (Figura 3) e junto do serviço público de limpeza urbana, atrás dos cortejos, após a passagem da multidão. Tal sistemática indica um tipo de especialização da coleta seletiva do alumínio pelos catadores de latinha e dos plásticos pelas cooperativas (Figura 3), que também coletam as latas de alumínio, mas em menor quantidade. Tanto no Círio como no Carnaval de rua carioca, isso se dá apenas nos eventos centrais das festas, de maior aglomeração, com a cobertura parcial das festas. No caso do Rio, por exemplo,

conforme o Caderno de Encargos e Contrapartidas do Carnaval de rua 2018 (RIO DE JANEIRO, 2017), com previsão de 600 desfiles de blocos carnavalescos e o credenciamento de 10 mil vendedores ambulantes de bebidas, os serviços de coleta seletiva formal, com a participação de cooperativas, estavam previstos na cobertura de apenas 40 desfiles de blocos de maior público, os megablocos; de 15 pontos fixos de venda de bebidas, como adegas e supermercados; e de 30 pontos de abastecimento móvel, refere aos caminhões de distribuição e comercialização de bebidas próximos aos locais dos desfiles (RIO DE JANEIRO, 2017).

## 4. CONCLUSÃO

Envolvendo o trabalho informal e combinado de **vendedores ambulantes de bebidas** e de **catadores de latinha** na geração e no gerenciamento desses resíduos, a presença maciça destes trabalhadores, que podem exercer a dupla função de vender a bebida e coletar as “latinhas”, dada a diversidade das situações de informalidade, transforma as grandes festas em **canais privilegiados de distribuição de bebidas e de distribuição reversa de embalagens de bebidas**. Diferentemente dos vendedores ambulantes dos brinquedos de miriti, ligados à produção artesanal da região metropolitana de Belém, os vendedores e catadores de latinha estão ligados a corporações globais e a um sistema de produção e reciclagem organizado em escala nacional.

Marcado pela festivalização, com o incremento de festas, festivais e festividades como política de desenvolvimento urbano e uma reconfiguração do próprio Carnaval brasileiro segundo um novo formato de festa, o período analisado é também marcado pela emergência da PNRS e a consequente entrada formal de cooperativas de catadores no manejo do resíduo festivo, que apresenta diferentes níveis de formalização. Tal entrada se dá, entretanto, com um tipo de especialização da coleta por material, em que se destacam o alumínio e os plásticos, envolvendo processos distintos de coleta, manejo, transporte e comercialização, além da significativa diferença de preço do material. Com um tipo de **formalização da coleta seletiva dos plásticos** e de **informalização da coleta seletiva do alumínio**, a entrada das cooperativas acaba por reforçar a própria invisibilidade dos catadores de latinha, maior contingente de catadores nas três festas analisadas, com cobertura integral do ambiente festivo.

Cabe destacar que, face à quantidade e volume do lixo de evento gerado no ambiente festivo, mesmo a ação combinada do serviço público de limpeza urbana e dos catadores não se mostra suficiente para garantir seu manejo adequado. A ausência de lixeiras capazes de suportar a quantidade e o volume excepcional do

lixo de evento gerado induz ao descarte inadequado dos resíduos pela população, com o acondicionamento dos resíduos por todo o ambiente festivo, no chão e no mobiliário urbano, concentrando-se nas sarjetas. O lixo de evento das grandes festas coloca, assim, a necessidade premente de mecanismos articulados de responsabilidade compartilhada e de integração social de catadores, cuja ausência ou insuficiência transforma o ambiente festivo em *locus* de injustiça ambiental, em zona de sacrifício pelo poder econômico, transferindo para os mais pobres o custo da poluição. Afinal, de quem é a responsabilidade pelo lixo de evento gerado no ambiente festivo? É dos catadores?

Considerando a PNRS e os princípios do poluidor-pagador e do protetor-recebedor, a responsabilidade pelo impacto ambiental gerado pela produção e consumo deve ser suportado pelos agentes beneficiados pela atividade produtiva, de modo que os poluidores paguem pelos danos causados pelo produto e que os protetores recebam pela mitigação e reparação dos seus danos. Trata-se da responsabilidade compartilhada, individualizada e encadeada, pelo ciclo de vida do produto, que deve envolver fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana, conforme o marco regulatório nacional. Tanto no sistema de geração ritualizado como no racionalizado, essa responsabilidade envolve os fabricantes e distribuidores de bebidas, mas também dos plásticos e de alumínio. Aos catadores, cabe receber pelo serviço prestado, realizado pela força da necessidade, e em condições de superar o trabalho precário e insalubre.

## REFERÊNCIAS

- ABAL. Associação Brasileira do Alumínio. **Anuário estatístico 2018**. São Paulo: ABAL, [2019].
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16004**. Eventos – Classificação e terminologia. Rio de Janeiro, 2016. 10 p.
- ACSELRAD, H. Justiça ambiental e construção social do risco. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 5, p. 49-60, 2002.
- AMARAL, R. **Festa à brasileira**: os significados do festejar no país que “não é sério”. Tese (Doutorado em Antropologia). São Paulo: USP/FFLCH, 1998.
- ARANTES, O. Uma estratégia fatal: a cultura nas novas gestões urbanas. In: ARANTES, O.; VAINER, C.; MARICATO, E. **A cidade do pensamento único**. Desmanchando consensos. Petrópolis: Vozes, 2002. p. 11-74.

BELÉM. Secretaria Municipal de Saneamento. **Projeto Executivo 2015**. Disponível em: <<http://ww3.belem.pa.gov.br/www/wpcontent/uploads/TERMO-DE-REFEFR%C3%8ANCIA-BAIRRO-NAZAR%C3%89-COLETA-SELETIVA-nova-vers%C3%A3o.pdf>> Acesso em: 2 jul. 2017.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

CASTELLS, M; BORJA, J. As cidades como atores políticos. **Novos Estudos CEBRAP**, p. 152-166, 1996.

COUTINHO, E. G. **Os cronistas de Momo: Imprensa e Carnaval na Primeira República**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2006.

DINIZ, T. **Foto**. In: CONCHESTER, S. Carnaval RJ 2020: programação dos melhores blocos de rua do Rio, 2020. Disponível em: < <https://www.topensandoemviajar.com/carnaval-rj-2020>>. Acesso em 31 jan. 2022.

DYNIWICZ, L. Marcas trocam o camarote pelas ruas. **O Estado de São Paulo**, 2017. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/negocios,marcas-trocam-os-camarotes-pelas-ruas,70001654278>>. Acesso em: 3 ago. 2017.

FARIAS, E. Economia e cultura no circuito das festas populares brasileiras. **Sociedade e Estado**, v. 20, n. 3, p. 647-688, 2005.

FIGUEIREDO, F. F. Semelhanças na gestão dos resíduos sólidos urbanos em países centrais e periféricos. **Revista Bibliográfica de Geografia y Ciencias Sociales**, v. 17, p. 1-13, 2012.

GETZ, D. The Nature and Scope of Festival Studies. **International Journal of Event Management Research**, v. 5, n. 1, p. 1–47, 2008.

HARVEY, D. Política anticapitalista em tempos de Covid-19. In: DAVIS, M. *et al.* **Coronavírus e a luta de classes**. Brasil: Terra sem Amos, 2020.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; UNICAMP. Universidade Estadual de Campinas. **Configuração atual e tendências da rede urbana**. Brasília: Ipea, 2001. 390 p. (Caracterização e tendências da rede urbana no Brasil, vol. 1).

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Pesquisa sobre pagamento por serviço ambiental urbano para gestão de resíduos sólidos**. Brasília, 2010.

IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Dossiê Iphan: Círio de Nazaré**. Rio de Janeiro, 2006.

LIMA, D. R.; SIMÕES, A. F.; MERCEDES, S. S. Eventos públicos, ganhos privados: limpeza urbana e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) no renascimento do Carnaval de rua paulistano. **Ambiente e Desenvolvimento**, v. 42, p. 242-270, 2017.

LIMA, D. R.; SIMÕES, A. F.; MERCEDES, S. S.; JACINO, R. A. A (in) sustentabilidade dos megaeventos: regulação, autorregulação e injustiça ambiental da reciclagem de resíduos nas grandes festas brasileiras. *Revista Geográfica de América Central*, n. 66, p. 439-477, 2021.

MACHADO, F. A. S. **Ei, você aí, me dá um dinheiro aí?** Conflitos, disputas e resistências na cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Lumens Juris, 2017.

PEREZ, L. F. Festa para além da festa. In: PEREZ, L. F.; AMARAL, L.; MESQUITA, W. F. (orgs.). **Festa como perspectiva e em perspectiva**. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

RIO DE JANEIRO. **“Carnaval do Rio 2018”**: Caderno de Encargos e Contrapartidas. 2017. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/91366/4244573/CadernodeEncargos3.FaseRevisaoFinal05.111.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2021.

SILVA, M. R. N. **Negro na rua, a nova face da escravidão**. São Paulo: Hucitec, 1988.

VAINER, C. Pátria, empresa e mercadoria – Notas sobre a estratégia discursiva do Planejamento Estratégico Urbano. In: ARANTES, O.; VAINER, C.; MARICATO, E. **A cidade do pensamento único**. Desmanchando consensos. Petrópolis: Vozes: 2002. p. 11-74.

VARGAS, H. C. Turismo e valorização do lugar. **Turismo em Análise**, v. 9, p. 7-19, 1998.

VARGAS, H. C.; LISBOA, V.S. Dinâmicas espaciais dos grandes eventos no cotidiano da cidade: significados e impactos urbanos. **Revista Cadernos Metrópole**, v. 13, n. 25, p. 145-16, 2011.

VIANNA, H. Tradição da Mudança: A Rede das Festas Populares Brasileiras. **Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional**, n. 32, p. 302-215, 2005.



# PANORAMA DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE DIADEMA (SP)

*Letícia Moreira Viesba<sup>1</sup>, Giovano Candiani<sup>2</sup>,  
Ana Luisa Vietti Bitencourt<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Graduada em Ciências Ambientais e Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Análise Ambiental Integrada – Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), Campus Diadema. Contato: leticia.viesba@gmail.com

<sup>2</sup>Graduado em Ecologia pela Unesp, Campus Rio Claro e Dr. em Energia pela UFABC, Campus Santo André. Docente no Programa de Pós-Graduação em Análise Ambiental Integrada - Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), Campus Diadema e Contato: gcandiani@unifesp.br

<sup>3</sup>Graduada em Geologia pela Unisinos e Doutora em Geografia Física pela Université de Caen Normandie – França. Docente no Programa de Pós-Graduação em Análise Ambiental Integrada - Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), Campus Diadema. Contato: ana.bitencourt@unifesp.br

**Resumo:** O objetivo deste capítulo é apresentar um panorama da gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de Diadema-SP, na região do ABC, tomando-se em consideração suas políticas públicas e os procedimentos de manejo já existentes, bem como as perspectivas. Foram utilizadas informações obtidas por meio de pesquisas desenvolvidas pelos IBGE, SNIS e ABRELPE, além de dados coletados junto ao departamento de limpeza urbana da prefeitura do município de Diadema. Atualmente, o município de Diadema coleta, aproximadamente, 308 toneladas de resíduos por dia, ora destinados a um aterro sanitário na região do ABC. O grande desafio da gestão dos resíduos no município é ampliar o índice de

reciclagem, que hoje representa cerca de 1,4% do total desses resíduos. Destaca-se, ainda, a presença de 348 pontos de descarte irregular de resíduos no município, fato que tem demandado da prefeitura de Diadema a criação de programas e políticas públicas focalizados na recuperação e na revitalização destes mesmos pontos. Em si, a gestão de resíduos nas cidades requer cada vez mais recursos financeiros e infraestruturas complexas. No caso do município de Diadema, além das ações que já se encontram em andamento, são necessários a adoção de programas de incentivo à valorização dos resíduos orgânicos, maiores investimentos nas cooperativas de coleta seletiva e reciclagem, o aperfeiçoamento de um programa de educação ambiental e a implementação do projeto de recuperação ambiental do Lixão do Alvarenga.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos. Limpeza urbana. Gestão pública. Diadema.

## PANORAMA OF URBAN SOLID WASTE MANAGEMENT IN THE MUNICIPALITY OF DIADEMA-SP

**Abstract:** The objective of this chapter is to present a panorama of the management of urban solid waste in the municipality of Diadema-SP, located in the ABC region, considering its existent public policies, management procedures, as well as both current and future perspectives. Information obtained from surveys carried out by IBGE, SNIS and ABRELPE, as well as from the urban cleaning service department of Diadema's database have been used herein. The municipality of Diadema currently collects on average around 308 tons of waste per day, which are sent to a landfill in the ABC region. The great challenge of waste management in the city of Diadema is to expand the recycling rate, which nowadays represents around 1.4% of its total waste. The presence of 348 irregular waste disposal points throughout the municipality also stands out, a fact that has required the Diadema city hall to create programs and public policies for the recovery and revitalization of these locations. Waste management in cities increasingly demands financial resources and complex infrastructure. In the case of the municipality of Diadema, apart from actions that have already been taken, it will be necessary to adopt incentive programs for the recovery of organic waste, to do greater investments in selective collection and recycling cooperatives as well as to improve the environmental education program, in addition to the implementation of the Alvarenga dump site environmental recovery project.

**Keywords:** Solid waste. Urban cleaning. Public administration. Diadema.

## 1. INTRODUÇÃO

A questão da produção de resíduos sólidos (RS) e de sua gestão tem desafiado os serviços de limpeza urbana, e os problemas revelam-se cada vez mais graves e difíceis de serem solucionados. A superprodução e a má gestão dos resíduos sólidos desafiam os serviços de limpeza pública a buscar novas tecnologias e sistemas de tratamento (TONETO JÚNIOR; SAIANI; DOURADO, 2014; SILVEIRA; BERTÉ; PELANDA, 2018; OLIVEIRA, 2020).

A história da espécie humana é ligada aos resíduos sólidos. As mais variadas ações humanas e atividades produtivas geram toneladas de resíduos, que impactam negativamente o meio ambiente e a saúde pública, tornando-se um problema cada vez mais complexo desde a Revolução Industrial (EIGENHEER, 2009; SCHNEIDER; PIRES, 2015; SCHNEIDER; STEDILE, 2015; SILVEIRA; BERTÉ; PELANDA, 2018; ASSIS, 2020).

Os novos padrões culturais, econômicos e sociais impostos pela atual sociedade industrial impactam diretamente o volume de resíduos produzidos (BOSCOV, 2008; FRATTA; TONELI; ANTONIO, 2019; ASSIS, 2020; CERQUETI; CINELLI; MINERVINI, 2021). A questão da geração de resíduos sólidos, suas causas e consequências, vem ganhando mais espaço nas discussões políticas, sociais, econômicas e ambientais no Brasil, a partir da sanção da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010). Entretanto, existem várias dificuldades de gestão dos resíduos sólidos, com destaque para a falta de procedimentos compatíveis e equipamentos adequados, instalações mal dimensionadas e conservadas, e recursos financeiros limitados (BARROS, 2012, 2013; QUEIROZ; NASCIMENTO; ARAÚJO, 2020; ALZAMORA; BARROS, 2020).

O município de Diadema, assim como tantos outros municípios brasileiros, enfrenta desafios substanciais – de ordem jurídica, administrativa, tecnológica, financeira e social – para a gestão de resíduos sólidos. O presente capítulo apresenta parte dos resultados da dissertação de mestrado da primeira autora, desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Análise Ambiental Integrada da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) – campus Diadema. Assim, o panorama apresentado tem o intuito de contribuir para o aprimoramento da gestão pública local, manifestando o papel de destaque da Unifesp nas questões socioambientais do município de Diadema.

Neste sentido, este capítulo apresenta um panorama da gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de Diadema (SP), considerando-se as políticas públicas, os procedimentos de manejo dos resíduos atuais e as perspectivas futuras.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Um dos problemas ambientais decorrentes da má gestão dos resíduos sólidos urbanos é a proliferação dos lixões – por gestão, entendem-se ações estratégicas e políticas (BARROS, 2012). São necessárias, portanto, soluções de gestão integrada de resíduos que possam contemplar ações e métodos planejados e adequados às características dos resíduos e das fontes geradoras nas comunidades locais (BARROS, 2012). A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei Federal n. 12.305, de 2010) dispõe sobre princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes relativas à gestão integrada de resíduos sólidos. No inciso XI do art. 30, a lei define gestão integrada de resíduos sólidos como uma junção de todas as ações que visam à busca por soluções quanto aos resíduos sólidos, englobando as dimensões políticas, ambientais, econômica, cultural e social, sob os pilares do desenvolvimento sustentável.

No âmbito da lei, são considerados resíduos sólidos todo “material, substância, objeto ou bem descartado resultante das atividades humanas em sociedade” (BRASIL, 2010; BARROS, 2012, 2013). A PNRS determina (a responsabilidade da gestão compartilhada) pela gestão integrada dos resíduos sólidos gerados entre sociedade, empresas, cidadãos e governos, bem como prevê a obrigatoriedade de destinação final ambientalmente adequada de rejeitos, incluindo sua reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético (JACOBI; BESEN, 2006; BRASIL, 2010; BARROS, 2012, 2013).

### 2.1 Os planos de resíduos sólidos e a gestão integrada

A PNRS promove a obrigatoriedade da elaboração de um plano de resíduos sólidos pelos governos estaduais e municipais, além das empresas em geral. Estes planos devem conter ações de manejo dos resíduos projetadas para 20 anos de vigência, porém com atualizações a cada quatro anos. Seus conteúdos mínimos preveem: descrição dos principais tipos de resíduos gerados, contexto geral e cenários futuros quanto à geração desses resíduos, metas de redução da disposição final de resíduos, bem como metas de ampliação de coleta seletiva, reciclagem e reaproveitamento dos resíduos gerados, meios para o aproveitamento do biogás dos aterros sanitários e geração de energia elétrica, ações para desativação e recuperação de lixões e previsões de incentivo no estabelecimento de consórcios intermunicipais para gestão e gerenciamento compartilhado dos resíduos (JACOBI; BESEN, 2011; NASCIMENTO NETO, 2013).

## 2.2 Panorama geral da gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil

O grande desafio brasileiro é a erradicação dos lixões (vazadouros a céu aberto de resíduos), prevista pela PNRS para ter ocorrido até o ano de 2014 (ABRELPE, 2020). O cenário da gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil é destaque em vários inventários. A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), é responsável pela produção dos relatórios. Entretanto, seus dados encontram-se desatualizados, tendo sua última versão sido publicada em 2010, a partir de informações da pesquisa realizada no ano de 2008 (IBGE, 2010) e de dados da época, que apontavam que 49,8% dos municípios destinavam seus resíduos aos lixões e 22,5% a aterros controlados. Assim, um universo de 72,3% de municípios brasileiros destinava seus resíduos de maneira inadequada.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no âmbito da Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional, divulga anualmente o diagnóstico de manejo dos resíduos sólidos no Brasil. Em sua última publicação – ano 2020, referente ao inventário de 2019, na qual foram amostrados 3.712 municípios (66,6% do total do país) –, destaca-se que 92,1% da população total amostrada conta com serviço domiciliar regular de coleta de resíduo.

Estima-se que, naquele ano, foram gerados 65 milhões de toneladas, representando uma geração *per capita* de 0,99 kg/habitante/dia. Desse total, 75% foram dispostos em aterros sanitários – enquanto 25% foram destinados a lixões (SNIS, 2020).

Em paralelo, a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) apresentou o panorama dos resíduos sólidos no Brasil no ano de 2020 referente à pesquisa de 2019, mostrando uma geração de 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos no Brasil, perfazendo uma produção *per capita* de 1 kg/habitante/dia. Este mesmo levantamento aponta que 59,5% dos resíduos gerados são dispostos adequadamente em aterros sanitários, enquanto 40,5% são destinados de forma inadequada (ABRELPE, 2020). A destinação adequada dos resíduos no Brasil é ainda um desafio. Nem com a sanção da PNRS isto foi possível, tanto que, recentemente, uma nova regulamentação foi estabelecida, a Lei Federal n. 14.026, de 2020, o novo marco legal do saneamento básico, que reforça a necessidade da erradicação dos lixões no nosso país.

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1 O município de Diadema (SP)**

O município de Diadema está localizado na Região Metropolitana da cidade de São Paulo (RMSP), sendo um dos sete municípios da região do ABC Paulista. Apesar de possuir 30 km<sup>2</sup> de extensão territorial, o município é considerado a segunda maior densidade populacional do país, com 12.536,99 hab/km<sup>2</sup>, de acordo com o último censo do IBGE, de 2010. Isto se dá por conta de seu relevo fortemente acidentado em declive, o que obriga sua população de cerca de 423.884 habitantes a concentrar-se em apenas 11 grandes bairros. A criação da Represa Billings, em 1925, e a inauguração da Via Anchieta, em 1947, proporcionaram importantes instalações de abastecimento e de acesso para o desenvolvimento da região, motivando a implantação de pequenas e médias empresas (VIESBA; CANDIANI; BITENCOURT, 2021). Ainda assim, até 1958, ano de sua emancipação, o município pertencia oficialmente a São Bernardo do Campo. Historicamente, Diadema apresenta crescimento populacional acelerado, principalmente nas décadas de 1970 e 1980, quando a instalação das indústrias automobilísticas naquela localidade urbana, com espaço disponível à ocupação e menor custo de vida, mostrou-se um cenário atraente a trabalhadores menos favorecidos. É nesse período que se originam núcleos habitacionais de forte presença no município (VIESBA; CANDIANI; BITENCOURT, 2021).

### **3.2 Procedimentos metodológicos**

O trabalho foi realizado por meio de levantamentos bibliográficos e análises documentais, englobando livros, periódicos, dissertações, teses e, ainda, publicações eletrônicas com dados a respeito da gestão dos resíduos sólidos. A análise documental foi produzida com base em normas e legislações pertinentes à área de resíduos sólidos e do município. Foram coletados dados em diferentes instituições, destacando-se os censos do IBGE e os dados da ABRELPE e SNIS.

Também foram obtidas informações referentes aos resíduos sólidos urbanos do município disponíveis no Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura de Diadema. A partir desses dados, foi gerado um mapa de distribuição espacial de pontos inadequados de descarte de resíduos sólidos e de ecopontos, por meio do programa ArcGis (versão 10.5).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

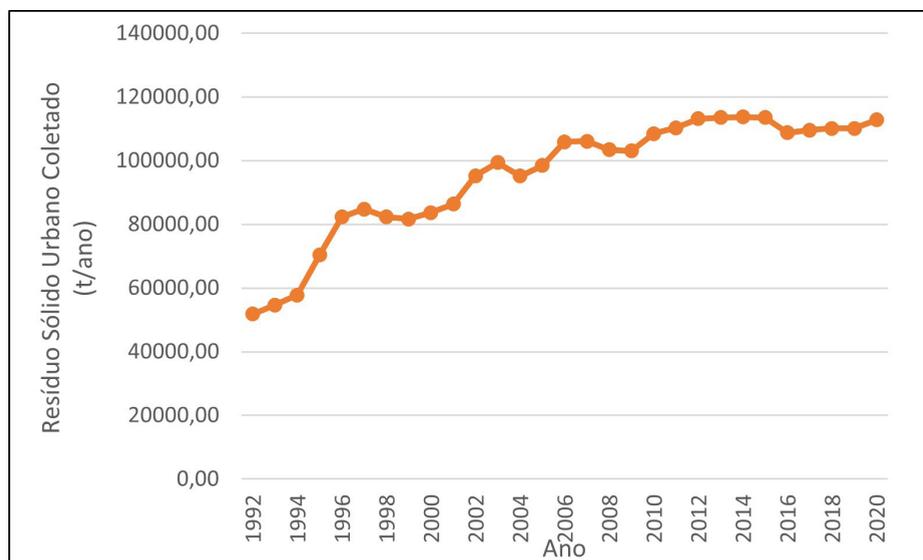
### 4.1 A gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de Diadema

De acordo com o departamento de limpeza urbana do município de Diadema, foi somente a partir do ano de 1992 que se iniciaram os registros da geração de resíduos do município. Anteriormente a essa data, o referido descarte era destinado ao Lixão do Alvarenga, que se manteve em funcionamento no período de 1972 a 2001, quando enfim foi encerrado.

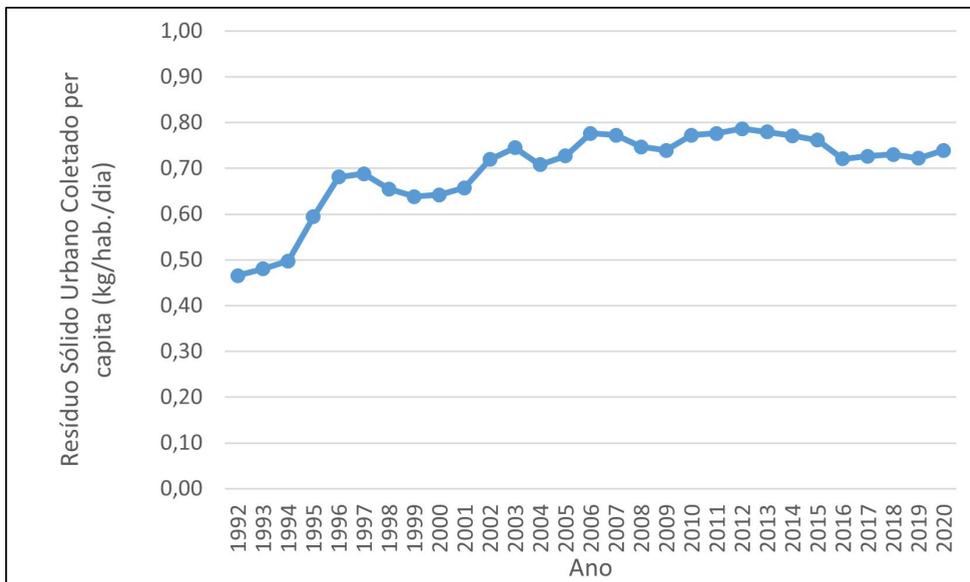
A evolução dos resíduos sólidos coletados no município de Diadema (Figura 1) é demonstrada para o período de 1992 a 2020. Nota-se um aumento de resíduos no período analisado de 117% (51.820 toneladas/ano em 1992 para 112.800 toneladas/ano em 2020), resultado que acompanha o crescimento populacional e o consequente aumento do consumo (PMD, 2012).

Em relação aos valores *per capita* (Figura 2), ocorreu um aumento de 57% (0,47 kg/habitante/dia em 1992 para 0,74 kg/habitante/dia em 2020). A segmentação por bairros permitiu, ainda, comparar a variação no peso dos resíduos produzidos, que tende a ser maior nos núcleos de maior densidade populacional e melhores condições socioeconômicas, com destaque para os bairros do Eldorado, Conceição, Taboão e o próprio Centro (PMD, 2012)

**Figura 1** – Resíduos sólidos urbanos (toneladas/ano) coletados no período de 1992 a 2020 no município de Diadema

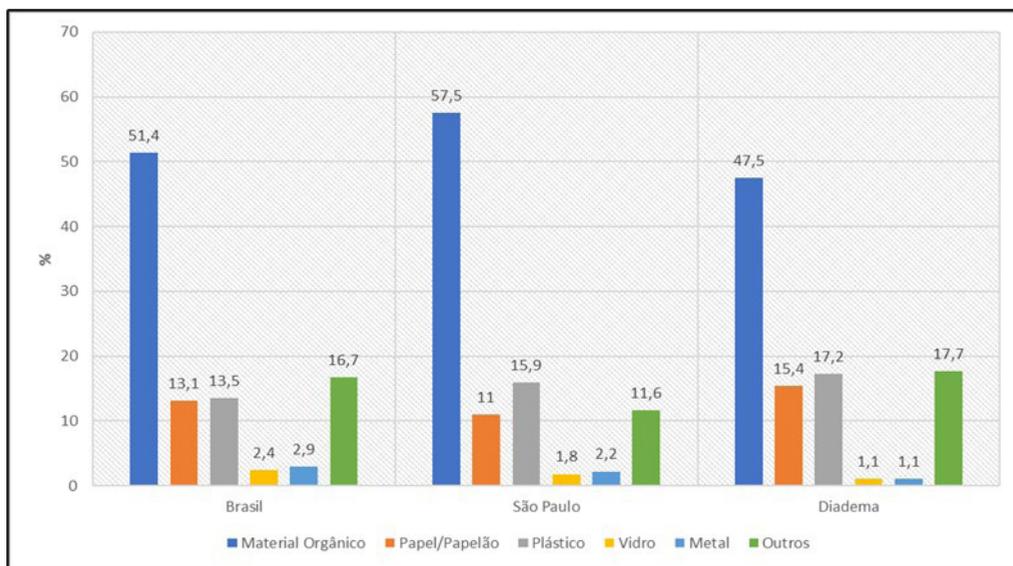


**Figura 2** – Valores *per capita* (kg/habitante/dia) de resíduos sólidos no período de 1992 a 2020 no município de Diadema



No que diz respeito à composição gravimétrica dos resíduos de Diadema, não são realizadas caracterizações frequentes, tendo sido possível identificar apenas um censo, realizado no ano de 2008, contando (que consta/está presente) no plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos do município (PMD, 2012). Neste levantamento, 47,5% dos resíduos são matéria orgânica; 15,4%, papel/papelão; 17,2%, plástico; 1,1%, vidro; 1,1%, metais; além de 17,7% de outros resíduos (Figura 3). Estes valores encontram-se em consonância com as médias dos resíduos no estado de São Paulo e no Brasil. A exemplo do que ocorre na maioria dos municípios brasileiros, destaca-se a presença significativa de resíduos orgânicos, que deveriam ser valorizados em unidades de compostagem ou biodigestão em vez de serem destinados a aterros sanitários, perdendo-se a oportunidade de recuperar e aproveitar compostos e/ou biogás.

**Figura 3** – Caracterização gravimétrica (%) dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, São Paulo e Diadema



Fonte: Viesba (2019).

Como mencionado, entre os anos de 1972 e 2001, os resíduos de Diadema foram dispostos, de forma inadequada, no Lixão do Alvarenga. Embora já encerrada, esta área de deposição final constitui, ainda, um passivo ambiental no território do município, uma vez que estudos e análises da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) confirmaram a existência de contaminação na área do antigo lixão (PMD, 2012).

Desde o ano de 2012, o município de Diadema destina seus resíduos sólidos urbanos ao Aterro Sanitário Lara, um empreendimento privado localizado no município de Mauá, na região do ABC. De acordo com as informações disponíveis no plano de resíduos de Diadema, o município gasta em torno de 30 milhões de reais por ano com o gerenciamento dos resíduos municipais, incluindo a coleta, o transporte/transbordo e a destinação final, além da incineração dos resíduos advindos de serviços de saúde (PMD, 2012).

Um dos problemas no gerenciamento dos resíduos de Diadema refere-se ao descarte inadequado nos chamados “pontos viciados” (Figura 4), locais de acúmulo de resíduos volumosos, indivisíveis, entulhos e resíduos da construção civil e demolição, além de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

**Figura 4** – “Ponto viciado” de descarte inadequado de resíduos na região central do município de Diadema

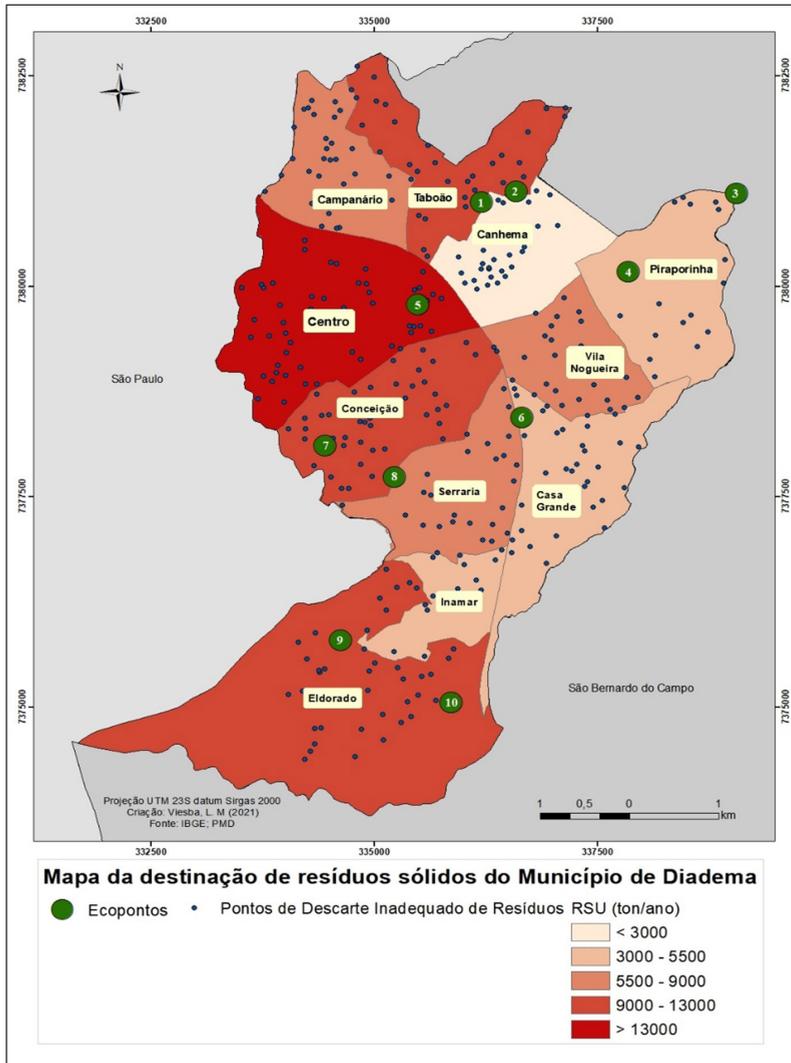


No ano de 2010, o município de Diadema elaborou um censo mapeando esses locais de disposição inadequada de resíduos, contabilizando 348 pontos irregulares. A partir desta detecção, o município criou um programa de revitalização dessas áreas, entre os anos de 2017 e 2018, denominado Programa Mãos à Obra, que visa coletar estes resíduos e recuperar os locais de descarte irregular com pintura, plantio de árvores e implementação de infraestrutura urbana.

Os referidos “pontos viciados” encontram-se distribuídos por todo o território de Diadema, como mostra a Figura 5. Para que a população descarte seus resíduos de forma adequada, foram instalados 10 ecopontos nos bairros do município. A distribuição dessas unidades também pode ser vista na Figura 5.

Os ecopontos, além de contribuir com a política de reciclagem do município, potencializando o repasse de recicláveis recolhidos para as cooperativas, oferecem à população oportunidade de destinação adequada, reduzindo o descarte irregular (“pontos viciados”) de resíduos no município.

**Figura 5** – Distribuição dos “pontos viciados” de resíduos e localização dos ecopontos nos bairros no município de Diadema



Em relação às cooperativas de coleta seletiva e reciclagem, em 2001, Diadema criou o Programa Vida Limpa, um conjunto de ações de coleta seletiva organizado pelos catadores em cooperativas (GUARDABASSIO, 2018). Atuam três cooperativas de reciclagem no município, a Cooperlimpa, a Nova Pop e a Cooperfenix, destinando à reciclagem 130 toneladas de resíduos por mês. Por conta desta medida, o município de Diadema recicla em torno de 1,4% dos resíduos que produz, reduzindo a disposição de resíduos em locais inadequados (PMD, 2020). No que se refere à legislação, em 2016 foi criado o Plano Regional de Gestão Integrada

de Resíduos Sólidos do Grande ABC. No entanto, é preciso ressaltar o fato de que o município de Diadema elaborou seu próprio plano de coleta e destinação de resíduos no ano de 2012, plano esse que se encontra, atualmente, em revisão (desde o ano de 2020)– versão 2020 (PMD, 2020).

O município também sancionou duas leis: a Lei n. 3853/2019, disciplinando a gestão e o gerenciamento dos resíduos municipais, e a Lei n. 007/2020, estabelecendo o convênio de cooperação com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), abrangendo a destinação final e seu reaproveitamento energético e, recentissimamente, em 2021, Diadema renovou o Programa Vida Limpa, uma ação remodeladora e que agora se denomina “Recicla, Diadema! Ação Renovada do Programa Vida Limpa”.

#### **4.2. Cenários da Gestão dos Resíduos Sólidos no Município de Diadema**

O cenário previsto por lei, instituído pela PNRS, exige a elaboração e a implantação dos planos de gestão integrada de resíduos, destacando-se a implementação da responsabilidade compartilhada e da logística reversa, a erradicação dos lixões e a reciclagem com viés social, além de estratégias para redução na geração de resíduos e disposição em aterros sanitários e aproveitamento energético dos resíduos. O plano regional de gestão dos resíduos do ABC ressalta a necessidade de fortalecimento das ações relacionadas à implantação de ecopontos e cooperativas de reciclagem. Especificamente para Diadema, este plano prevê, até 2036, o funcionamento de 16 ecopontos. O plano municipal de resíduos de Diadema vai além, e prevê a construção de 23 ecopontos, a ampliação da coleta seletiva e, ainda, a instalação de 7 galpões de triagem de resíduos e o desenvolvimento de um programa de educação ambiental. Considerando-se tais cenários previstos no âmbito das políticas públicas de gestão de resíduos e principalmente mantendo-se a o cenário atual quanto à implantação das ações previstas, é muito provável que essas metas não sejam alcançadas por Diadema. Até hoje, foram construídos apenas 10 ecopontos, a geração de resíduos não diminuiu, bem como a disposição de resíduos em aterro sanitário e não houve investimentos na ampliação das cooperativas de reciclagem. Ao contrário, as três existentes atualmente no município não recebem apoio financeiro da prefeitura, e o programa de educação ambiental não foi efetivado (VIESBA; CANDIANI; BITENCOURT, 2021).

Como cenário ideal, diante das condições já destacadas da gestão dos resíduos em Diadema, além da ampliação dos ecopontos e das cooperativas de reciclagem, e de maiores investimentos nas cooperativas de reciclagem já existentes, algumas

propostas poderiam potencializar as estratégias. São elas: realizar caracterizações da composição gravimétrica dos resíduos; estabelecer parcerias com a Universidade Federal de São Paulo – Campus Diadema, fomentando pesquisas, capacitações e contribuições para operacionalização dos estudos gravimétricos e análises laboratoriais; implementar a gestão dos resíduos de construção e demolição; implementar a gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos; estabelecer projetos de valorização dos resíduos orgânicos; implementar a gestão de resíduos industriais; e, finalmente, desenvolver efetivamente um programa de educação ambiental e mobilização social.

O cenário atual da gestão dos resíduos sólidos contempla um conjunto regulatório em destaque, com a sanção da Lei n. 14.026/2020 (novo marco legal do saneamento básico), reforçando a obrigatoriedade do encerramento dos lixões municipais. O Ministério do Meio Ambiente criou o Programa Nacional Lixão Zero, apoiando os municípios a buscar soluções mais adequadas para a gestão dos resíduos. Outros programas governamentais, como o Programa Nacional de Logística Reversa, também apontam alternativas para a gestão dos resíduos.

No município de Diadema, a regulamentação recente de novas leis e as atualizações do Plano Diretor e do Plano de Resíduos podem contribuir na gestão dos resíduos, embora existam inúmeras barreiras institucionais, econômico-financeiras, tecnológicas e socioambientais a serem superadas, visando à gestão integrada e sustentável dos resíduos sólidos.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

São coletadas 308 toneladas/dia de resíduos sólidos no município de Diadema, os quais são transportados e destinados ao Aterro Lara, no município de Mauá. O desafio da coleta de resíduos no município de Diadema se dá em função do crescimento populacional, relevo acentuado e núcleos habitacionais.

Existem muitos pontos irregulares (348 locais) de descarte de resíduos sólidos distribuídos pelo território de Diadema, o que exige, da parte da municipalidade, ações e programas de recuperação e revitalização desses espaços urbanos. O Programa Vida Limpa vem contribuindo para a erradicação desses pontos irregulares, porém demanda cada vez mais recursos e investimentos financeiros.

A reciclagem municipal restringe-se a 1,4% do universo coletado, ou seja, índice incipiente, obrigando o município a dispor 98,6% do resíduo coletado em aterro sanitário, onerando ainda mais as finanças do município.

O município de Diadema tem buscado melhorar a gestão dos resíduos sólidos, por meio do aperfeiçoamento das suas políticas públicas, com revisões das legislações existentes e a sanção de novas regulamentações.

Outro ponto de destaque é a implementação do seu plano de resíduos sólidos, que apresenta como estratégias as seguintes ações: valorização dos resíduos orgânicos, ampliação dos ecopontos, apoio às cooperativas de coleta seletiva e reciclagem, além do estabelecimento de um programa de educação ambiental, ampliando a participação da população do município, como estratégia para aumentar a taxa de reciclagem no município.

Outro ponto de atenção é a destinação de resíduos. O esgotamento da vida útil do Aterro Lara obrigará o município a destinar seus resíduos ao Aterro Caieiras, mais distante, o que exigirá do município o aporte de mais recursos financeiros. Essa perspectiva reforça a importância de se investir nas cooperativas de reciclagem. Recomenda-se que o município realize estudos gravimétricos com maior frequência, pois estes são uma ferramenta importante na elaboração de estratégias de gerenciamento dos resíduos sólidos municipais. O antigo Lixão do Alvarenga é ainda um passivo ambiental preocupante para o município, que precisará recuperar essa área contaminada. Revisar e adequar o plano de resíduos do município, levando em consideração a realidade e cenário locais, evidencia-se como necessário.

Para se fazer a gestão sustentável e integrada dos resíduos, deve-se considerar os aspectos culturais, socioeconômicos, ambientais, administrativos e políticos de um município do local. É preciso, ainda, contemplar a participação efetiva dos diferentes setores sociais neste processo, definindo não somente questões técnicas e operacionais do serviço de limpeza urbana, mas estratégias, ações e procedimentos que busquem a minimização da geração de resíduos e o consumo mais responsável.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2019**. São Paulo: ABRELPE, 2020.

ALZAMORA, B. R.; BARROS, R. T. V. Review of municipal waste management charging methods in different countries. **Waste Management**, v. 115, p.47-55, 2020.

- ASSIS, A. H. C. **Análise ambiental e gestão de resíduos**. Curitiba: InterSaber, 2020.
- BARROS, R. M. **Tratamento sobre resíduos sólidos: gestão, uso e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Interciência; Minas Gerais: Acta, 2013.
- BARROS, R. T. V. **Elementos de gestão de resíduos sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012.
- BOSCOV, M. E. G. **Geotecnia ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- BRASIL. **LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010**. Diário Oficial da União, Poder Legislativo, Brasília, DF, 3 agosto de 2010. Disponível em: <[http://planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/L12305.htm](http://planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/L12305.htm)>. Acesso em: 27 ago. 2021.
- CERQUETI, R.; CINELLI, M.; MINERVINI, L. F. Municipal waste management: A complex network approach with an application to Italy. **Waste Management**, v. 126, n. 1, p.597-607, 2021.
- EIGENHEER, E. M. **A história do lixo: a limpeza urbana através dos tempos**. Porto Alegre: Gráfica Pallotti, 2009.
- FRATTA, K. D. S. A.; TONELI, J. T. C. L.; ANTONIO, G. C. Diagnosis of the management of solid urban waste of the municipalities of ABC Paulista of Brasil through the application of sustainability indicators. **Waste Management**, v. 85, p.11-17, 2019.
- GUARDABASSIO, E. V. **Gestão pública de resíduos sólidos urbanos na região do Grande ABC**. São Paulo: Todas as Musas, 2018.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos avançados**, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.
- JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos na Região Metropolitana de São Paulo: avanços e desafios. **São Paulo em Perspectiva**, v. 20, n. 2, p. 90-104, 2006.
- NASCIMENTO NETO, P. **Resíduos sólidos urbanos: perspectivas de gestão intermunicipal em Regiões Metropolitanas**. São Paulo: Atlas, 2013.
- OLIVEIRA, A. P. F. **Gestão de resíduos sólidos urbanos e do serviço de saúde**. Curitiba: Contentus, 2020.

PMD. PREFEITURA MUNICIPAL DE DIADEMA. **Plano municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Diadema**. Diadema, 2012.

PMD. PREFEITURA MUNICIPAL DE DIADEMA. **Plano municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Diadema (em revisão)**. Diadema, 2020.

QUEIROZ, A. J. P.; NASCIMENTO, D. J. N.; ARAÚJO, N. C. Diagnosis of solid waste management and characterization of collected waste and its cycle in Queimadas, PB, Brazil. **REGET**, v. 24, p.1-19, 2020.

SCHNEIDER, V. E.; PIRES, J. K. Resíduos sólidos: problemática e definições. Capítulo 1, p. 21-30. In: Schneider, V. E.; Stedile, N. L. R. (orgs.). **Resíduos de serviços de saúde: um olhar interdisciplinar sobre o fenômeno**. Caxias do Sul: Educs, 2015.

SCHNEIDER, V. E.; STEDILE, N. L. R. (orgs.). **Resíduos de serviços de saúde: um olhar interdisciplinar sobre o fenômeno**. Caxias do Sul: Educs, 2015.

SILVEIRA, A. L.; BERTÉ, R.; PELANDA, A. M. **Gestão de resíduos sólidos: cenários e mudanças de paradigma**. Curitiba: InterSaberes, 2018.

SNIS. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos de 2019**. Brasília: Ministério das Cidades, 2020.

TONETO JÚNIOR, R.; SAIANI, C. C. S.; DOURADO, J. **Resíduos sólidos no Brasil: oportunidades e desafios da Lei Federal Nº 12.305 (Lei de Resíduos Sólidos)**. Barueri: Manole, 2014.

VIESBA, L. M. **Evolução da paisagem urbana frente ao descarte inadequado de resíduos no município de Diadema-SP**. Dissertação de Mestrado em Análise Ambiental Integrada – Universidade Federal de São Paulo, Campus Diadema, 2019.

VIESBA, L. M.; CANDIANI, G.; BITENCOURT, A. L. V. **Evolução urbana e gerenciamento de resíduos sólidos em Diadema entre 1974 e 2020: uma análise ambiental integrada**. Diadema: V&V Editora, 2021.

# HISTÓRICO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO: ATERRAR, QUEIMAR OU APROVEITAR?<sup>1</sup>

*Amanda Cseh<sup>1</sup>, Sylmara L. F. Gonçalves-Dias<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Contato: amanda.cseh@alumni.usp.br

<sup>2</sup>Docente do Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP).

Contato: sgdias@usp.br

**Resumo:** O objetivo deste capítulo foi realizar um panorama da gestão de resíduos orgânicos (RO) urbanos do município de São Paulo, considerando uma retrospectiva histórica, institucional e tecnológica. A disposição inadequada de RO pode trazer consequências socioambientais indesejadas devido ao grande

---

<sup>1</sup> O presente estudo foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, por estar fundamentado em parte dos resultados apresentados na dissertação de mestrado *Mapeamento do campo da gestão de resíduos orgânicos na cidade de São Paulo*. É importante salientar que parte dos resultados aqui apresentados também são fruto da iniciação científica *Usinas de Compostagem na Cidade de São Paulo: mapeamento dos Fatores Críticos de Sucesso*, com apoio financeiro do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) em 2015-2016. Ambos são de autoria de Amanda Cseh, sob orientação da profa. dra. Sylmara Gonçalves-Dias.

volume de matéria orgânica gerada pelos domicílios brasileiros na totalidade dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Assim, um dos grandes desafios da gestão pública municipal é tomar decisões em torno dos procedimentos operacionais para o manejo dos RO de origem domiciliar. Neste sentido, o capítulo foi orientado por duas questões centrais: (i) como foi a gestão de RO nos últimos 130 anos (período de 1889 a 2020) no município de São Paulo? (ii) Quais são as perspectivas de gestão de RO para o futuro? Para responder ao objetivo e às questões de pesquisa, realizou-se um mapeamento da literatura científica e cinza sobre os aspectos históricos, institucionais e tecnológicos do tratamento de resíduos orgânicos na cidade de São Paulo. A análise documental foi utilizada para coleta e análise das informações. Os dados revelaram que, desde o início do século XX, quando o sistema de limpeza urbana e coleta de resíduos começou a se estruturar no município, até os dias atuais, a compostagem, a incineração e o aterramento estiveram presentes nas discussões em torno da solução para os RO em diversos períodos da história de São Paulo. A exemplo do estabelecimento dos aterros sanitários como destinação prioritária para os RSU do município de São Paulo na década de 1970-80, a incineração reaparece no cenário atual como uma saída “tecnoburocrata”, prometendo solucionar magicamente a problemática da gestão dos RSU, mas que desconsidera os custos socioambientais e econômicos envolvidos em todas as etapas deste processo. E, por fim, os resultados evidenciam que o debate atual remete às mesmas soluções de um século atrás, denotando uma lógica pendular na tomada de decisão municipal entre aterrar, queimar ou aproveitar.

**Abstract:** This chapter sought to provide an overview of the urban organic waste management (OWM) in the city of São Paulo, considering a historical, institutional, and technological retrospective. The inadequate disposal of organic waste can bring unwanted social and environmental consequences due to the large volume of organic matter generated by Brazilian households in the totality of urban solid waste. Thus, one of the great challenges of municipal solid waste management is to make decisions about operational procedures for OWM of households. In this sense, the chapter was guided by two central questions: (i) How was organic waste management in the last hundred years (period 1920 to 2020)? and (ii) What are the prospects for organic waste management for the future? To answer this, a secondary survey was carried out in the scientific and gray literature on the historical, institutional, and technological aspects of organic waste treatment in the city of São Paulo. Document analysis was used to collecting and analyzing information. The data revealed that since the beginning of the 20th century, when the urban cleaning and waste collection system began to be structured in the city until the present day, composting, incineration, and landfill were present in the

discussions around the solution for the OWM in different periods of the history of São Paulo. Following the example of the establishment of sanitary landfills as a priority destination for urban solid waste in the city of São Paulo in the 1970s and 1980s, incineration reappears in the current scenario as a “technobureaucratic” solution, promising to magically solve the problem of municipal solid waste management, but that disregards the socio-environmental and economic costs involved in all stages of incineration’s technological process. Finally, the question is, what will be the future solutions for the organic waste management in the city of São Paulo? This chapter shows that the current debate refers to the same solutions as a century ago, denoting a pendular logic in municipal decision-making between landfill, burn or reuse.

## 1. INTRODUÇÃO

A disposição inadequada de resíduos orgânicos (RO) pode trazer consequências socioambientais indesejadas devido ao volume de matéria orgânica domiciliar na totalidade dos resíduos urbanos. Em São Paulo, cerca de 51% do total de resíduos domiciliares que chegam aos aterros é orgânico (SÃO PAULO, 2014a). A disposição indiferenciada dos RO gera gases de efeito estufa (GEE), ocasionando grande parte da problemática dos aterros sanitários. Estima-se que a disposição final de resíduos em aterros (sanitários ou controlados) e lixões seja responsável por 4% das emissões totais mundiais de GEE (POTENZA *et al.*, 2021), como o metano e o dióxido de carbono, entre outros gases (UNEP, 2011; BRASIL, 2015). Há também a geração do líquido escuro originado na decomposição dos resíduos úmidos, denominado chorume, que infiltra no solo e chega ao nível d’água subterrânea, contaminando tanto o ambiente terrestre como o aquático (GOUVEIA; PRADO, 2010). Para municípios brasileiros de diversos portes, a gestão de resíduos é um grande desafio, e vem exigindo um olhar mais minucioso para os resíduos que tais municípios geram, coletam, tratam e dispõem.

Assim, o objetivo deste capítulo é realizar um panorama da gestão de resíduos orgânicos urbanos do município de São Paulo, considerando uma retrospectiva histórica, institucional e tecnológica. Neste sentido, a construção do capítulo foi orientada por duas questões centrais: (i) como foi a gestão de RO nos últimos cem anos (período de 1889 a 2020) no município de São Paulo? (ii) Quais são as perspectivas de gestão de RO para o futuro? O capítulo foi organizado a partir de uma abordagem qualitativa e descritiva, que analisou o período histórico entre 1889 e 2020, justificado pelas iniciativas de gestão de RO empreendidas pela municipalidade dentro deste marco temporal. Foi realizado um mapeamento da

literatura científica e cinza sobre os aspectos históricos e tecnológicos do tratamento de RO, bem como de aspectos legais para gestão destes resíduos, circunscrito ao município de São Paulo. Foi utilizada a análise documental (CALADO; FERREIRA, 2004-2005) como forma de recolha e análise das informações.

As discussões são apresentadas primeiramente por uma perspectiva histórico-institucional e tecnológica para recuperação dos RO, seguida pelos aspectos legais que orientam as formas de gestão desses resíduos. Por fim, discorre-se sobre as formas de gestão que sempre voltam à cena, mas que não possuem elementos inovadores, sendo apenas releituras do que já foi empreendido historicamente na cidade.

## 2. PERSPECTIVA HISTÓRICA DA GESTÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NA CIDADE DE SÃO PAULO DE 1889 A 2020

No final do século XIX, problemas resultantes da ausência de locais de disposição dos resíduos impulsionaram a gestão municipal a tomar providências para a limpeza da cidade, o que culminou na criação do sistema de limpeza urbana em 1889 (CAODAGLIO, 2012; KLEIN, 2017; GODOY, 2018). Surgia, naquele momento, um movimento sanitarista, que tomou dimensões maiores na virada do século, quando “adot[ou] um discurso compartilhado por médicos sanitaristas, entidades, institutos de pesquisa e por técnicos que incentiva[vam] a [...] nacionalização de políticas públicas de saneamento” (KLEIN, 2017, p. 113). Esse movimento apontava a incineração como uma tecnologia higienista para lidar com o montante de resíduos gerados na cidade, isto é, ao queimar os resíduos, os patógenos causadores de doenças seriam eliminados. E, assim, foi instalado o incinerador do Araçá em 1913, mas a ocorrência da Primeira Guerra Mundial inviabilizou a importação de peças de manutenção do incinerador, o que tornou seu funcionamento precarizado (CAODAGLIO, 2012). Os sanitaristas não aprovavam a ideia de aplicar RO diretamente no solo, por considerarem a ocorrência de doenças associadas à dificuldade de atestar as condições sanitárias dos resíduos dispostos dessa maneira. Por isso, em 1917, houve a proibição da venda dos RO *in natura*, tornando imperativa a busca por métodos de tratamento dos RO antes de aplicá-los no solo (CAODAGLIO, 2012; KLEIN, 2017). Assim, experiências de fermentação e compostagem foram implementadas na década de 1920, como o Sistema Beccari, método de tratamento para os RO projetado na Itália por Giovanni Beccari e que se caracteriza pela fermentação em ambiente fechado. Esta ocorre inicialmente de forma anaeróbica e, posteriormente, por

microrganismos aeróbios que convertem o RO em composto de nutrientes para adubação de solos (RIBEIRO; ROCHA, 2002).

Caodaglio (2012) indica que, em 1928, a cidade destinou 5,7% dos resíduos gerados às estações de fermentação e contava com pelo menos treze estações, como as localizadas na Ponte Pequena (14 m<sup>3</sup>), Ibirapuera (18 m<sup>3</sup>), Quarta Parada e Instituto Butantã. Entretanto, falhas na execução do projeto das câmaras de fermentação impediam a ventilação e a aeração do material em decomposição, prejudicando o processo e ocasionando maus odores, de modo que o produto foi rejeitado pelos produtores agrícolas locais (CAODAGLIO, 2012).

Nas décadas de 1930 a 1940, notava-se a presença de incineradores e a disposição dos resíduos em espaços “vazios” – os lixões (i.e., antigos locais de extração de areia e várzeas de rios) – pela cidade. Essa situação perdurou durante a década de 1960, quando o Brasil passou por um período de industrialização e adensamento populacional, com a intensificação da geração e do descarte de resíduos pela cidade de São Paulo (KLEIN, 2017; GODOY, 2018). Na década de 1970, duas usinas de compostagem iniciaram atividades na cidade: uma no bairro de São Mateus, zona leste, e outra na Vila Leopoldina, zona oeste.

Nas usinas, o processo de biodegradação precisa ocorrer de forma rápida, devido à quantidade diária de resíduos que devem ser processados. Por isso, as usinas podem ser concebidas para processar volumes de material orgânico de 25 a mais de 100 toneladas por dia (VILHENA, 2010). Assim, processos tecnológicos foram importados visando acelerar o processo de compostagem, numa tentativa de ampliar seu emprego nas mais diversas atividades e setores.

Barreira (2005) fez um extenso estudo sobre a operação das usinas de compostagem no estado de São Paulo e indicou a utilização da tecnologia “DANO” em ambas as usinas, com algumas adaptações para o município de São Paulo. Essa tecnologia, que consiste na decomposição aeróbia da matéria orgânica em larga escala, foi patenteada em 1933 na Dinamarca e é utilizada em diversos países (RIBEIRO; ROCHA, 2002). O Quadro 1 apresenta uma comparação das características operacionais das duas usinas.

No início dos anos 2000, foi constatado que as usinas já operavam além de sua capacidade máxima, recebendo resíduos sem separação prévia, o que prejudicava muito a qualidade do composto produzido. Geravam grande quantidade de rejeito – cerca de 50% – e causavam transtornos para a população residente nas imediações das usinas, em especial na Vila Leopoldina, que foi alvo de muitas manifestações dos moradores do bairro para que a usina fosse fechada devido

aos problemas de odor, poeira e atração de animais e insetos problemáticos para a saúde pública.

**Quadro 1** – Síntese comparativa da estrutura e produção das usinas de compostagem da cidade de São Paulo

<b>Usina</b>	<b>São Mateus</b>	<b>Vila Leopoldina</b>
<b>Características</b>		
<b>Ponto de partida</b>	Decreto n. 5,451, de 1962 – Proibiu o fornecimento de lixo às chácaras em veículos da Prefeitura. Argumento: risco de contaminação pelo aproveitamento de resíduos sem nenhum tratamento.	
<b>Custeio</b>	Prefeitura	Prefeitura
<b>Início da construção</b>	Agosto 1968	Março 1972
<b>Empresas responsáveis pela construção</b>	Indústria Dedini (Piracicaba, SP) e Civil Metal (RJ)	Zanini (Sertãozinho, SP) e Ruptageo (SP)
<b>Inauguração</b>	25 jan. 1970	25 jan. 1974
<b>Local</b>	Fazenda do Carmo (zona leste de São Paulo)	Vila Leopoldina (zona oeste de São Paulo)
<b>Área</b>	56 mil m <sup>2</sup>	55.400 m <sup>2</sup>
<b>Capacidade projetada</b>	200 ton/dia	400 ton/dia
<b>Equipe</b>	76 funcionários	79 funcionários
<b>Tecnologia</b>	DANO: silo de recepção, esteira de transporte, catação manual (com esteira imantada), bioestabilizadores, peneiras.	
<b>Origem dos RSD</b>	Vila Prudente, Mooca e Itaquera.	Adms. regionais do Butantã, Freguesia do Ó, Pirituba e Perus
<b>Entrada</b>	70 mil ton de resíduos domiciliares/ano	110 mil ton de resíduos domiciliares/ano
<b>Saída</b>	37 mil ton de composto/ano	56 mil ton de composto/ano
<b>Venda do composto</b>	Chacareiros cinturão verde	Chacareiros cinturão verde
<b>Operação</b>	Enterpa S.A. Engenharia	Até 15 mar. 1975: Prefeitura. 1975-1986: VEGA Sopave S.A. A partir de 1986: Enterpa S.A. Engenharia
<b>Composto final</b>	53% do peso dos resíduos transformado em composto	51% do peso dos resíduos transformado em composto

Cabe aqui uma observação: a segunda usina foi inaugurada em 1974, ano em que foi construído o primeiro aterro sanitário da cidade no bairro de Lauzane

Paulista. Para Caodaglio (2012, p. 166), “com o sucesso dessa primeira experiência em Lauzane Paulista, a prefeitura decidiu que a partir de 1974 o aterro sanitário seria a forma principal de disposição final do lixo na cidade”. Calderoni (2003) e Caodaglio (2012) apontam para a predominância de aterros sanitários na década de 1980, como uma forma “ambientalmente adequada” para a destinação de resíduos. Do mesmo modo, Klein (2017, p. 144) indica que o estabelecimento dos aterros sanitários como modelo de disposição final dos resíduos se deu pelo discurso “tecnoburocrata” de que essa seria a “solução para todos os entraves” da gestão de resíduos, e de que as outras formas de tratamento geravam mais custos do que retorno financeiro para a cidade. Mesmo assim, os problemas vinculados à gestão de resíduos continuavam e, em 1989, foi estabelecido o primeiro projeto de coleta seletiva na cidade de São Paulo, que se deu no bairro da Vila Madalena, por haver uma organização dos moradores em torno das questões ambientais. Esse projeto previa a destinação dos resíduos para centros de triagem e compostagem, mas ainda não se previa coleta em frações separadas de resíduos domiciliares. Com a mudança de governo municipal em 1993, houve descontinuidade desse projeto de coleta seletiva e ausência de preocupação com as usinas de compostagem, que passaram a realizar a triagem manual de resíduos da coleta indiferenciada (JACOBI; VIVEIROS, 2006) antes do envio da porção orgânica para compostagem.

Essa situação perdurou até 2003, quando foi estabelecida a “Coleta Seletiva Solidária”, que previa a inclusão social de catadores de material reciclável e contava com pontos de entrega voluntária para resíduos recicláveis secos. Ainda em 2003, um funcionário do Departamento de Limpeza Urbana (Limpurb)<sup>2</sup> conseguiu apoio da Secretaria de Serviços e Obras da prefeitura para implantar um projeto piloto em algumas feiras na subprefeitura de Pinheiros, denominado de “Feira Limpa”, que visava separar os resíduos orgânicos dos resíduos secos (e.g., embalagens) gerados nas feiras livres de São Paulo (BORGES; MONTEIRO FILHO, 2004), destinando a fração orgânica para as duas usinas de compostagem que ainda estavam funcionando, mas de forma precarizada (JACOBI; VIVEIROS, 2006). O programa foi uma tentativa de manter as usinas de compostagem funcionando, e contava com a separação manual dos resíduos, acondicionamento em *big bags* identificados por cores – marrom para resíduos orgânicos e coloridos para material orgânico reciclável (papéis, plásticos, vidros e metais) ao final da realização de cada feira participante do projeto. Dados do programa apontavam que eram

---

<sup>2</sup> Desde 2002, o Limpurb passou a ser denominado de Autarquia Municipal de Limpeza Urbana (Amlurb), órgão regulador da limpeza urbana da cidade, vinculado à prefeitura do município de São Paulo.

coletados em torno de 8 ton/mês de resíduos orgânicos por feira, 800 quilos de resíduos recicláveis inorgânicos (LEGASPE, s.d.).

O projeto piloto foi implantado em 43 feiras livres, em um primeiro momento do projeto, para então, no médio prazo, alcançar a totalidade do município, que contabilizava mais de 800 feiras (LEGASPE, s.d.). Os feirantes e os funcionários da prefeitura recebiam treinamento para realizarem o acondicionamento adequado dos resíduos nos *big bags* distribuídos pela prefeitura. Havia fiscalização por parte dos funcionários da prefeitura para avaliar a adequação das feiras ao projeto. Entretanto, as usinas municipais de compostagem estavam realizando o processo de forma incompleta, gerando um pré-composto que precisava ser finalizado nas propriedades agrícolas, de baixa qualidade e com evidências de contaminação, o que levou os produtores locais a rejeitar a compra desse composto. Além de não se notarem investimentos para o aprimoramento das usinas, a manutenção delas ficou cada vez mais difícil, devido à falta de peças de reposição do maquinário no mercado.

Neste contexto, as usinas causavam mais transtornos à população e à saúde pública do que representavam uma alternativa de tratamento para os resíduos orgânicos. Devido a esses problemas, a administração municipal encerrou as atividades das usinas de compostagem em 2004. Anos mais tarde, quando a prefeitura voltou a considerar o tratamento e a recuperação dos RO por meio de compostagem, resgatou o projeto “Feira Limpa”, que serviu de inspiração para a concepção dos pátios de compostagem descentralizados para RO das feiras livres do município.

Em 2004, o Incinerador Vergueiro, que já contava 20 anos de operação poluindo a cidade, também teve suas atividades encerradas (JACOBI; VIVEIROS, 2006). O período seguinte, de 2004 a 2013, pode ser considerado um período de dormência para a gestão de RO, pois não foram observados projetos ou programas municipais voltados ao tratamento desses resíduos. Em 2010, entra em vigor a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), marco regulatório nacional no tratamento dos resíduos (GONÇALVES-DIAS; GHANI; CIPRIANO, 2015) que pressupõe uma mudança na abordagem de planejar a gestão, incluindo diálogos entre diversos atores e o compartilhamento de responsabilidades pela geração e destinação dos resíduos (BRASIL, 2010). Esses pontos diferem da visão setorial e reducionista que sempre esteve presente na gestão de resíduos (GONÇALVES-DIAS, 2012). A PNRS também incorpora os pressupostos da Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) e da Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), suas antecessoras, e adota a abordagem da gestão integrada de resíduos sólidos

urbanos, que já estava contemplada na PERS, mas que, do mesmo modo, não indica diretrizes e metas específicas para ser operacionalizada.

A PNRS também expressa a ilegalidade da disposição final de resíduos em aterros sanitários quando tais resíduos forem passíveis de recuperação de seu valor técnica e financeiramente (BRASIL, 2010). Da PNRS advém a obrigatoriedade dos municípios brasileiros em relação à elaboração de um Plano de Gestão Integrada (PGIRS), instrumento que deve conter metas e prazos para orientarem a gestão e o gerenciamento municipal dos resíduos. Somente a partir da aprovação da PNRS é que a compostagem voltou a figurar como ação dentro da agenda do governo municipal. Neste sentido, em 2014 o projeto “Composta São Paulo” implementou ações para a gestão de RO domiciliares. A viabilidade financeira do projeto foi alcançada por meio da utilização de uma prerrogativa do contrato de prestação de serviço das concessionárias, segundo a qual 0,5% dos recursos financeiros advindos do pagamento mensal pelo serviço prestado ao município devem ser destinados para incentivar iniciativas de educação ambiental (SÃO PAULO, 2014b). É possível perceber que o caráter participativo do projeto aproximou a população da responsabilidade de gerenciar os resíduos orgânicos que produz, o que, por sua vez, aproximou a compostagem doméstica de uma política pública sobre o tema, materializando as diretrizes do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo (PGIRS) (SÃO PAULO, 2014a).

Consonante com as ações municipais de compostagem de resíduos orgânicos, houve, em 2015, a inauguração do primeiro pátio de compostagem para resíduos de feiras livres, o qual começou como um projeto piloto no bairro da Lapa (zona oeste de São Paulo), custeado pela empresa INOVA, responsável pelo gerenciamento dos resíduos indivisíveis da divisão noroeste da cidade de São Paulo. A INOVA foi demandada a investir nesse projeto, pois era uma decisão da Autoridade Municipal de Limpeza Urbana (AMLURB) para promover a compostagem dos resíduos de feira. Assim, a gestão municipal retomou as ideias do projeto Feira Limpa de 2003 para conceber esse pátio descentralizado.

Alternativas descentralizadas de gestão estão previstas no PGIRS e na PNRS (2010) como forma de tratar os RO urbanos. O projeto foi concebido para receber apenas RO de origem vegetal, os chamados FLV (frutas, legumes e verduras), das feiras participantes, por serem considerado um material de melhor qualidade e mais facilmente segregável de contaminação e impurezas por materiais inorgânicos ou perigosos. Em decorrência da discussão sobre a gestão dos resíduos orgânicos por meio da compostagem, ressalta-se a resolução CONAMA 481/ 2017

(BRASIL, 2017), pioneira em tratar da temática em território nacional, que regulamenta a compostagem de resíduos sólidos urbanos (RSU).

Cabe aqui uma observação: mesmo com os esforços empreendidos por alguns departamentos da AMLURB para institucionalizar a gestão de RO na cidade, outros departamentos publicaram a resolução n. 55/2017 da AMLURB, que instituiu a comunicação visual das sacolinhas “bioplásticas” distribuídas nos comércios da cidade. Vale ressaltar que essa comunicação visual indica, equivocadamente, para os municípios o descarte de RO em conjunto com os rejeitos. Essa medida foi na contramão das discussões e medidas realizadas na cidade sobre a separação dos resíduos na origem e sobre as possibilidades de valorização dos RO trabalhados pelo Composto São Paulo e pelo Pátio de Compostagem, indicando uma falta de articulação e uma disputa de interesses dentro do órgão municipal ao qual competem as decisões sobre a gestão de resíduos na cidade. Ainda assim, os pátios de compostagem foram institucionalizados no município, o que pode ser verificado por sua continuidade e expansão, mesmo com a transição de governo e a mudança de orientação política. Os pátios estão localizados em diferentes regiões (oeste, centro e leste) da cidade para alcançar um impacto positivo no desvio de resíduos orgânicos dos aterros sanitários.

Foi possível observar que, em 2020, estavam em funcionamento cinco pátios de compostagem nos mesmos moldes do piloto, instalados em diferentes bairros da cidade e com capacidade média de processamento 60 toneladas por mês (Quadro 2). Estas iniciativas se apresentam como materialização do PGIRS da cidade, que estabelece como meta a implantação de pátios de compostagem descentralizados para resíduos oriundos das feiras da cidade e compostagem doméstica, empregando diferentes tipos de processos: decomposição por microrganismos (termofílica) ou decomposição por minhocas (vermicompostagem). Tais iniciativas aplicam o princípio da PNRS da responsabilidade compartilhada do gerador pelo tratamento dos resíduos que produz. No plano municipal, também se discute a possibilidade de se implementarem sistemas de biodigestão para a fração orgânica, separada ou não na origem, como forma de tratamento para os resíduos com a possibilidade de geração de energia, utilizando o metano produzido na decomposição dos RO (SÃO PAULO, 2014a). Também se discute a possibilidade de se tratarem os RO em centrais de tratamento mecânico e biológico (de forma centralizada), que o plano indica como “ecoparques”. Originalmente, essas centrais não pressupõem segregação dos resíduos na origem, diferentemente das alternativas mencionadas anteriormente neste parágrafo.

**Quadro 2** – Comparação dos pátios e suas capacidades operacionais

<b>Pátios de compostagem descentralizados para resíduos das feiras livres de São Paulo</b>					
	<b>Lapa (zona oeste)</b>	<b>Sé (centro)</b>	<b>Mooca (zona leste)</b>	<b>São Mateus (zona leste)</b>	<b>Ermelino Matarazo (zona leste)</b>
<b>Inauguração</b>	15 dez. 2015	28 set. 2018	23 nov. 2018	19 dez. 2018	9 jan. 2019
Área do pátio	3.000 m <sup>2</sup>	2.800 m <sup>2</sup>	4.539 m <sup>2</sup>	3.100 m <sup>2</sup>	3.264 m <sup>2</sup>
<b>Capacidade de processamento</b>	60 ton/ semana	60 ton/ semana	60 ton/ semana	60 ton/ semana	60 ton/ semana
<b>Número de feiras livres</b>	52 feiras	32 feiras	44 feiras	38 feiras	16 feiras
<b>Localização</b>	Av. José Maria de Faria, n. 487	Av. do Estado, n. 3.330	R. Cirino de Abreu, n. 456	R. Forte de Araxá, n. 409	R. Eduardo Kiyoshi Shimuta, n. 112

Ainda sobre as diretrizes para a gestão de resíduos orgânicos, vale mencionar que a cidade de São Paulo institucionalizou, em 2008, o “Programa de Metas” do governo, tornando obrigatória a toda gestão da prefeitura municipal apresentar uma proposta de administração para os quatro anos de vigência do mandato, contemplando uma ampla gama de assuntos críticos para a cidade, entre os quais a gestão de RSU. Cseh, Ferreira e Gonçalves-Dias (2017) evidenciam a falta de visibilidade de ações concretas para a gestão dos RO nos três programas de metas analisados, apesar do PGIRS apontar que mais de 50% dos resíduos domiciliares são orgânicos e que, portanto, maior atenção deveria ser direcionada à gestão de RO. A revisão desse instrumento de gestão municipal revela que o primeiro programa de metas (2009-2012) não prevê nenhuma ação em relação aos RO que a cidade produzia, o que revela um descompasso em relação à legislação que já existia na época (PERS e PNSB). Contudo, observa-se que metas sobre a gestão dos RO estão contempladas nos planos seguintes, de 2013-2016 e 2017-2020. O estabelecimento de metas sobre a temática foi possível, em grande medida, devido à institucionalização do Programa de Metas governamentais na Lei Orgânica do Município (Art. 69-A), bem como aponta uma forte influência dos movimentos organizados da sociedade civil em torno da compostagem como alternativa para a problemática dos resíduos orgânicos produzidos na cidade.

A mobilização por meio dos “6 Objetivos da Compostagem” representou um vetor de pressão sobre a gestão municipal (2017-2020) para que a compostagem fosse considerada no programa de governo, e que as ações iniciadas no governo

municipal anterior fossem continuadas e alinhadas com as discussões internacionais sobre o desenvolvimento sustentável das cidades ao redor do mundo. Vale mencionar a mobilização internacional a respeito dessa temática, pois, entre os tópicos de discussão sobre os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, o ODS 12 destaca a importância da reflexão sobre padrões de consumo, a utilização eficiente de recursos, e indica a necessidade de diminuir os resíduos e valorizá-los quando a redução não puder ser evitada (ONU, 2015).

Consonante a toda política-institucional da cidade de São Paulo, o início do século XXI foi marcado pela definição de obrigações legais do Poder Público quanto à gestão da fração orgânica dos resíduos sólidos do município de São Paulo, conforme sintetiza Cseh (2018) (Quadro 3). Os documentos legais, retratados no Quadro 3, mostram duas leis federais, uma estadual e dois instrumentos legais municipais, o que evidencia que a segregação e valorização dos resíduos já está prevista legalmente no estado de São Paulo há mais de dez anos. No PERS, em 2006, já havia a indicação da compostagem como rota de tratamento para os RO, apontando, inclusive, a coleta seletiva como diretriz para o gerenciamento dos resíduos. Além disso, menciona a necessidade de uma gestão integrada como adequada para lidar com os resíduos. Entretanto, o PERS não explora ou emite diretrizes mais claras de como essa gestão integrada, com envio de resíduos orgânicos segregados para a compostagem, deve ocorrer. A menção da compostagem para tratamento dos RO também já aparecia na PNSB (BRASIL, 2007), mas este, da mesma forma que a PERS, tratava do tema de forma superficial, ao indicar a compostagem como modelo de tratamento dos resíduos biodegradáveis e como uma atividade do serviço de limpeza, atribuindo ao município a competência pelo gerenciamento e gestão dessa fração orgânica.

**Quadro 3 – Marcos legais recentes da gestão de resíduos sólidos com recorte para os resíduos orgânicos (parte 1)**

Nível do inst. Legal	Estadual	Nacional	Nacional
Categorias para Gestão de Resíduos Sólidos	PERS (2006)	PNSB (2007)	PNRS (2010)
Lei ou norma que regulamenta/institui	12.300/2006	11.445/2007	12.305/2010
Período			
Tipo de abordagem para RO (trata RO como rejeito? Trata RO como material reciclável?)	<p><b>Art. 5º</b></p> <p>XIX - coleta seletiva: o recolhimento diferenciado de resíduos sólidos, previamente selecionados nas fontes geradoras, com o intuito de encaminhá-los para reciclagem, <b>compostagem</b>, reuso, tratamento ou outras destinações alternativas.</p> <p><b>Artigo 20</b></p> <p>§ 1º - Os Planos referidos no <i>caput</i> deverão ser apresentados a cada quatro anos e contemplar: [...]</p> <p>4. a definição e a descrição de medidas e soluções direcionadas:</p> <p>a) às práticas de prevenção à poluição;</p> <p>b) à minimização dos resíduos gerados através da reutilização, reciclagem e recuperação;</p> <p>c) à <b>compostagem</b>;</p> <p>d) ao tratamento ambientalmente adequado;</p>	<p><b>Art. 7º</b> [...] limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos urbanos é composto pelas seguintes atividades:</p> <p>I do <i>caput</i> do art. 2º;</p> <p>II - triagem, para fins de reuso ou reciclagem, de tratamento, <b>inclusive por compostagem</b>, e de disposição final dos resíduos relacionados na alínea “c” do inciso I do <i>caput</i> do art. 2º</p>	<p><b>Art. 3º</b> Para os efeitos desta Lei, entende-se por:</p> <p><b>VII - destinação final ambientalmente adequada:</b> destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a <b>compostagem</b>, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do SISNAMA, do SNVS e do SUASA, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;</p> <p><b>Art. 36</b> No âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, observar, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos:</p> <p><b>V - implantar sistema de compostagem para resíduos ROs e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido;</b></p>
Tratamento e/ou destino RO	Compostagem	Compostagem	Compostagem
Quantas vezes menciona a forma de tratamento/destino?	2 vezes	2 vezes	2 vezes

Fonte: CSEH (2018).

**Quadro 3 – Marcos legais recentes da gestão de resíduos sólidos com recorte para os resíduos orgânicos (parte 2)**

Nível do inst. Legal	Municipal
Categorias para Gestão de Resíduos Sólidos	PGIRS São Paulo (2014)
Lei ou norma que regulamenta/institui	Instrumento previsto na PNRS
Período	
Tipo de abordagem para RO (trata RO como rejeito? Trata RO como material reciclável?)	<p>3. Diretrizes para o manejo diferenciado de resíduos sólidos no investimento em novos destinos para os RSD orgânicos (fornecimento de composteiras e orientação técnica para compostagem <i>in situ</i>, introdução de Centrais de Processamento dos Resíduos da Coleta Seletiva de Orgânicos – modernas e não impactantes, fomento ao estabelecimento de negócios com compostagem e biodigestão);</p> <p>na redução do volume de rejeitos em aterro sanitário pela adoção do Tratamento Mecânico e Biológico para os resíduos urbanos indiferenciados remanescentes das coletas seletivas e retenção para compostagem <i>in situ</i>;</p> <p>A justificativa para a adoção desta rota vem tanto do reconhecimento de que é a que mais adequadamente expressa a ordem de prioridades estabelecida no Art. 9º da PNRS como do reconhecimento de que as melhores práticas internacionais, as já consolidadas e as novas estratégias, passam todas pelas coletas seletivas, valorização intensa de resíduos, compostagem de RO com priorização <i>in situ</i>, da biodigestão dos resíduos indiferenciados, intensa recuperação dos RCC, logística reversa de embalagens e resíduos especiais.</p> <p>O Programa Municipal para Manejo Diferenciado de Resíduos Sólidos nas Unidades Educacionais da Rede Municipal de Ensino, [...] todas as unidades municipais obrigatoriamente estabelecerão a segregação dos resíduos gerados – secos, orgânicos, de logística reversa e outros; serão incentivadas a promoverem a compostagem <i>in situ</i> e desenvolverem hortas locais com os alunos.</p>
Tratamento e/ou destino RO	<p>Compostagem</p> <p>Biodigestão</p> <p>Tratamento Mecânico e Biológico</p> <p>Ecoparque</p>
Quantas vezes menciona a forma de tratamento/ destino?	<p>Compostagem, 242 vezes</p> <p>Biodigestão, 57 vezes</p> <p>Tratamento Mecânico e Biológico, 4 vezes;</p> <p>Ecoparque, 31 vezes</p>

Fonte: CSEH (2018).

**Quadro 3 – Marcos legais recentes da gestão de resíduos sólidos com recorte para os resíduos orgânicos (parte 3)**

<b>Nível do inst. Legal</b>	<b>Municipal</b>		
<b>Categorias para Gestão de Resíduos Sólidos</b>	<b>Programas de Metas da cidade de São Paulo</b>		
<b>Lei ou norma que regulamenta/ institui</b>	Lei Orgânica do município – Art. 69-A (2008)		
<b>Período</b>	<b>2009-2012</b>	<b>2013-2016</b>	<b>2017-2020</b>
<b>Tipo de abordagem para RO (trata RO como rejeito? Trata RO como material reciclável?)</b>	Não menciona ação para RO	<p><b>Objetivo 15: meta 92.</b> Promover a compostagem dos resíduos sólidos orgânicos provenientes das 900 Feiras Livres Municipais e dos serviços de poda da cidade</p>	<p><b>Meta 24:</b> Reduzir em 500 mil toneladas o total dos resíduos enviados a aterros municipais no período de 4 anos</p> <p><b>Projeto 34:</b> Recicla Sampa: Programa de ampliação da coleta seletiva para reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos. Minimização do descarte juntamente com aumento da coleta em três frentes: resíduos domiciliares, logística reversa e orgânicos.</p> <p><b>34.2</b> Implantar programa visando ao reaproveitamento de 66% dos resíduos orgânicos provenientes de podas e feiras livres. Indicador: Percentual de resíduos de feiras e podas de árvores reaproveitados</p> <p><b>34.3</b> Implantar Programa de Gestão de RO em 1525 escolas públicas municipais que dispõem de área disponível para compostagem. Indicador: Quantidade de adesões das escolas que possuem área disponível para a compostagem</p>
<b>Tratamento e/ou destino RO</b>	Não menciona	Compostagem RO feiras	Compostagem RO feiras e escolas municipais
<b>Quantas vezes menciona a forma de tratamento/ destino?</b>	Não menciona	1 vez	3 vezes

Fonte: CSEH (2018).

### 3. CENTO E TRINTA ANOS DEPOIS: AS MESMAS TECNOLOGIAS E POUCA INOVAÇÃO

Godoy (2018) considera que a criação de um sistema estruturado em um departamento de limpeza urbana auxiliou a regulação das atividades para gestão de resíduos na cidade de São Paulo. No entanto, o autor também indica que o atual sistema de limpeza pública ainda se encontra fortemente preso ao sistema dos aterros sanitários. Isso significa dizer que a estrutura de limpeza urbana da cidade de São Paulo é operada por grandes empresas privadas que fazem a coleta e a disposição final dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários operados por elas mesmas ou por suas associadas.

Campos, Zapata e Zetterquist (2014) discutem que a priorização de uma tecnologia específica em detrimento de outras indica um *lock in* tecnológico, que é caracterizado por um arranjo amarrado a instituições fortes que não permite uma transição para outras formas de gerir os resíduos. Esses autores apresentam o caso da implementação de incineradores na Suécia e a dificuldade que o país enfrenta em mudar esse tipo de tratamento para os resíduos. Nesses casos, formam-se grupos e redes que detêm recursos financeiros, posições privilegiadas de negociação, influência sobre decisões do setor e domínio, e que conseguem, assim, manter o *status quo* daquela tecnologia, privilegiando grupos de interesse (CSEH, 2018).

Jacobi e Besen (2011) evidenciaram o esgotamento de áreas para novos aterros sanitários, o que significa que não haverá mais espaço para dispor os resíduos gerados diariamente. Isso implica a busca por novas soluções para destinação e tratamento dos resíduos. Quando se propõe o desvio dos RO dos aterros sanitários, prioriza-se a valorização de cada fração de resíduos conforme suas possibilidades de recuperação e reinserção nas respectivas cadeias produtivas, destituindo, assim, o aterro sanitário de sua posição de solução tecnológica consolidada e impulsionando ações estratégicas para a gestão dos resíduos.

Pensando em rotas tecnológicas, os RO orgânicos podem ser valorizados a depender dos objetivos definidos nos planos de gestão de resíduos das cidades, da quantidade de RO, escala de tratamento, capacidade financeira, entre outros fatores. Ao se considerar a valorização, o termo “resíduo” passa a não fazer mais sentido e adquire o sentido de recurso ou matéria-prima para outros processos (MODAK, 2012). A valorização, portanto, depende do reconhecimento da fonte geradora, espaço, recursos financeiros e de projetos duradouros.

Sobre alternativas de gestão para a porção orgânica dos resíduos, Lohri *et al.* (2017) sistematizaram e discutiram formas de tratamentos para a diversidade

existente de RO. Esses autores consideram a segregação dos resíduos na origem como fator essencial para a aplicação de todas as tecnologias que estudaram: aplicação direta do resíduo na terra, alimentação direta de animais de criação, compostagem, vermicompostagem, decomposição por meio de insetos (representada pela mosca soldado-negro), fermentação, geração de energia e/ou biocombustível verificada na biodigestão, transesterificação, densificação, pirólise, liquefação e gaseificação.

Além de explorarem com detalhes essas tecnologias e suas aplicações, Lohri *et al.* (2017) evidenciam a compostagem e a biodigestão como os processos de tratamento mais difundidos, destacando a predominância da compostagem em países de menor renda. A discussão sobre a valorização dos resíduos remete obrigatoriamente à gestão, o que requer planejamento e adequações ao contexto local (Srivastava *et al.*, 2015). Nesse contexto, Caodaglio (2012) ressalta que a classificação dos materiais descartados ou valorizados é dinâmica e se modifica ao longo do tempo. Por esse motivo, a tomada de decisão em torno da gestão dos resíduos precisa de revisões e adequações que reflitam as atuais e futuras necessidades do local onde é implantada.

Uma reportagem publicada no jornal *Correio da Manhã*, no Rio de Janeiro, em 1952, evidencia como é antiga a disputa pelas formas de tratamento dos RO e o questionamento sobre o que seria melhor: enviar os resíduos para incineradores, o que resulta em cinzas a serem dispostas em aterros; ou investir em tratamentos e recuperação dos RO para virarem adubo, por exemplo (Figura 1). A reflexão que a reportagem suscita é que a discussão sobre as formas de gestão dos RO retoma, de tempos em tempos, as mesmas “soluções”, constatada pelo trecho da reportagem “Uma Briga Antiga – vem de longe a querela entre os partidários da incineração do lixo e os partidários da fermentação chamada zimotérmica”.

Manfredi e Cristobal (2016) estudaram o contexto da gestão de RO na Europa e atestam a inexistência, nas diretivas europeias, de uma definição clara sobre como gerir a complexidade dos RO. Trata-se do mesmo cenário verificado na PNRS em relação à compostagem. Zabaleta e Rodic (2015) mencionam que a legislação europeia não considera a recuperação de nutrientes, e que recorre às usinas de Tratamento Mecânico Biológico (TMB), presentes nas diretivas da UE, como alternativa para o desvio da matéria orgânica dos aterros sanitários, fazendo parte da meta de redução dos GEE nos países europeus. Tais autores ainda mencionam que, em alguns casos, a destinação de RO para as TMB ocorre de forma indiferenciada, contribuindo para a contaminação e a consequente proibição de uso e comercialização do composto. O resultado é que o composto gerado nessas

TMB é encaminhado para aterros sanitários devido à baixa qualidade do produto, como fez o governo basco em 2012.

Figura 1 – Destaque das disputas tecnológicas para gestão de resíduos orgânicos

**Queimar ou Aproveitar Uma Riqueza?**

"Está aberta no Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura a concorrência pública para a construção de uma usina de incineração do lixo. As especificações serão fornecidas aos interessados na sede daquele Departamento, no Largo do Estácio, 6. Uma comissão técnica receberá as propostas até o dia 5 de novembro, próximo."

Há nas sete linhas acima uma simplificação de um problema que não vem sendo resolvido tão apressadamente pelas autoridades municipais de várias partes do mundo. Essa decisão é a escolha entre os dois caminhos que o lixo vem tomando hoje em dia: o forno de incineração e a fermentação. A Prefeitura

**CINZÁ x ADUBO — A PREFEITURA DO DISTRITO FEDERAL DIANTE DE UMA OPORTUNIDADE PARA DAR SOLUÇÃO ACERTADA AO PROBLEMA DO LIXO — USINA DE INCINERAÇÃO E USINA ZIMOTERMICA**

duas cidades em que o lixo não apresenta diferenças consideráveis com o lixo do Rio de Janeiro.

**A INCINERAÇÃO**

A incineração do lixo é ainda usada, sobretudo nas regiões de clima temperado e frio, como a Inglaterra, Norte da França, Alemanha, Suíça, etc. Isso porque nessas regiões, o lixo apresenta propriedades completamente diversas do lixo das regiões tropicais e subtropicais, por exemplo, um teor de umidade bastante baixo; por outro lado, em razão da

Fonte: *Correio da Manhã*, Rio de Janeiro, 28 out. 1952.<sup>3</sup>

O mesmo estudo ainda evidencia a falta de participação da população e de interesse dos setores produtivos e ambientais nas discussões sobre a destinação de resíduos e a recuperação de nutrientes (ZABALETA; RODIC, 2015). Enfatiza, ainda, que a ausência de governança, legislação e falta de participação da sociedade perduram como grandes entraves ao aumento da recuperação de nutrientes dos RO, e desconsidera a incineração como tecnologia para recuperação de nutrientes, uma vez que o objetivo da incineração é reduzir o volume para, finalmente, enviar as cinzas ao aterro sanitário, não propondo aproveitar todo o potencial dos RO.

No caso de São Paulo, discute-se a instalação de ecoparques, com a previsão de instalação de um em Santo Amaro, bairro da zona sul da cidade de São Paulo, que receberá diferentes frações de resíduos de forma indiferenciada. Esse sistema não prevê coleta seletiva e considera que a triagem deverá ser feita dentro do ecoparque, em conjunto com o tratamento de recicláveis secos e orgânicos mediante o processo de tratamento mecânico-biológico (TMB) (CSEH, 2018). Esse tipo de parque está previsto no PGIRS da cidade de São Paulo (SÃO PAULO, 2014a). Há que se discutir se o formato desses ecoparques remonta às experiências desastrosas

<sup>3</sup> Disponível em: <[http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=089842\\_06&Pesq=aterrar&pagfis=21429](http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=089842_06&Pesq=aterrar&pagfis=21429)>. Acesso em: 14 mar. 2022.

das usinas centralizadas de compostagem, que não obtiveram sucesso em seus 30 anos de operação, durante os quais oneraram os cofres públicos e causaram problemas de ordem social e ambiental.

Em síntese, 100 anos depois das estações de fermentação Beccari, da década de 1920, notam-se poucos avanços efetivos na gestão de resíduos urbanos, mais especificamente no que diz respeito aos RO. Além de a incineração voltar a figurar como uma possibilidade, os aterros continuam sendo o *mainstream* da destinação dos resíduos. Há uma divisão discursiva entre os projetos de coleta seletiva (voltados exclusivamente para resíduos secos) e os projetos para a gestão de RO (CSEH, 2018), isto é, não se observam ações integradas para a gestão de RSU, ações estas preconizadas na legislação federal e pelas diretrizes locais, o que dificulta uma possível gestão integrada. Evidencia-se, assim, que o discurso é diferente da prática quando se pensa em gestão de resíduos, pois a coleta seletiva e o tratamento de RO continuam a ser tratados de forma fragmentada e isolada, como se este último não impactasse diretamente o funcionamento e o sucesso da primeira. Ademais, há que se considerar a relação intrínseca e a implicação necessária da coleta de RO na qualidade do material inorgânico, recuperado na triagem para ser enviado a diferentes cadeias de reciclagem por tipo de material.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível perceber que a compostagem esteve presente como alternativa de gestão de resíduos orgânicos em diversos períodos da história de São Paulo desde que o sistema de limpeza urbana e coleta de resíduos começou a se estruturar (final do século XIX). Todos os argumentos expostos neste capítulo indicam que a compostagem é tratada como única solução para RO na cidade de São Paulo, e que a cidade ainda não tem um planejamento para a prevenção de resíduos e nem capacidade para discutir a questão de uma transição do sistema de aterros sanitários para um sistema de valorização dos resíduos.

Em relação às duas questões que nortearam este capítulo, fica evidente que, no passado, o município contou com usinas de compostagem, mas que, por problemas técnicos, financeiros e ambientais, estas foram abandonadas. A gestão de RO atual é pautada nos pátios de compostagem de feira e em ações pontuais de compostagem doméstica, estimuladas desde 2014. A previsão é a continuidade dos pátios de compostagem, que agora contam com funcionários capacitados tecnicamente bem como a implantação do ecoparque para tratamento dos resíduos, a qual não pressupõe, entretanto, mudanças estruturais significativas no sistema de limpeza urbana, já consolidado desde 2002, quando o governo municipal modificou a forma

de contratação para a execução do serviço de limpeza urbana. Neste sentido, em 2004 foi firmado o contrato de concessão do serviço de limpeza urbana com duas empresas: a Ecourbis e a Loga, com validade de 20 anos, com possibilidade de renovação. Recentemente, a biodigestão também tem aparecido no horizonte de possibilidades para o tratamento dos resíduos, gerando biogás, um recurso que pode ser utilizado para cocção e geração de eletricidade. Pouco ainda se discute efetivamente, porém, sobre outras formas de tratar os resíduos orgânicos quando não for possível evitá-los, nos termos da hierarquia de gestão de resíduos.

Isso denota a importância de ampliar o engajamento de múltiplos atores, especialmente abrir o diálogo entre a população, as organizações da sociedade civil e as várias instâncias do governo municipal na busca de alternativas que mais se ajustem ao contexto do município de São Paulo. Lidar com a escala, o volume e a diversidade dos RO gerados diariamente na cidade é uma tarefa complexa, especialmente considerando que, atualmente, os RO são quase exclusivamente destinados para aterros sanitários, o que significa deixar de aproveitar o potencial recurso que a matéria orgânica possui. A exemplo do estabelecimento dos aterros sanitários como destinação prioritária para os resíduos sólidos urbanos do município de São Paulo na década de 1970-1980, a incineração reaparece no cenário atual como uma saída “tecnoburocrata”, prometendo solucionar magicamente a problemática da gestão dos RSU, mas que desconsidera os custos socioambientais e econômicos envolvidos em todas as etapas desse processo tecnológico. Por fim, um último questionamento é este: quais serão as soluções futuras para a gestão de RO no município de São Paulo? Os resultados deste capítulo evidenciam que o debate atual remete às mesmas soluções de um século atrás, denotando uma lógica pendular na tomada de decisão municipal entre aterrar, queimar ou aproveitar.

## REFERÊNCIAS

BARREIRA, L. P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção.** 2005. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

BORGES, J.; MONTEIRO FILHO, M. **Riqueza no lixo.** Matéria do Repórter Brasil, 20/08/04. Disponível em: < <https://reporterbrasil.org.br/2004/08/riqueza-no-lixo/> >. Acesso em: 31 jan. 2022.

BRASIL. **Lei 11.445/07, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de

Saneamento Básico; altera as Leis n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei n. 6.528, de 11 de maio de 1978. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 8 jan. 2007, Seção 1. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm)>. Acesso em: 4 nov. 2021.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 ago. 2010, Seção 1, p. 3-7. Disponível em: <[https://www.jusbrasil.com.br/diarios/7190459/pg-3-sec-ao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-03-08-2010?ref=previous\\_button](https://www.jusbrasil.com.br/diarios/7190459/pg-3-sec-ao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-03-08-2010?ref=previous_button)>. Acesso em: 28 ago. 2019.

BRASIL. Congresso. Senado. **Resolução n. 481, de 2017**. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=728>>. Acesso em: 28 ago. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Aproveitamento energético do biogás de aterro sanitário**. 2015.

CALDERONI, S. **Os bilhões perdidos no lixo**. 4. ed. São Paulo: Humanitas/FFLCHUSP, 2003. 338 p.

CALADO, S.; FERREIRA, S. C. **Análise de documentos: método de recolha e análise de dados**. Metodologia de Investigação I. DEFCUL. 2004-2005.

CAMPOS, M. J. Z; ZAPATA, P; ZETTERQUIST, U. E. Transições sociotecnológicas de resíduos: de aterros sanitários à prevenção da criação de resíduos. In: SANTOS, M. C. L. (coord.). **Design, resíduo & dignidade**. CNPq, 2014. 500 p. (Coleção Olhares) Disponível em: <[http://paineira.usp.br/residuos/wp-content/uploads/2014/11/DesignResiduoDignidade\\_PT.pdf](http://paineira.usp.br/residuos/wp-content/uploads/2014/11/DesignResiduoDignidade_PT.pdf)>. Acesso em: 6 nov. 2018.

CAODAGLIO, A. Usinas de compostagem nos anos 1970. In: CAODAGLIO, A.; CYTRYNOWICZ, R. (orgs.). **Limpeza urbana na cidade de São Paulo: uma história para contar**. São Paulo: Via Imprensa, 2012.

CSEH, A. **Mapeamento do campo da gestão de resíduos orgânicos na cidade de São Paulo**. 2019. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

CSEH, A.; FERREIRA, V. M. F.; GONÇALVES DIAS, S. L. F. Avaliação dos programas de metas da cidade de São Paulo: gestão de resíduos sólidos. V Seminário de Resíduos Sólidos (V SIRS). Núcleo de Estudo e Pesquisa em Resíduos Sólidos (NEPER). In: **Anais...** (resumo). São Paulo: EESC-USP, set. 2017.

GODOY, S. R. de. Limpeza urbana: política, modelos institucionais e os limites do Estado. In: MARQUES, E. (org.). **As políticas do urbano em São Paulo**. São Paulo: Unesp Digital, 2018. (cap. 7)

GONÇALVES-DIAS, S. L. F. O desafio da gestão de RSU. **Sociedade e Gestão**, v. 11, n. 1, jan./jun. 2012. Disponível em: <<https://rae.fgv.br/gv-executivo/vol11-num1-2012/desafio-gestao-residuos-solidos-urbanos>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

GONÇALVES-DIAS, S. L. F.; GHANI, Y. A.; CIPRIANO, A. R. P. Discussões em torno da Prevenção e da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Ciência e Sustentabilidade – CeS**, v. 1, n. 1, p. 34-49, jul./dez. 2015.

GOUVEIA, N.; PRADO, R. R. Riscos à saúde em áreas próximas a aterros de resíduos sólidos urbanos. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 44, n. 5, p. 859-866, out. 2010.

JACOBI, P. R.; VIVEIROS M. Da vanguarda à apatia, com muitas suspeitas no meio do caminho – gestão de resíduos sólidos domiciliares em São Paulo entre 1989 e 2004. In: JACOBI P. R. (org.). **Gestão compartilhada de resíduos sólidos no Brasil: inovação com inclusão social**. São Paulo: Annablume, 2006, p. 65-86.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 25, n. 71, p. 135-158, abr. 2011.

KLEIN, F. B. **Por dentro da caixa-preta das políticas públicas municipais de resíduos sólidos urbanos: os arranjos institucionais e a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

LEGASPE, L. R. **Programa Feira Limpa: um novo sistema de coleta seletiva e reciclagem**. São Paulo, s.d.

LOHRI, C. R. *et al.* Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: a review with focus on low- and middle-income settings. **Reviews in Environmental Science Bio/technology**, Suíça, v. 16, n. 1, p. 81–130, mar. 2017.

MANFREDI, S; CRISTOBAL, J. Towards more sustainable management of European food waste: methodological approach and numerical application. **Waste Management & Research**, vol. 34, n. 9, p. 957–968, 2016.

MODAK, P. Municipal solid waste management: turning waste into resources. In: **Shanghai Manual: a guide for sustainable urban development in the 21th Century**. Shangai: China International Publishing Group, 2012. (cap. 5).

ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos de desenvolvimento sustentável**. 2015. Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br/>>. Acesso: 4 nov. 2021.

POTENZA, R. F. *et al.* **SEEG 8 – Análise das emissões brasileiras de Gases de Efeito Estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970-2020**. Observatório do Clima, 2021. 55 p.

RIBEIRO C. J.; ROCHA, C. R. C. **Compostagem de resíduos orgânicos**. Curso de capacitação para operação do processo. Belo Horizonte, MG: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – Cetec Compostagem, jul. 2002. Disponível em: <<http://sengeba.org.br/wp-content/uploads/2015/09/Apostila-de-compostagem.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2019.

SÃO PAULO (Cidade). **Agenda 2012**: programa de Metas da cidade de São Paulo 2009-2012. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2012. Disponível em: <[http://www.iclei.org.br/polics/CD/P2\\_3\\_Pol%C3%ADticas%20de%20Constru%C3%A7%C3%B5es%20Sustent%C3%A1veis/10\\_Areas\\_Verdes/PDF89\\_Agenda\\_2012.PDF](http://www.iclei.org.br/polics/CD/P2_3_Pol%C3%ADticas%20de%20Constru%C3%A7%C3%B5es%20Sustent%C3%A1veis/10_Areas_Verdes/PDF89_Agenda_2012.PDF)> Acesso em: 28 ago. 2018.

SÃO PAULO (Cidade). **Planeja Sampa**: Programa de Metas da cidade de São Paulo 2012-2016. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2013a. Disponível em: <[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/planejamento/arquivos/15308-004\\_AF\\_FolhetoProgrmadeMetas2Fase.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/planejamento/arquivos/15308-004_AF_FolhetoProgrmadeMetas2Fase.pdf)>. Acesso em: 28 ago. 2018.

SÃO PAULO (Cidade). **Planeja Sampa**: Programa de Metas da cidade de São Paulo 2017-2020. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2013b. Disponível em: <[http://planejasampa.prefeitura.sp.gov.br/assets/Programa-de-Metas\\_2017-2020\\_Final.pdf](http://planejasampa.prefeitura.sp.gov.br/assets/Programa-de-Metas_2017-2020_Final.pdf)>. Acesso em 28 ago. 2018.

SÃO PAULO (Cidade) **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2014a. Disponível em: <<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf>>. Acesso em: 1 jun. 2017.

SÃO PAULO (Cidade). **Prefeitura lança projeto inédito de compostagem doméstica.** São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2014b. Disponível em: <[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/freguesia\\_brasilandia/noticias/?p=48670](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/freguesia_brasilandia/noticias/?p=48670)>. Acesso em 31 jan. 2022.

SÃO PAULO (Cidade). **Lei Orgânica do município de São Paulo.** <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/LOM.pdf>. Acesso em 04 nov. 2021.

SÃO PAULO (Cidade). Secretaria Especial de Comunicação. Pátio de Compostagem recebe quase 3 mil toneladas/ano de resíduos orgânicos em São Mateus. **Portal da Prefeitura** [website], 17 jan. 2019. Disponível em: <<http://www.capital.sp.gov.br/noticia/patio-de-compostagem-recebe-quase-3-mil-toneladas-ano-de-residuos-organicos-em-sao-mateus>>. Acesso em: 16 set. 2019.

SRIVASTAVA V.; ISMAIL S. A.; SINGH P.; SINGH R. P. Urban solid waste management in the developing world with emphasis on India: challenges and opportunities. **Reviews in Environment Science Bio/Technology**, v. 14, n. 2, p. 317–337, jun. 2015.

UNEP. United Nations Environment Program. **Towards a green economy: pathways to sustainable development and poverty eradication. A synthesis for policy makers.** St-Martin-Bellevue, França: UNEP, 2011. Disponível em: <[http://www.globalurban.org/UNEP\\_Green\\_Economy\\_Report--Synthesis.pdf](http://www.globalurban.org/UNEP_Green_Economy_Report--Synthesis.pdf)>. Acesso em: 28 ago. 2018.

VILHENA, A. (coord.). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado.** 3. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)/Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), 2010.

ZABALETA, I.; RODIC, L. Recovery of essential nutrients from municipal solid waste: impact of waste management infrastructure and governance aspects. **Waste Management**, v. 44, p. 178–187, out. 2015.

# VIGIANDO A VIGILÂNCIA: UM MODELO DE MATURIDADE PARA CENTROS INTELIGENTES DE OPERAÇÕES NA PARTICIPAÇÃO DEMOCRÁTICA PELO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL URBANO

*Ana Jane Benites<sup>1</sup>, André Felipe Simões<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: [benites.ana@usp.br](mailto:benites.ana@usp.br)

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: [afsimoes@usp.br](mailto:afsimoes@usp.br)

**Resumo:** As cidades inteligentes reiteram a promessa de dinamismo econômico e igualdade social às regiões em desenvolvimento, assim como as propostas de ICT4D (*Information and Communication Technologies for Development*) o fizeram nos anos 1980s e 1990s. Acumulando, ainda, o objetivo de favorecer a sustentabilidade, a qual é dependente da reflexividade, um resultado da democracia participativa e deliberativa, as tecnologias *smart*, ao contrário, podem tolher liberdades e incentivar regimes autoritários, em particular por meio de Centros Inteligentes de Operações (CIOs) que vigiam digitalmente as cidades. Neste contexto, o presente capítulo harmoniza abordagens metodológicas realistas e positivistas

para estabelecer uma ontologia e etimologia de CIOs, examinando sua evolução histórica e, a partir dela, estruturando um referencial analítico de multicritério e qualitativo para verificar o nível de controle, integração e reflexividade em CIOs instalados em cidades pertencentes a diferentes cenários geopolíticos. Esses atributos são utilizados na construção de uma matriz de coeficientes correlacionais de Pearson demonstrando que, embora nos casos dos países ocidentais estudados os CIOs direcionem-se a graduações superiores de reflexividade, na consolidação dos perfis investigados há correlação direta apenas entre integração e controle, isto é, quanto maior a sofisticação tecnológica das plataformas inteligentes nos CIOs, maior a capacidade de manutenção da ordem frente a crises urbanas, em detrimento da democracia. Tais constatações podem ser aproveitadas, além de outros atores, por gestores públicos e lideranças dos CIOs de maneira a redirecionar, por meio de um modelo de maturidade, as estratégias de apropriação das tecnologias de cidades inteligentes a arranjos mais reflexivos, pavimentando caminhos para que as tecnologias *smart* finalmente materializem o desenvolvimento sustentável que a ICT4D das décadas anteriores não cumpriu.

**Palavras-chave:** cidades inteligentes, centros inteligentes de operações, governança e participação democrática, desenvolvimento sustentável urbano.

## SURVEILLING THE SURVEILLANCE: A MATURITY MODEL FOR INTELLIGENT OPERATIONS CENTERS IN DEMOCRATIC PARTICIPATION TO SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT

**Abstract:** Smart cities have been reiterating the promise of economic dynamism and social equality on developing regions just as the ICT4D (Information and Communication Technologies for Development) proposals did in the 1980s and 1990s. Yet accumulating the objective of favoring sustainability, which is dependent on reflexivity, a result of participatory and deliberative democracy, smart technologies, on the contrary, can hinder freedom and encourage authoritarian regimes, in particular by means of Intelligent Operation Centers (IOCs) that digitally surveil cities. In such context, this chapter harmonizes realistic and positivist methodological approaches to establish an ontology and etymology of CIOs, examining their historical evolution and, from there, structuring a multicriteria and qualitative analytical framework to verify the level of control, integration and reflexivity in CIOs installed in cities belonging to different geopolitical scenarios. These attributes are used in the construction of a Pearson correlation coefficient matrix showing that, although in the cases of western countries studied CIOs are

directed to higher degrees of reflexivity, the consolidation of the investigated profiles indicates a direct correlation only between integration and control, stating that the higher the technological sophistication of smart platforms in CIOs, the greater the ability to maintain order in the face of urban crises, to the detriment of democracy. Such findings can, in addition to other actors, be used by public administrators and CIO leaders in order to redirect, by means of a maturity model, strategies for appropriating smart city technologies to more reflexive arrangements, paving the way for smart technologies to finally materialize the sustainable development that the ICT4D of previous decades did not fulfill.

**Keywords:** smart cities, intelligent operation centers, governance and democratic participation, urban sustainable development.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde as primeiras menções ao termo, há 30 anos (BATTY, 1990), as *smart cities* vêm sendo associadas ao progresso técnico como um expediente para o desenvolvimento econômico (KOMNINOS, 2014). Nelas, como ocorreu nos anos 1980 e 1990, reitera-se uma elevada expectativa em propostas de ICT4D (*Information and Communication Technologies for Development*). Estas assumem que regionalidades e, até mesmo, países em desenvolvimento lograriam avanços em dinamismo econômico e redução da desigualdade ao investirem nas tecnologias de informação e comunicação (TIC) inteligentes (PIETERSE, 2010).

As redes sociais, *smartphones* e outros dispositivos inteligentes, difundidos largamente graças ao barateamento de produtos e à transição para a indústria de serviços, alcançariam, então, sob o suporte das nuvens de dados e da inteligência artificial, aquilo que os computadores pessoais, os telecentros e a incipiente internet dos anos 1980 e 1990 não conseguiram em evolução social vinculada à alavancagem econômica (WALSHAM, 2017). Em lugar disso, as duas últimas décadas do século XX marcaram um salto nos níveis de produção e consumo associado a uma intensa depleção de recursos naturais, sem efeitos práticos contra o acirramento de disparidades socioeconômicas globais (DOLLAR, 2005).

Não obstante, essas décadas também assistiram à consolidação de debates sobre os limites do crescimento, em que a publicação do Relatório Brundtland e esforços no engajamento de todos os setores sociais pela ONU conduziram a uma notável conscientização global em torno do conceito de desenvolvimento sustentável (KAJIKAWA, 2008). Edificou-se, destarte, a constatação de que o crescimento econômico quantitativo, alavancado pelo determinismo tecnológico e

consumismo, não leva à prosperidade qualitativa do equilíbrio entre as perspectivas econômica, ambiental, social, institucional e cultural (DALY; FARLEY, 2004).

Os entendimentos sobre cidades inteligentes e desenvolvimento sustentável passaram, a partir dessas percepções, a conviver e cooptar elementos entre si, na medida em que tecnologias inteligentes facilitam o atingimento de objetivos do desenvolvimento sustentável (*demand pull*) e a proliferação de soluções *smart* cada vez mais inovadoras promove a expansão do setor das TIC inteligentes (*technology push*) (AHVENNIEMI *et al.*, 2017). Ademais, a disseminação das TIC e suas variantes *smart* tende a favorecer o dinamismo econômico que, adequadamente direcionado, multiplica oportunidades de atenuação tanto das desigualdades sociais (HEEKS, 2010) quanto das agressões ao meio ambiente (DE BRUYN, 2012).

A repercussão dessa permeabilidade entre os constructos de cidade inteligente e cidade sustentável é evidente, por exemplo, na definição de *smart cities* pela ISO (*International Standards Organization*)/TC 268 (ISO, 2012), que menciona as dimensões social, econômica e ambiental do desenvolvimento sustentável, além de compor indicadores para a implementação de cidades inteligentes (ISO 37122). Esses indicadores, por sua vez, dependem do conjunto de métricas para comunidades e serviços sustentáveis (ISO 37100 e ISO 37123) (AHVENNIEMI *et al.*, 2017; ISO, 2019), que se alinha ao Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 11 (ODS 11) – Cidades e Comunidades Sustentáveis (ISO, 2019, Anexo B).

Embora contribuam na convergência para um consenso entre vários atores sociais sobre o significado de *smart city*, após três décadas acumulando centenas de conceptualizações discrepantes, essas normas ISO não explicitam a idiosincrasia na construção social do rótulo “sustentabilidade” ao ser concretizado no plano tangível da sociedade e da natureza: os ideais de sustentabilidade forte, fraca e muito fraca são interexcludentes, e os interesses neoliberais e assimetrias de poder entre os agentes interferem a favor das versões fracas (SMITH, 2003).

Isto posto, ferramentas que incentivem a participação democrática e deliberativa dos cidadãos na cocriação do desenvolvimento sustentável urbano, o qual induz à igualdade socioeconômica, são indispensáveis para cultivar saberes sobre os riscos dessas proposições fracas. De fato, a democracia participativa é uma das incumbências designadas ao princípio *smart* e que se observa mesmo entre os padrões ISO para cidades inteligentes (SMITH, 2003).

No entanto, há controvérsias sobre a eficácia dos arranjos sociotécnicos de *smart cities* em propiciar a reflexividade implicada no processo democrático deliberativo (FUSSEY, 2004), isto é, colecionar dados a partir de fontes oriundas de todos os setores e estratos sociais e, interpretando-os segundo o conhecimento

científico e as expectativas da sociedade isentas de influências de grupos dominantes, retroalimentar os cidadãos com informações confiáveis para maior efetividade no debate democrático e melhor orientação nas tomadas de decisão (SMITH, 2003; ZHUHADAR *et al.*, 2017).

Ao contrário, a alta capacidade de integração proporcionada pelas TIC *smart* tolheria liberdades e submeteria a sociedade a regimes controladores autoritários, como no caso de videomonitoramento e vigilância a redes sociais integrados a funções de inteligência do Estado, para, até mesmo, coibir dissidentes e movimentos sociais desafiadores das ordens vigentes (FUSSEY, 2004).

Uma das instâncias mais representativas desse paradoxo efetiva-se nos Centros Inteligentes de Operações (CIO), geralmente corporificados em salas altamente equipadas com tecnologias de última geração e vultosas capacidades em inteligência artificial para interpretar as nuvens de dados de sensores, câmeras de vídeo, redes sociais e demais fontes que congregam (ZHUHADAR *et al.*, 2017).

Ofertados como pacotes inéditos de serviços, produtos e processos pelos provedores globais de TIC às megacidades, os CIO maximizam, sob o impulso das plataformas *smart*, a potência integradora entre os múltiplos agentes da rede sociotécnica que abarcam. São, assim, anunciados como propulsores para a reflexividade da lógica democrática, embora instituem o paradigma de comando e controle (ZHUHADAR *et al.*, 2017).

A tese dos CIO como ferramentas de coparticipação cidadã democrática tem respaldo na premissa de que amparam correlação positiva entre as competências de integração e reflexividade e, analogamente, entre as primeiras e as competências de controle, mas não necessariamente entre estas últimas e as competências de reflexividade. Ou seja, quanto maior a robustez tecnológica, tanto melhor para a democracia e para a manutenção da ordem, mas sem acarretar autoritarismos ao intensificar monitoramento para a preservação do *status quo*.

Sob a égide de tais considerações, o presente trabalho testa essas hipóteses em casos de CIO amadurecidos, selecionados entre quatro metrópoles globais inseridas em diferentes cenários geopolíticos. Para isso, propõe uma ontologia e epistemologia (MARSH; FURLONG, 2002) aplicável a tal objeto de estudo, possibilitando verificar se os CIO são realmente sistemas inéditos ou uma adaptação de exemplares legados. Tal quadro analítico se traduz num modelo de maturidade (TORRINHA; MACHADO, 2017) que pode ser empregado por administrações urbanas na evolução contínua de seus CIO para níveis mais avançados em sua vocação de apoio à democracia participativa e deliberativa.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1. Um breve histórico sobre os Centros Inteligentes de Operações

CIO são sistemas sociotécnicos (CUNHA *et al.*, 2020) derivados do arquétipo (Quadro 1) de salas de guerra (*war rooms*), cujos primórdios remontam à revolução no sistema de comando e controle naval perpetrada pela Marinha Britânica no início do século XX, mais precisamente entre 1905 e 1914, para traçar estratégias mais acuradas em manobras de guerra (LAMBERT, 2005, p. 361).

**Quadro 1** – Conceitos-chave associados aos Centros Inteligentes de Operações (CIO)

Termo	Definição	Referências
Paradigma/ paradigma tecnológico	Consiste em um exemplar – um artefato a ser desenvolvido e aprimorado – e um conjunto de heurísticas de busca, ou abordagens de engenharia, fundamentados em ideias e convicções do pessoal técnico acerca de direcionamento, problemas a resolver e tipo de conhecimento sobre o qual se basear nas atividades de pesquisa e inovação em geral. Define um <i>framework</i> tecnológico compartilhado entre comunidades técnicas e econômicas, permitindo padronização, melhorias contínuas em produtos e eficiência em processos, contribuindo com a perpetuação de modelos tecnológicos dominantes.	Kemp <i>et al.</i> (1998); Dosi (1982)
Arquétipo/ arquétipo tecnológico	Similar a paradigma tecnológico, mas em estágio inicial do seu processo de consolidação. O Centro de Comando e Controle (CCC) corresponde a uma manifestação tecnologicamente mais estabelecida do arquétipo de sala de guerra ( <i>war room</i> ) e, portanto, é considerado como um paradigma mais avançado. O Centro Inteligente de Operações (CIO), por sua vez, figura como a versão amadurecida do CCC, recebendo, igualmente, a interpretação de paradigma derivado do arquétipo de <i>war room</i> , mas ainda mais evoluído em relação ao CCC.	Kemp <i>et al.</i> (1998); Dosi (1982); Zhuhadar (2017); Peldszus (2021)
Cidade inteligente ( <i>Smart city</i> )	<p>Conceito socialmente construído que, em sua evolução a partir de uma gênese essencialmente neoliberal, vem conciliando elementos do constructo de cidade sustentável.</p> <p>Uma cidade inteligente é cada vez mais ágil na oferta de resultados sustentáveis sociais, econômicos e ambientais. Responde a desafios como mudanças climáticas, rápido crescimento populacional e instabilidade política e econômica, principalmente, aprimorando o engajamento com a sociedade, a aplicação de métodos de liderança colaborativa, a transdisciplinaridade no trabalho e na interação com sistemas, o uso de informações e tecnologias modernas para entregar melhores serviços e qualidade de vida aos cidadãos (residentes, visitantes, empresas), presente ou futuramente, de maneira justa para todos e preservando o ambiente natural.</p> <p>Os princípios gerais da sustentabilidade devem orientar os indicadores de desempenho no gerenciamento de <i>smart cities</i> nas perspectivas abrangentes da cultura, economia, educação, energia, ambiente e mudança climática, finanças públicas, governança, saúde, habitação, condições sociais da população, lazer, segurança, tratamento de resíduos sólidos, telecomunicações, transportes, agricultura e segurança alimentar, planejamento urbano, saneamento, água e, finalmente, registro e comunicação de resultados do sistema de indicadores urbanos.</p>	ISO (2019); Ahvenniemi <i>et al.</i> (2017)

Ainda no século XIX, em 1887, o Departamento de Inteligência Naval (DIN) da Marinha Real Inglesa foi criado para incrementar a efetividade do almirantado no processamento, disseminação e exploração de informações de valor militar, processo, então, já conhecido como “*inteligência*”. Entretanto, apesar da disponibilidade do telégrafo sem fio desde o final dos anos 1890, permitindo a rápida transmissão de informações entre instalações em terra firme e embarcações navegando em mares longínquos, os almirantes vitorianos ainda adotavam a nova infraestrutura de telecomunicações apenas operacionalmente. Ignoravam seu potencial estratégico em viabilizar a centralização, no continente, de informações adquiridas da periferia oceânica, propiciando o desenvolvimento de um mapa situacional da frota marítima suficientemente detalhado para apoiar, remotamente, táticas mais eficazes de ataque e defesa (LAMBERT, 2005, p. 362).

As responsabilidades do DIN permaneceram, portanto, essencialmente administrativas na prática até meados de 1903. Essa época marcou um salto na incorporação de recursos humanos ao DIN, incluindo expansões na competência de suas lideranças e na rede de fontes de dados, que passou a abranger contatos da marinha comercial. Então, mapas preditivos de concentração de navios mercantes por período do ano começaram a ser produzidos e distribuídos aos comandantes de frotas para delineamento de manobras defensivas (LAMBERT, 2005, p. 364).

Esse resultado decisivo marcou a transição do papel burocrático do DIN para uma postura consultiva mais especializada, amparada na metódica captação e acúmulo de vastos volumes de dados, com subsequente classificação e análise deles para geração de informes situacionais mais precisos, abrangentes e contextualizados, transmitidos telegraficamente (LAMBERT, 2005, p. 364).

Reconhecida a importância das então novas tecnologias de informação e comunicação (TIC), alicerçadas no telégrafo sem fio e na malha de conexões que este impulsionava, o Alto Comando da Marinha Britânica tratou de fortalecer a confiabilidade do aparato, provendo redundância à infraestrutura de comunicação por meio de transmissores mais potentes e sobreposição à rede de cabeamento telegráfico já existente. Além da ampliação de postos regionais com alcance para além do Mediterrâneo, amplificando a capacidade de localização de embarcações até Hong Kong, novos provedores de informação foram vinculados ao *grid* de comunicações do DIN, até mesmo em domínios continentais: gerentes de companhias inglesas de telecomunicações tornaram-se fornecedores de cópias de comunicações militares e diplomáticas estrangeiras que transitavam através de cabos de telégrafo britânicos, representando 80% do tráfego mundial de mensagens provenientes da Europa (LAMBERT, 2005 p. 372-378).

Tal implementação precoce do conceito de *crowdsensing* em redes sociais virtuais, aliada ao encaminhamento de atividades repetitivas a outros setores, propiciou o aperfeiçoamento de processos de exploração da inteligência acumulada no DIN. A partir de 1905, embarcações de guerra inimigas não eram apenas localizadas, mas rastreadas, inaugurando funções preditivas a partir da interpretação dos dados coletados. Os resultados eram convertidos em coordenadas de geolocalização das esquadras, exibidas, diariamente, num grande mapa de parede numa sala do departamento que se tornou conhecida como *war room* (LAMBERT, 2005, p. 380).

Os desdobramentos da construção desse sistema sociotécnico inteligente, dedicado à percepção situacional estratégica nas salas de guerra, culminaram no estabelecimento do paradigma (Quadro 1) de Centro de Comando e Controle (CCC), que, num primeiro momento, promoveu o DIN a diretor estratégico de manobras das forças navais britânicas, deslocando-as às posições táticas e especificando suas missões. Finalmente, com o amadurecimento e a codificação formal dos procedimentos da sala de guerra, o almirantado pôde envolver-se diretamente, ainda que geograficamente distante, nas operações das armadas, ordenando, em detalhes significativos, suas ações (LAMBERT, 2005, p. 383-385).

Essa atitude executiva e virtualmente inteligente do DIN foi submetida a experimentos preliminares no período pré-guerra e durante a Primeira Guerra Mundial, em que a alocação de especialistas junto à equipe técnica e à liderança do CCC, bem como o aprendizado e o aprimoramento constante de pessoal, processos e tecnologia revelaram-se cruciais para a instauração, difusão e subsequente institucionalização dos modelos de *war room* e CCC (LAMBERT, 2005, p. 397).

Continuamente sofisticados, os CCC foram largamente difundidos ao longo da Segunda Guerra Mundial (WINTER, 2014; SIMKINS, 1983), sendo até eternizado o Gabinete de Salas de Guerra de Winston Churchill na forma de museu em Londres (IWM, 2021).

## 2.2. Uma ontologia e epistemologias dos Centros Inteligentes de Operações

No decorrer da história, os CCC propagaram-se para outros contextos, independentes dos conflitos armados, como o gerenciamento de missões críticas, a exemplo das salas de controle de lançamento de foguetes da NASA nos anos 1970 (PELDSZUS, 2021). Eles se reproduziram, dentre outros, nos Centros de Operações de Emergência (COE), para o gerenciamento de incidentes como furacões, pandemias etc.; nos Centros de Controle de *Smart Grids* (CCSG), para

o controle da geração, transmissão e consumo de energia elétrica; nos Centros de Controle de Tráfego (CCT), que monitoram e facilitam a mobilidade urbana; e nos Centros de Controle e Videomonitoramento de Segurança (CCVS), em que há vigilância, por forças policiais, de áreas mais suscetíveis a distúrbios de segurança.

Por fim, grandes cidades vêm gradativamente aderindo aos CIO (ZHUHADAR *et al.*, 2017), dotados de competências potencializadas por TIC *smart* e que permitem, num único espaço, a agregação de funções de COE, CCSG, CCT e SCVS, além de outras. Soluções típicas de cidades inteligentes (Quadro 1), constituem-se em sistemas sociotécnicos capazes de integrar múltiplas fontes de dados de várias aplicações (redes sociais, câmeras de vídeo, sensores inteligentes etc.) e auxiliar os administradores no planejamento de rotina, monitoramento e manutenção operacional urbana e/ou na resposta, sob serviços personalizáveis e recombináveis, a várias demandas do dia a dia das cidades. Com base em dados históricos de eventos armazenados em nuvens de dados, os CIO também oferecem serviços de apoio à decisão em situações de crise e ao planejamento proativo, participativo e/ou deliberativo da administração urbana no longo prazo, utilizando algoritmos analíticos fundamentados em *big data*.

Essas categorias de CCC são adaptações do arquétipo de *war room* para a gestão de múltiplas funcionalidades contemplando demandas urbanas, todas convergindo para um centro correlato. É uma tendência justificada pela criticidade e complexidade dos problemas perniciosos das cidades contemporâneas, que abarcam, entre outros, o crescimento intenso e desordenado dos espaços urbanos e as ameaças das mudanças climáticas.

Ainda, dada a transversalidade desses desafios da sustentabilidade urbana, os quais se sobrepõem e potencializam-se mutuamente, alheios à departamentalização em áreas de conhecimento e de governo, é procedente a confluência da gestão situacional dos diferentes serviços ou funções num só CCC, em que as várias perspectivas temáticas (acidentes, energia, transporte, segurança etc.) sejam tratadas de forma integrada, sinérgica e transdisciplinar. Além disso, a importância da integração não se atém unicamente a disciplinas e plataformas tecnológicas, mas contempla, igualmente, a aproximação entre equipes internas e externas à administração das cidades.

Tais arranjos aglutinadores de atribuições, entretanto, podem sobrecarregar o CCC com tarefas corriqueiras de menor relevância, comprometendo sua efetividade estratégica. Assim, um mecanismo de redistribuição e/ou automação de tarefas é fundamental para o desempenho do CCC. O progresso técnico e a informatização, bem como lideranças socialmente hábeis, vêm contribuindo decisivamente com

essa inteligência endógena, comportamental, dos CCC desde seus primórdios na Primeira e Segunda Guerras Mundiais, como menciona a Subseção 2.1.

A evolução histórica dos CCC sintetizada naquela Subseção também confirma que as inovações tecnológicas, em particular nas infraestruturas de TIC, já vinham lhes favorecendo, sobremaneira, nos processos de aquisição, armazenamento, compilação, análise e distribuição de informações, que se tornam mais rápidos, eficientes e confiáveis. As inovações nos sistemas de telégrafo prévias à Primeira Guerra Mundial e durante a Segunda Guerra Mundial já comprovavam essa asserção. Lideranças empreendedoras à frente dos CCC, mesmo naquela época, exploravam recursos tecnológicos emergentes e impunham novas demandas técnicas, alimentando ciclos de inovação de *technology push* e *demand pull*, eventualmente em parceria com o setor privado, de modo a incrementar, sucessivamente, as competências e o desempenho das salas de guerra.

A melhoria contínua pela incorporação de lições aprendidas e a habilidade social em articular redes de alimentação de dados aos CCC também já estavam materializadas na componente de inteligência endógena do constructo das *war rooms*. E tais competências, então, estimulavam, como atualmente, a perspectiva da inteligência exógena, de cooperação externa em *crowdsourcing* com o CCC no suprimento de informações e obtenção de conhecimento, direcionamento e ações enriquecidas com o resultado da análise especialista do CCC sobre grandes coleções de dados.

As manifestações vigentes de CCC apresentam, portanto, mudanças majoritariamente quantitativas em comparação às suas instâncias inaugurais, principalmente na capacidade de processamento e manutenção de dados em rapidez, quantidade, precisão e acurácia sem precedentes.

A mudança qualitativa que assinala a transição dos CCC para os CIO advém da proliferação de dispositivos *smart*, bem como de outros canais inteligentes, que possibilitam a atores humanos e não humanos colaborar com informações até mesmo de forma passiva.

A nuvem de dados assim construída, inclusive em tempo real, expande a consciência dos CIO sobre as preferências, opiniões, necessidades, expectativas, atitudes etc. dos cidadãos, e, por vezes, auxilia na resolução de demandas antes mesmo de que sejam por eles percebidas. Essas atitudes proativas, como previsão e prevenção a desastres, por exemplo, podem generalizar-se à abrangência de seres não humanos e à natureza como um todo, auxiliando na conservação ambiental e harmonizando a resiliência de curto prazo com sustentabilidade de longo termo, repercutindo para além das fronteiras urbanas.

Uma abstração inédita de inteligência, destarte, cristaliza-se, viabilizando a participação do cidadão no planejamento das cidades e ofertando conhecimento, inclusive científico, para respaldar uma participação democrática e deliberativa mais enriquecedora. É uma fusão da inteligência exógena do CCC com o domínio da inteligência endógena, no sentido de que a liderança do CCC, a chave para sua direção e agência estratégica, passa a ser compartilhada com os cidadãos: eles não mais permanecem externos às paredes da *war room*, como fornecedores e consumidores de informações, mas ocupam seu espaço dentro dela, cocriando agendas políticas e novas concepções de cidade.

Esse cidadão empoderado pelo CIO e para ele é, então, intitulado de *smart citizen* (cidadão inteligente), e a inteligência compartilhada pelo CIO é qualificada como reflexiva.

Tal transição qualitativa do CCC para CIO, instaurando uma epistemologia contemporânea (abordagem participativa, transformadora e reflexiva) para o arquétipo de *war room*, porém, não é imediata, pois, da mesma forma que versões legadas de plataformas tecnológicas coexistem durante ciclos de inovação técnica, também expressões sociais obsoletas convivem com as de vanguarda nos sistemas sociotécnicos. Dessa forma, sempre persistiram e, presentemente, perpetuam-se configurações retrógradas dos CCC fundamentalmente informativos, diretivos e executivos, ao lado de exemplares mais inclinados ao padrão reflexivo dos CIO.

Essas modalidades restritas em reflexividade acabam impondo governanças autocráticas baseadas na lógica foucaultiana do “vigiar e punir”, em que as câmeras de vídeo e outros artefatos de monitoramento justapõem-se à urbe como sistemas de constante observação e julgamento dos cidadãos. Os CIO, portanto, figurariam como a máquina panóptica de Bentham em que os indivíduos são submetidos incessantemente à ameaça de vigilância potencial, de maneira a condicionar seus comportamentos sob uma autodisciplina que garante a reprodução do poder em vigor (FUSSEY, 2004, p. 256).

Com efeito, é intuitiva a interpretação das plataformas de monitoramento urbano como alicerces dessa nova constituição de poder onipresente, sutil e embutida da modernidade, que substitui o antigo aparelho de Estado centralizado e soberano, reforçado pela punição física à desobediência. Contudo, o pressuposto de ubiquidade que tal consubstanciação de poder sugere não é totalmente válido diante da constatação de que os serviços ofertados pelos CIO almejam, a princípio, não necessariamente atentar-se a pessoas, mas detectar situações de ameaça à segurança das comunidades. O objetivo e a atitude não são de vigiar extensivamente toda a população, tolhendo liberdades ou invadindo privacidades, mas alvejar, sem

práticas discriminatórias, os responsáveis pela fabricação de riscos à qualidade de vida na cidade, humanos ou não, de forma que acidentes e outros problemas diversos sejam prevenidos ou rapidamente resolvidos. Por isso, como um dos exemplos, equipamentos de monitoramento dos CIO são implantados apenas em regiões de risco, e não generalizadamente em todo o território urbano.

A ubiquidade extensível às fronteiras municipais e para além delas, aliás, estaria assegurada, sob a teoria panóptica de Foucault, pelas demais instituições sob traços modernistas e contemporâneos como escolas, fábricas etc., sendo os CIO, desse modo, mais uma entre elas (FUSSEY, 2004, p. 257).

Em contrapartida, os próprios cidadãos vêm, gradativamente, inserindo na malha de vigilância suas câmeras de vídeo domiciliares, além de contribuições em redes sociais a partir de *smartphones* e outros aparatos. A assertiva de uma força central de poder soberano, ainda que exista dispersa pela sociedade sob a governamentalização do Estado, expressando-se unilateralmente e de cima para baixo, igualmente não se mantém neste caso, dada sua natureza de movimento de base (*grassroots*), com impacto de baixo para cima (FUSSEY, 2004 p. 258).

Esses argumentos, todavia, não refutam o cenário de apropriação social dos CIO para o expediente indevido de “vigiar e punir”, o que os caracterizaria, até, como menos amadurecidos no aproveitamento de sua inteligência potencial. Mas retomam a crítica ao determinismo estrutural que acompanha a concepção foucaultiana de poder, a qual não compreende agência, somente autocoeção frente à inevitabilidade da opressão onipresente imputada pelas instituições de vigilância (FUSSEY, 2004, p. 258-260). Sem embargo, a agência cidadã que toma posse dessas competências institucionais, cocriando a rede de videomonitoramento com suas próprias colaborações e revertendo seu uso para a segurança coletiva e resiliência da cidade é, justamente, o elemento crucial para forjar CIO de níveis mais elevados em maturidade reflexiva.

### 2.3. Metodologia

Para analisar o grau de compatibilidade entre CIO com os perfis informativo, diretivo, executivo e reflexivo, foram definidos critérios relativos a escalas qualitativas para avaliar competências associadas à tendência a controle ou reflexividade e capacidade de integração desses sistemas sociotécnicos, como destaca o Quadro 2.

**Quadro 2 – Critérios para classificação do grau de compatibilidade de CIO com perfis informativo, diretivo, executivo e reflexivo**

Perfil analítico	Critério de pontuação
<b>Descrição</b>	
<b>Nível de controle (NC)</b>	NC <sub>i</sub> = (+1: baixo); (+2: médio) ou (+3: alto) NC = (Σ <sub>i</sub> = 1..4 (NC <sub>i</sub> ))/4
<p><b>NC1:</b> O centro de operações encontra-se sob a responsabilidade da força policial com menor influência da prefeitura (exemplo: foi inaugurado pelo prefeito em parceria com outros atores que não apenas agentes da segurança pública).</p> <p><b>NC2:</b> A utilização dos serviços de videomonitoramento e sensoriamento inteligente destinam-se predominantemente à segurança pública (flagrante de crimes e identificação de criminosos etc.) e/ou observação das leis de trânsito (flagrante de estacionamento irregular, de excesso de velocidade), com pouca ou nenhuma expressão no auxílio à coordenação de ações de emergência (como observação de cheias em córregos, abertura de rotas para encaminhamento de socorro em caso de acidentes etc.).</p> <p><b>NC3:</b> A postura com relação a desastres e outros eventos de distúrbio é predominantemente reativa, buscando reforçar a lei e a ordem e resolver conflitos considerados passageiros, sem preocupação com novas tendências anômalas, terminando por manter o <i>status quo</i> e privilegiar ações de curto prazo, postergando mudanças de regime, por exemplo.</p> <p><b>NC4:</b> Bases de dados, serviços e informações sobre sua performance não são abertos a toda a comunidade de cidadãos ou os canais de comunicação que existem são unidirecionais (isto é, o cidadão é apenas informado, e não convidado a participar sua opinião e também sua ação para transformar os serviços e/ou os ecossistemas urbanos a que se destinam os CIO).</p>	
<b>Nível de reflexividade (NR)</b>	NR <sub>i</sub> = (+1: baixo); (+2: médio) ou (+3: alto) NR=(Σ <sub>i</sub> =1..4 (NR <sub>i</sub> ))/4
<p><b>NR1:</b> O centro de operações agrega outros agentes que não apenas a força policial, tendo maior influência da prefeitura e/ou da Defesa Civil desde sua inauguração e ao longo de seu ciclo de vida em funcionamento.</p> <p><b>NR2:</b> Os serviços de videomonitoramento e sensoriamento inteligente estão mais voltados para o auxílio às ações de emergência e menos para flagrar desvios à lei e à ordem.</p> <p><b>NR3:</b> A postura é predominantemente proativa, buscando observar tendências e ativando ações para evitar desastres no curto prazo, mas também estimulando ações para o longo prazo, como mudanças de regime.</p> <p><b>NR4:</b> Bases de dados, serviços e informações sobre seu desempenho são abertos a toda a comunidade de cidadãos por canais de comunicação bidirecionais (isto é, o cidadão não é apenas informado, mas convidado a participar sua opinião e também sua ação para transformar os serviços e/ou os ecossistemas urbanos a que se destinam).</p>	
<b>Nível de integração</b>	NI <sub>i</sub> = (+1: baixo); (+2: médio) ou (+3: alto) NI=(Σ <sub>i</sub> =1..3 (NI <sub>i</sub> ))/3
<p><b>NI1:</b> O centro de operações integra vários departamentos da municipalidade, incluindo agentes públicos (como governo e população), privados e mistos.</p> <p><b>NI2:</b> O centro de operações tem alcance regional, estadual, nacional.</p> <p><b>NI3:</b> A tecnologia empregada permite maior capacidade de integração (entre sistemas, entre outras tecnologias, entre pessoas etc.).</p>	

Os CIO das cidades do Rio de Janeiro (Brasil), Nova Iorque (Estados Unidos), Santander (Espanha) e Songdo (Coreia do Sul) foram selecionados a partir de uma pesquisa bibliográfica a casos de implantação de soluções de cidades inteligentes em que esse arquétipo de *war rooms* já estivesse estabelecido há 10 anos ou mais. Assim, a análise não é influenciada por implementações experimentais de tecnologias inteligentes que, eventualmente, podem ser desativadas nos primeiros anos de operação.

Os resultados da aplicação desse referencial analítico às cidades escolhidas, bem como considerações e conclusões sobre esse exercício, estão sumarizados nas próximas seções.

## 2.4. Resultados e discussões

O Quadro 3 compila o resultado da aplicação do *framework* analítico listado no Quadro 2 sobre os CIO das metrópoles selecionadas para investigação, segundo os procedimentos metodológicos descritos para a pesquisa.

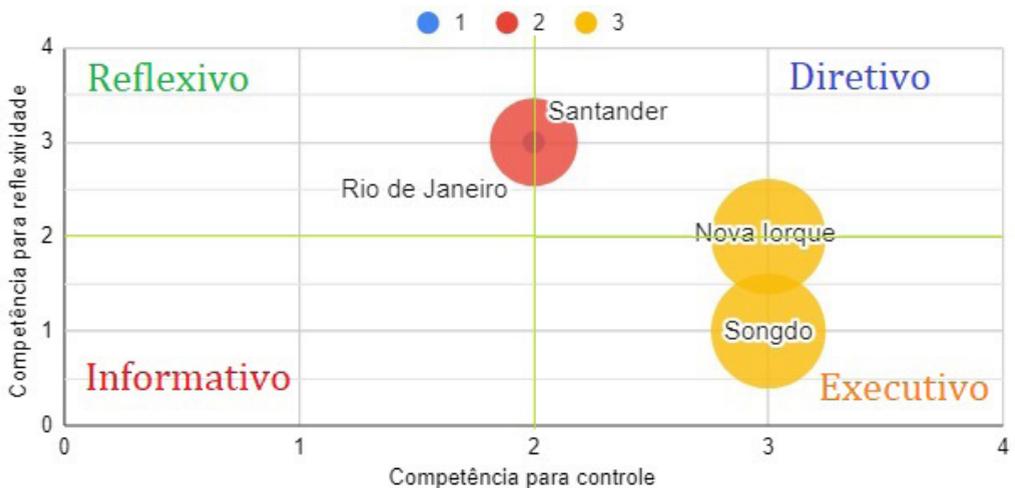
**Quadro 3** – Classificação do grau de compatibilidade de CIO com perfis informativo, diretivo, executivo e reflexivo

Cidade	NC	NR	NI	Perfil predominante
<b>Características de destaque para a análise</b>				
Rio de Janeiro	2	3	2	Diretivo-reflexivo
Inaugurado pela prefeitura principalmente para gerenciamento de eventos meteorológicos extremos, com previsão da intensidade deles por meio de sensores inteligentes, utiliza videomonitoramento e outros recursos <i>smart</i> para controlar aspectos da segurança pública e do trânsito. Disponibiliza um volume significativo de dados abertamente e mantém efetiva integração interna à administração urbana e agências externas, mas passível de melhorias com órgãos estaduais, federais etc.				
Nova Iorque	3	2	3	Diretivo-executivo
Criado em resposta ao ataque terrorista às Torres Gêmeas em 2001, reforça, em especial, a vigilância, prevenção e reação a distúrbios da segurança urbana. Alcança altos níveis de integração interna e externa, recorrendo ativamente a algoritmos preditivos baseados em nuvens de dados capturadas de redes sociais e outras fontes, mas não oferece repositórios de dados de fácil acesso aos cidadãos.				
Santander	2	3	1	Reflexivo
Edificado sob os preceitos da democracia participativa e deliberativa, suporta iniciativas de direcionamento de <i>big data</i> a projetos sociais, estabelecendo canais de comunicação bidirecionais e de engajamento dos cidadãos. Sua integração administrativa interna e externa, bem como a infraestrutura tecnológica para aprimorá-la, porém, acumula múltiplas oportunidades de melhoria.				
Songdo	3	1	3	Executivo
Conta com arranjos sofisticados de alta tecnologia em <i>smart cities</i> , facilitando a integração internamente à administração pública e com organismos governamentais regionais e nacionais. A capacidade de controle por meio da vigilância de cidadãos, preservando a ordem e coibindo ameaças à segurança, também é ampliada tecnologicamente. Porém, a robusta nuvem de dados e notável capacidade de interpretação dela são pouco direcionadas à participação dos cidadãos, prevalecendo um delineamento de comunicação unidirecional em que eles funcionam apenas como sensores inteligentes, na forma de transmissores passivos de dados situacionais.				

Em certa medida, os resultados obtidos no Quadro 3 e representados graficamente no diagrama da Figura 1 refletem as filosofias dos regimes de governo vigentes nos países de cada cidade cujos CIO foram investigados: Santander se beneficia de uma interpretação de cidades inteligentes voltada à participação pública que, na Europa, tem se difundido mais exitosamente, ao passo que Songdo herda traços do autoritarismo que comumente se observa entre as nações orientais. Rio de Janeiro e Nova Iorque condicionam-se ao meio termo, dotando seus CIO de contornos mais diretivos, em parte, pela orientação democrática das nações a que se vinculam. Seguindo o mesmo raciocínio, os CIO dessas duas cidades do oeste global inclinam-se ao perfil executivo, em consonância com a maior pressão de forças neoliberais em seu contexto geopolítico.

Todos os CIO estudados aglutinam as manifestações de CCC combinadas a tecnologias emergentes de *smart cities*, isto é, suportam, simultaneamente, funções de COE, CCSG, CCT e SCVS de forma inteligente. Todavia, apesar de o suporte tecnológico avançado das TIC *smart* facilitar a materialização de competências como de integração e reflexividade, nem sempre a tecnologia é um fator determinante para contemplá-las plenamente, como mostra o caso de Songdo, que se destaca no primeiro perfil, mas é limitada no segundo.

**Figura 1** – Diagrama de bolhas para níveis de competências reflexivas, controladoras e integradoras dos CIO investigados e compatibilidade com os perfis informativo, executivo, diretivo e reflexivo



Nesses casos, caracteriza-se uma separação entre as inteligências endógena e exógena no centro de operações, peculiaridade dos CCC tradicionais que prevaleceram durante as duas grandes guerras mundiais.

Nenhuma das instâncias de CIO observadas atingiram perfeita harmonização entre essas inteligências combinada à maximização no grau de compatibilidade com o perfil reflexivo do modelo contemporâneo ideal de *war room*. Existem, por conseguinte, oportunidades de melhoria contínua a serem identificadas em sessões de lições aprendidas pelas respectivas lideranças dos centros, que podem associar o referencial teórico aqui exercitado a modelos de maturidade. Tais eventos de aprendizado, uma outra expressão de inteligência, tendem a engendrar mudanças qualitativas para remover barreiras à agregação das inteligências especialistas do CIO com a dos cidadãos leigos. A partir daí, e não somente da sobreposição de tecnologias *smart*, é que a cidade passa a compartilhar a liderança da sala de guerra, materializando os princípios da democracia participativa e deliberativa.

Finalmente, os coeficientes de correlação de Pearson compilados no Quadro 4 refutam a hipótese de que há correlação positiva entre as competências de integração e reflexividade, confirmando a correspondência correlacional direta entre as primeiras e competências de controle.

**Quadro 4** – Matriz de coeficientes de correlação linear de Pearson entre os níveis de competência integradora, reflexiva e controladora para os CIO sob análise

NC × NR / NR × NC	NC × NI / NI × NC	NR × NI / NI × NR
-0,90	0,90	-0,81

Ademais, há, sim, correlacionamento indireto entre as competências de controle e reflexivas no domínio sob estudo. Aliás, todas as correlações podem ser observadas em expressiva intensidade no mesmo Quadro 4.

### 3. CONCLUSÕES

Este estudo recorreu à doutrina realista (MARSH; FURLONG, 2002) para traçar o histórico evolutivo dos CIO, comprovando que, em lugar de sistemas sociotécnicos inéditos, caracterizam-se como o desfecho de sucessivas inovações de continuidade sobre o modelo de *war room* implantando a partir da Primeira e da Segunda Guerras Mundiais.

O estudo dos eventos de transição das salas de guerra para os CIO também proporcionou a assimilação de uma ontologia e etimologia para esses centros *smart*, constatando que sua inteligência endógena, impulsionada pela competência das lideranças empreendedoras internas aos CIO, estimula a inteligência exógena, encorajando a contribuição de agentes externos ao CIO com a nuvem de dados a ser explorada estrategicamente pelo centro.

No início do seu ciclo de vida, dispondo de competências reduzidas em liderança e apropriação estratégica de tecnologia, os CIO apresentam-se como informativos (consultivos) apenas. À medida que as habilidades sociais dos líderes se intensificam, em consonância com a capacidade tecnológica, papéis mais estratégicos vão sendo assumidos pelos CIO. Eles tendem a migrar de apenas coadjuvantes para protagonistas diante das crises, avançando de diretivos (comandantes) a executivos (controladores da ação). O nível superior de maturidade dos CIO só é atingido, porém, quando empregam seu aparato tecnológico e estratégico para compartilhar decisões e agência com os cidadãos, refletindo suas preferências de forma democrática e deliberativa. Nesse estágio, as paredes da sala de guerra se extinguem, e o cidadão, ainda que virtualmente, integra-se ao núcleo de liderança e operação dos CIO; as inteligências endógena e exógena se fundem e o perfil reflexivo (liderança compartilhada) é materializado.

Portanto, a integração tecnológica entre dispositivos e sistemas, maximizada a patamares sem precedentes pelas arquiteturas de *smart cities*, não é a única responsável por conferir aos CIO a possibilidade de substancializar a reflexividade da democracia participativa e deliberativa. Outros predicados integrativos, entre departamentos governamentais e pessoas, entre áreas de conhecimento, regiões etc., são essenciais para difundir e expandir conhecimento, levando a decisões e escolhas mais democráticas pelo enriquecimento de debates favoráveis não exclusivamente às variantes fracas da sustentabilidade ou ao desenvolvimento sustentável unicamente econômico.

Contudo, esse ideal democrático só se cristaliza nos CIO se a usual correlação direta entre as competências de integração e de controle replicar-se positivamente junto às competências de reflexividade, e de maneira que estas últimas se correlacionem inversamente com as competências de controle.

Adotando uma abordagem positivista, essas hipóteses foram testadas por intermédio da estruturação de um referencial analítico qualitativo de multicritério para submeter os casos dos CIO das cidades de Nova Iorque, Rio de Janeiro, Songdo e Santander à avaliação em níveis de controle, integração e reflexividade. Uma matriz de correlação de Pearson construída a partir dos nivelamentos atribuídos por tal análise a cada caso e tipo de competência demonstrou que a correlação direta entre integração e controle foi confirmada, mas causando uma correspondência indireta entre esta última e as competências reflexivas, bem como uma correlação inversa entre as competências de integração e de reflexividade (Quadro 4).

Esses resultados sugerem que, apesar da apropriação mais reflexiva da alta tecnologia nas plataformas *smart* das cidades de Santander e Rio de Janeiro, houve

predomínio, em particular para o CIO de Songdo, do emprego das destacadas competências integradoras de cidades inteligentes para a manutenção de ordens vigentes sob moldes de comando e controle, em detrimento da abertura para a participação cidadã reflexiva.

Tais predisposições são justificáveis para CIO em quaisquer geografias, pois sua responsabilidade primária é restabelecer a normalidade urbana diante de desastres e crises, situações nas quais o comando e controle das *war rooms* mostra-se, historicamente, bastante efetivo. Entretanto, a circunstância dos CIO como ponto transdisciplinar e estratégico de convergência para informações provenientes de todos os dispositivos inteligentes, redes sociais e outros componentes das *smart cities*, adjacente à sua capacidade analítica a nuvens de dados, faz deles instrumentos oportunos para executar a reflexividade democrática deliberativa indispensável às cidades contemporâneas e à sustentabilidade.

Dessa forma, o presente estudo viabilizou o respaldo metodológico a uma coleção de achados que podem ser utilizados nos processos de aprendizado contínuo dos CIO, especialmente sob modelos de maturidade, para lograr transições qualitativas, sob o apoio das TIC *smart*, a perfis mais reflexivos rumo a cidades verdadeiramente inteligentes. A disponibilização aberta de dados e serviços de inteligência artificial aos cidadãos e o engajamento consciente destes nos planos de evolução e operação dos CIO são algumas das medidas que colaboram para o amadurecimento democrático desses sistemas sociotécnicos.

Assim, todas as dimensões do desenvolvimento sustentável tendem a ser contempladas nesses novos arranjos de ICT4D, agora firmados sob plataformas de *smart cities*, multiplicando a probabilidade de que a promessa de dinamismo econômico e igualdade social confiada às TIC desde os anos de 1980 e 1990 seja, por fim, cumprida.

## REFERÊNCIAS

AHVENNIEMI, H.; HUOVILA, A.; PINTO-SEPPÄ, I.; AIRAKSINEN, M. What are the differences between sustainable and smart cities? *Cities*, 60, 234-245, 2027.

BATTY, M. Intelligent cities: using information networks to gain competitive advantage. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 17(3), 247-256, 1990.

CUNHA, M. E. S.; ROSSETTI, R. J.; CAMPOS, P. Modelling smart cities through socio-technical systems. *In: 2020 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)*. IEEE, 2020, p. 1-8.

DALY, H. E.; FARLEY, J. **Ecological economics: principles and applications**. Island Press, 2004, 2011.

DE BRUYN, S. M. **Economic growth and the environment: an empirical analysis**. Springer Science & Business Media, 2012. (Vol. 18)

DOLLAR, D. Globalization, poverty, and inequality since 1980. **The World Bank Research Observer**, 20(2), 145-175, 2005.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, 11(3), 147-162, 1982.

FUSSEY, P. New labour and new surveillance: theoretical and political ramifications of CCTV implementation in the UK. **Surveillance & Society**, 2(2/3), 2004.

HEEKS, R. Do information and communication technologies (ICTs) contribute to development? **Journal of international development**, 22(5), 625-640, 2010.

ISO (International Standardization Organization). **ISO/CD 37122:2019**. Sustainable development in communities – Indicators for smart cities. 2019. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:37122:ed-1:v1:en>. Acesso em: 19 out. 2021.

ISO (International Standardization Organization). ISO/TC 268:2012. Sustainable cities and communities. Disponível em: <https://www.iso.org/committee/656906.html>. Acesso em: 31 jan. 2022.

IWM (Imperial War Museums). **Cabinet War Rooms Permanent Display**. 2021. Disponível em: <https://www.iwm.org.uk/events/cabinet-war-rooms>. Acesso em: 7 maio 2021.

KAJIKAWA, Y. Research core and framework of sustainability science. **Sustainability Science**, 3(2), 215-239, 2008.

KEMP, R.; SCHOT, J.; HOOGMA, R. Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management. **Technology Analysis & Strategic Management**, 10(2), 175-198, 1998.

KOMNINOS, N. **The age of intelligent cities: smart environments and innovation-for-all strategies**. Routledge, 2014.

LAMBERT, N. A. Strategic Command and Control for Maneuver Warfare: Creation of the Royal Navy's "War Room" System, 1905-1915. **The Journal of Military History**, 69(2), 361-410, 2005.

MARSH, D.; FURLONG, P. A skin not a sweater: ontology and epistemology in political science. **Theory and Methods in Political Science**, 2, 17-41, 2002.

PELDSZUS, R. Architectures of command: the dual-use legacy of mission control centers. *In: Militarizing outer space*. London: Palgrave Macmillan, 2021, p. 285-312.

PIETERSE, J. N. Digital capitalism and development: the unbearable lightness of ICT4D. *In: Emerging digital spaces in contemporary society*. London: Palgrave Macmillan, 2010, p. 305-323.

SIMKINS, P. **Cabinet War Rooms**. Imperial War Museum, 1983.

SMITH, G. **Deliberative democracy and the environment**. Routledge, 2003, p. 53-76.

TORRINHA, P.; MACHADO, R. J. Assessment of maturity models for smart cities supported by maturity model design principles. *In: 2017 IEEE International Conference on Smart Grid and Smart Cities (ICSGSC)*. IEEE, jul. 2017, p. 252-256.

WALSHAM, G. ICT4D research: reflections on history and future agenda. **Information Technology for Development**, 23(1), 18-41, 2017.

WINTER, J. Museums and the representation of war. *In: Does war belong in museums?* 2014, p. 21-38. transcript-Verlag.

ZHUHADAR, L.; THRASHER, E.; MARKLIN, S.; DE PABLOS, P. O. The next wave of innovation – Review of smart cities intelligent operation systems. **Computers in Human Behavior**, 66, 273-281, 2017.

# ANÁLISE DE UM PROGRAMA SETORIAL DE GOVERNANÇA DA CADEIA DE FORNECEDORES NO VAREJO DE VESTUÁRIO BRASILEIRO<sup>1</sup>

*Rita de Cássia Lopes Moro<sup>1</sup>, Sonia Regina Paulino<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). E-mail: ritalopes@usp.br

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). E-mail: sonia.paulino@usp.br

**Resumo:** Varejistas de vestuário em diferentes países e regiões vêm desenvolvendo ou participando de diversas estruturas de governança da cadeia de fornecedores, buscando encontrar uma forma de lidar com os desafios das cadeias globais. Essas estruturas elaboram padrões que regulam comportamentos e produção de forma local ou global. O artigo objetiva analisar a evolução da estrutura de governança de um programa setorial do varejo de vestuário brasileiro. Para tanto, foi realizada pesquisa exploratória, com base em dados de 22 edições do regulamento do padrão ABVTEX (Associação Brasileira do Varejo Têxtil) e entrevistas com diferentes atores. Os avanços identificados na

---

<sup>1</sup> O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Brasil (CAPES), Código de Financiamento 001.

estrutura de governança são: evolução do padrão de certificação de fornecedores, inclusão de organismo supervisor das auditorias e classificação dos fornecedores e varejistas. Apontam-se como principais limitações a centralização das decisões, falta de representatividade das partes interessadas, comunicação e a avaliação dos requisitos ambientais. Conclui-se que a estrutura vem sendo modificada ao longo dos últimos anos incidindo tanto no ambiente interno quanto externo, mas com mudanças pontuais.

**Palavras-chave:** cadeia de fornecedores, sustentabilidade, autorregulação.

## ANALYSIS OF A SECTORIAL PROGRAM OF THE GOVERNANCE OF THE SUPPLIER CHAIN IN BRAZILIAN APPAREL RETAIL

**Abstract:** Apparel retailers in different countries and regions have been developing or participating in different governance structures of the supply chain, seeking to find a way to deal with the challenges of global chains. These structures elaborate standards that regulate behavior and production locally or globally. This article aims to analyse the evolution of the governance structure of a Brazilian apparel retail sector program. Therefore, was realized exploratory research, based on data from 22 editions of the ABVTEX (Brazilian Association of Textile Retail) regulation and interviews with different actors. The advances identified in the governance structure are the evolution of the standard of certification of suppliers, the inclusion of a supervisory body for audits, classification of suppliers, and retailers. The main limitations of the centralization of decisions, lack of representativeness of stakeholders, communication, and audits of the assessment of environmental requirement. It is concluded that the structure has been modified over the last few years, affecting both the internal and the external environment, but with occasional changes.

**Keywords:** supply chain, sustainability, self-regulation.

### 1. INTRODUÇÃO

Ao considerar o setor de vestuário, no modelo convencional, a literatura revela que a cadeia de suprimentos é de elevada complexidade, multinível, dispersa globalmente e extremamente poluidora a montante, com elevados aspectos negativos nas dimensões da sustentabilidade, como consumo de água, energia, pesticidas, produtos químicos, geração de efluentes e resíduos, e também condições precárias

de trabalho e exploração da mão de obra (DE BRITO; CARBONE; BLANQUART, 2008; DIABAT; KANNAN; MATHIYAZHAGAN, 2014; SALCEDO, 2014).

Uma das formas de integrar as dimensões da sustentabilidade aos produtos, processos e serviços é por meio das iniciativas e instrumentos de governança da cadeia de suprimentos. Nesse sentido, a literatura sobre a Nova Economia Institucional destaca que a regulação pelo mercado é orientada ao conjunto de fatores que moldam e definem interações no interior e entre organizações (NELSON, 2001). Para isso, as estruturas de governança (arranjos institucionais) são formas que buscam inibir o comportamento oportunista e a racionalidade limitada pelo estabelecimento de instrumentos de regulação, que compreendem as regras, e da estrutura de suporte, que diz respeito a monitoramento, certificação e auditoria, para a verificação das transações (VEIGA-NETO; MAY, 2010).

As certificações são apontadas como um marco na regulação privada, sendo mecanismos atrelados às formas de governança que podem influenciar a integração de melhores práticas sustentáveis *upstream* da cadeia de suprimentos (CHKANIKOVA; LEHNER, 2015). Embora seja crescente a criação de novos protocolos, verifica-se que esses mecanismos possuem limitações e não são suficientes para assegurar práticas e processos realmente sustentáveis (BURSZTYN; BURSZTYN, 2012; VEIGA, 2010).

Nesse sentido, o capítulo tem como objetivo analisar a evolução da estrutura de governança de um programa setorial do varejo de vestuário brasileiro, o Programa ABVTEX, da Associação Brasileira do Varejo Têxtil. Esse programa foi criado em 2010, com o objetivo de disseminar boas práticas e monitorar a cadeia de suprimentos dos varejistas signatários. São analisadas as instâncias internas e externas da estrutura de governança, bem como os instrumentos de governança ao longo da sua evolução, envolvendo auditoria e certificação por meio de organismos certificadores de terceira parte, para verificação da conformidade em relação ao cumprimento dos requisitos e do código de conduta. Dados atuais revelam que, até agosto de 2021, 3.556 empresas (fornecedores e subcontratados) estavam certificadas, distribuídas em 635 municípios e 18 estados, abrangendo mais de 350 mil empregos diretos, e que já foram realizadas mais de 43.300 auditorias, desde 2010. As empresas signatárias são varejistas nacionais e multinacionais, correspondendo a 26 grupos com mais de 90 marcas, o que representa, aproximadamente, 25% da receita do setor no país (ABVTEX, 2020).

Essa introdução é seguida pela fundamentação teórica na seção 2. Na terceira seção apresenta-se a metodologia. A seção 4 discute os resultados, que demonstram

uma estrutura de governança centralizada, apoiada em regras não consolidadas. Na última seção, é feita a conclusão.

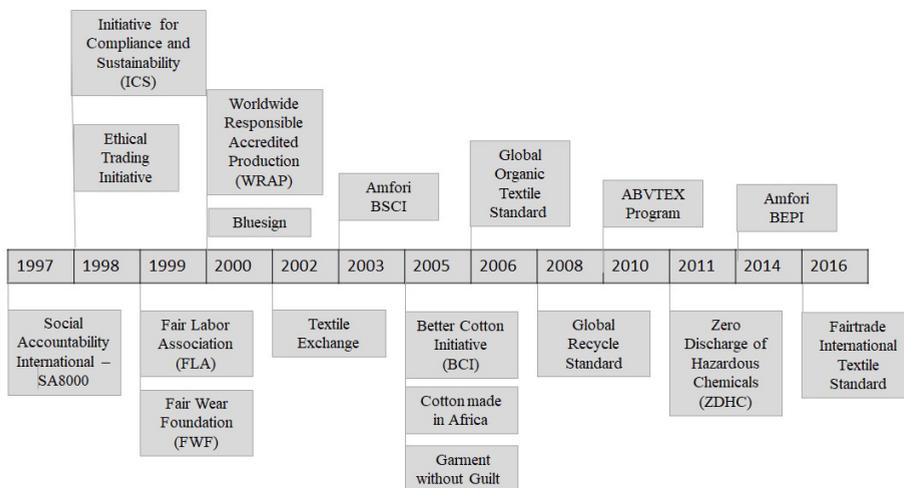
## 2. CADEIA DE SUPRIMENTOS, ESTRUTURAS E INSTRUMENTOS DE GOVERNANÇA

A gestão da cadeia de suprimentos sustentável é aquela em que a administração dos fluxos de informação, material e capital, bem como a cooperação entre empresas possui como objetivo o desenvolvimento sustentável (SEURING; MÜLLER, 2008). Para isso, as metas sociais e ambientais da cadeia de suprimentos devem ser alinhadas à política da empresa focal, de forma que o desempenho externo se torne fator crítico a ser considerado (CARVALHO; BARBIERI, 2013). Esse aspecto deve ser analisado levando em consideração a complexidade das relações, a variedade das transações, o ciclo de vida do produto (MAJUMDAR; SINHA, 2019) e o nível de profissionalização, o que pode levar a elevados desafios para a gestão empresarial (BORGER; NOZOE, 2011).

Nesse sentido, o relacionamento entre a empresa focal e sua cadeia de suprimentos pode ocorrer no sentido normativo, com intensa troca de informações e colaboração, pautando-se em estruturas de governança em que há interação com a base de fornecimento, ou por meio de programas de *compliance*, basicamente para o cumprimento das legislações de forma mais indireta (BOSTRÖM *et al.*, 2015).

No setor do vestuário, a literatura (BOSTRÖM *et al.*, 2015; CHKANIKOVA; KOGG, 2018; MORO; PAULINO, 2020; O'ROURKE, 2006) revela o crescente surgimento de estruturas de poder e comando que grandes varejistas e marcas que de forma coletiva vêm criando programas e padrões de certificação para gerenciar a cadeia de suprimentos, como demonstra a Figura 1.

**Figura 1** – Linha do tempo do surgimento das iniciativas e padrões do setor têxtil e de vestuário



A diferença entre eles está na profundidade do alcance. Enquanto muitas se concentram em determinadas etapas/processos (BCI, ZDHC) e se atêm à análise do nível mais próximo (FLA), ou seja, fornecedores de produtos acabados (O’ROURKE, 2014), há outras que se pautam em padrões de exigência mais elevados e que, ao mesmo tempo, incluem outros grupos de interesse na elaboração dos instrumentos e estruturas de governança, por exemplo, os padrões criados por múltiplas partes interessadas, como FWF, ETI e Textile Exchange (O’ROURKE, 2006).

### 3. METODOLOGIA

Conforme Chkanikova e Kogg (2018), os estudos sobre certificação na literatura de gestão e governança da cadeia de suprimentos ainda é pouco explorado. Nesse sentido, o processo exploratório proporciona familiaridade com o problema de pesquisa e permite torná-lo mais explícito, envolvendo múltiplas fontes de dados, como levantamento bibliográfico, entrevistas e análise de exemplos.

A obtenção de dados ocorreu por meio da pesquisa documental e de entrevistas. O artigo de Moro, Paulino e Cruz (2019) foi usado como referência para continuação da análise dessa estrutura. Kaplinsky e Morris (2000) recomendam que para análise longitudinal de estruturas de governança busque-se entender a trajetória e mudanças, sendo necessário estudar um período de no mínimo cinco anos. Dessa forma, para obter uma maior amplitude, o presente trabalho analisa a estrutura de governança do Programa ABVTEX de 2011 até abril de 2020, com

base nos Regulamentos e Código de Conduta (inserido na versão 2.0/2017) que dispõem sobre a estrutura de governança e seus instrumentos. Os regulamentos foram obtidos diretamente com a gerência do Programa e por meio do site,<sup>2</sup> que desde maio de 2019 começou a disponibilizar as edições.

Inicialmente, todas as 22 edições do regulamento foram analisadas, o que permitiu a identificação de três grandes mudanças no direcionamento dos objetivos, requisitos e em relação à estrutura de governança. Desse modo, após a primeira análise para destacar a evolução das estruturas e dos instrumentos, foram analisadas as seguintes versões: janeiro/2011, outubro/2012, fevereiro/2013, junho/2016, agosto/2017, maio/2019 e julho/2019.

Além disso, nos meses de julho e agosto de 2020, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com atores de diferentes posições da cadeia de suprimentos, utilizadas neste trabalho para auxiliar o entendimento do processo de participação e tomada de decisão. Os entrevistados tiveram sua identidade preservada, como destaca o Quadro 1. A pesquisa é do tipo exploratória com abordagem qualitativa, pois se detém na profundidade e detalhamento do caso (VERGARA, 2012) e busca compreender não apenas o fato, mas o contexto em que ele ocorre. Logo, a seleção intencional, não probabilística, é importante para o pesquisador selecionar e entrevistar pessoas que possam contribuir com informações mais ricas para o problema de pesquisa (CRESWELL, 2010). Desse modo, além de serem atores que deram retorno à solicitação de entrevista, eles também estão no Programa desde o início: o varejista é parte do conselho gestor; o fornecedor tem grande volume de produção e trabalha com processo de terceirização; a auditora já trabalhou em dois organismos certificadores diferentes e atuou como coordenadora do Programa em varejistas.

**Quadro 1 – Dados das entrevistas realizadas**

Cargo	Organização	Estado	Data	Duração (minutos)	Meio da entrevista
Diretor executivo	ABVTEX	São Paulo	7 e 14 jul. 2020	108	Google Meet – gravadas e transcritas
Auditora	Organismo certificador	São Paulo	4 ago. 2020	64	
Gestora de processos	Fornecedor com de vestuário	Santa Catarina	11 ago. 2020	98	
Analista sênior	Varejista	São Paulo	19 ago. 2020	174	
Sócio	Subcontratado – oficina de costura	Santa Catarina	21 ago. 2020	44	

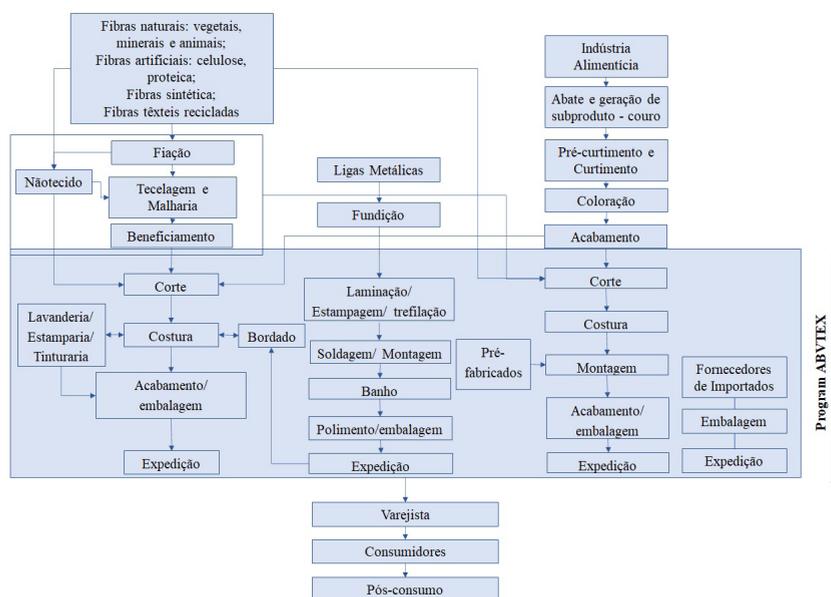
<sup>2</sup> No site da ABVTEX (<https://www.abvtex.org.br/regulamento-e-politicas/>) estão disponíveis as versões 2.0, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 e 3.0. Acesso em: set de 2019.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com abrangência nacional e em constante crescimento de adesão, o Programa ABVTEX é uma ação setorial entre a Associação Brasileira do Varejo Têxtil e os varejistas signatários, que buscam monitorar as práticas socioambientais da cadeia de fornecimento por meio da criação de um sistema único de auditorias anuais, realizadas por organismos independentes. Os signatários do Programa assinam o “termo de adesão e de compromisso assegurando que irão adquirir apenas mercadorias de fornecedores que façam parte do Programa” (ABVTEX, 2020, p. 4).

Até 2015, o Programa ABVTEX centrava-se em certificar e monitorar a cadeia de fornecimento do ramo têxtil (vestuário e têxteis para o lar). Posteriormente, passou a incluir os ramos de acessórios e calçados. Não abrange as empresas que produzem matéria-prima e beneficiamento antes do processo de corte (sendo facultativo a essas e outras empresas fornecedoras que não compõem a cadeia dos signatários), como mostra a Figura 2. A certificação com base nos requisitos do Programa é condição necessária para que fornecedores e seus subcontratados iniciem ou mantenham relação comercial com os varejistas signatários, por isso o Programa também pode ser considerado uma barreira a entrada.

**Figura 2** – Representação dos processos que são certificados pelo Programa ABVTEX em fornecedores têxteis

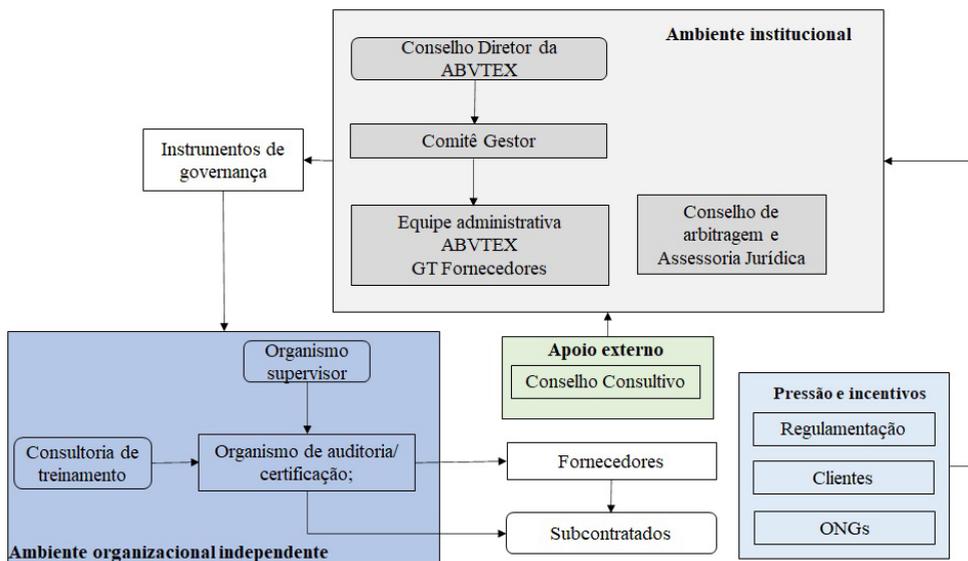


Fonte: baseada em Marconi *et al.* (2017); Rick (2003) e Vilela e Ferreira (2008).

#### 4.1 A Estrutura de Governança do Programa ABVTEX

A estrutura de governança do Programa ABVTEX inicialmente era composta de: (i) equipe administrativa da ABVTEX, responsável pela operacionalização do Programa e monitoramento dos organismos de auditoria; (ii) grupo de trabalho (GT Fornecedores), que reúne os representantes de cada varejista signatário, é a parte operacional e técnica do Programa e, também, a que acompanha com mais proximidade a cadeia de suprimentos e dispõe sobre critérios e diretrizes, bem como propõe, avalia e valida tecnicamente as sugestões de mudanças; e (iii) comitê gestor composto por representantes dos varejistas, é o responsável pela decisão e validação final dos padrões de responsabilidade socioambiental e os critérios que comporão o Programa ABVTEX (ABVTEX, 2011). A partir de outubro de 2012, houve a integração do conselho diretor, que também é formado por representantes do varejo e foca em decisões estratégicas, e do conselho consultivo, que é composto por entidades representativas da sociedade selecionadas pelo comitê gestor (ABVTEX, 2012, 2013, 2016). Já em agosto de 2017, buscando agregar transparência e legitimidade ao processo de auditoria, integraram-se o comitê de arbitragem, assessoria jurídica, organismo supervisor e consultoria de treinamento, com o objetivo de melhorar a qualidade das auditorias e das análises dos recursos (ABVTEX, 2017, 2019a, 2019b). A Figura 3 destaca um esboço da atual estrutura de governança.

**Figura 3** – Demonstração da estrutura de governança do Programa ABVTEX com as instâncias internas e externas – versão 3.02/2020



Li *et al.* (2014) destacam que a estrutura de governança pode mudar ao passo que também ocorre transferência de direitos e obrigações para outro elo da cadeia, por exemplo para os fornecedores. Isso pode ser observado nessa estrutura, uma vez que os fornecedores possuem responsabilidades pelo desempenho do programa, tanto por aderir e seguir as diretrizes do regulamento, quanto por comunicar e engajar seus subcontratados a buscarem adequação. Entretanto, a participação desses atores no programa ainda é reduzida, e até 2017 não havia participação opinativa. A partir da versão 2.0, de agosto de 2017, mudanças ocorreram, e houve uma maior abertura para sugestões vindas dos envolvidos no programa (fornecedores, organismos certificadores, varejistas) através da consulta pública para a revisão dos padrões. As sugestões são compiladas pela equipe administrativa e analisadas tecnicamente pelo GT Fornecedores e pela assessoria jurídica, enquanto o poder de decisão é do Comitê Gestor. Segundo os entrevistados, a participação dos fornecedores, subcontratados e auditores não é ativa. O subcontratado entrevistado, por exemplo, não sabia da existência desse tipo de participação. Já para a auditora e a analista sênior, as varejistas signatárias não têm o mesmo comprometimento com os compromissos do Programa, não sendo ampla a participação por parte da maioria nas discussões e reuniões mensais. Muitas vezes, o gestor da área não tem o conhecimento técnico de campo necessário para contribuir com melhorias.

Percebe-se que, ao incorporar os novos órgãos à estrutura de governança, houve avanços mais técnicos e com maior robustez em relação aos requisitos e procedimentos. Porém, a decisão final continua centrada no comitê gestor e conselho diretor, compostos de representante apenas dos signatários, o que destaca o comando e se configura como uma estrutura hierárquica sem equilíbrio de forças nos processos decisórios.

## 4.2 Instrumentos de governança

Os instrumentos de governança buscam normatizar comportamentos e ajudam a reduzir a racionalidade limitada e os riscos para as organizações. O Programa AVBTEX possui os seguintes instrumentos: termo de adesão ao programa e termo de compromisso, código de conduta, regulamentos, *checklist*, auditoria de terceira parte. O termo de adesão é o instrumento pelo qual o varejista assume os compromissos com o Programa, e o termo de compromisso, que deve ser assinado e devolvido em até noventa dias da adesão de cada varejista ou grupo, mostra a situação da cadeia de fornecimento. A falta da assinatura do termo de compromisso pode impactar a classificação do varejista, que pode ser pleno ou em desenvolvimento.

### 4.2.1 Código de conduta

O Código de Conduta estabelece os valores e os princípios que orientam a maneira de condução das diferentes partes interessadas no Programa. Está pautado na legislação brasileira e observa a adoção das normas da Organização Internacional do Trabalho (OIT). Busca encorajar os varejistas signatários para que apoiem os esforços da ABVTEX em manter a responsabilidade na cadeia de fornecimento do setor, cabendo-lhes, portanto, criar mecanismos de monitoramento próprios para disseminar o objetivo do código de conduta em seus fornecedores e subcontratados.

Conforme argumenta Vogel (2009), os códigos especificam as responsabilidades das empresas focais, abordando práticas trabalhistas, desempenho ambiental e direitos humanos, e tornaram-se uma dimensão altamente visível e cada vez mais legítima da governança. O código de conduta do Programa ABVTEX aborda os temas de forma reduzida, focando em aspectos sociais e condições de trabalho, mesmo na versão 3.0, com a ampliação dos requisitos ambientais. Os temas abordados são: trabalho decente; liberdade de escolha; liberdade de associação; saúde e segurança do trabalho; livre de assédio moral; remuneração; horas trabalhadas; comportamento ético e zelo pelo meio ambiente. O documento, porém, não aprofunda a questão ambiental no norteamento dos temas destacados.

### 4.2.2 Regulamento

Conforme Seuring e Müller (2008), a adoção de certificações é a ação de maior expressão em relação ao processo de governança da cadeia de fornecedores e pode corroborar para amenizar riscos e incorporar melhorias à cadeia de suprimentos. Para isso, é necessário que os requisitos sejam amplos e englobem questões sociais e também ambientais, e que avancem para além da conformidade legal. Porém, conforme a literatura (GRAPPI; ROMANI; BARBAROSSA, 2017; POSTHUMA, 2010), muitas estruturas de governança adotam padrões de certificação com requisitos mínimos, e nem todos os requisitos têm o mesmo peso. Isso pode ser observado na presença oscilante da questão ambiental nos requisitos do Programa ABVTEX, que, até a versão mais recente (julho/2019), focava apenas no controle de resíduos e na verificação da existência da estação de tratamento de efluentes. O Programa passou por uma ampliação e, na versão de julho/2019, integrou uma análise um pouco mais ampliada, com a verificação da existência de um responsável pela gestão ambiental da empresa e checagem documental em relação a emissões atmosféricas e à destinação de resíduos.

No entanto, a mudança da versão também trouxe consigo a condicionalidade para fornecedores e subcontratados optarem ou não por serem auditados nos requisitos do bloco superior, que envolvem temas como práticas de transparência, de gestão e quase 70% dos requisitos da parte ambiental. Isso é um ponto a ser observado, uma vez que as empresas certificadas pelo Programa possuem etapas altamente poluidoras, como lavanderias e tinturarias. Segundo o auditor entrevistado, essas alterações e condicionalidade no bloco superior pode corroborar para uma flexibilização e piora no cumprimento dos requisitos. Isso indica um problema da metodologia utilizada que pode abrir brechas para comportamentos oportunistas. Ainda segundo o auditor entrevistado, por não haver um envolvimento maior entre a associação/varejistas com os fornecedores, os requisitos não são suficientes para provocar mudanças substanciais nas práticas em relação à questão ambiental. Para ilustrar essa afirmação, o auditor cita como exemplo o tratamento de efluentes, que não é priorizado, de modo que muitas empresas auditadas não obtêm conformidade nesse requisito. Assim, além das regras do Programa, outro aspecto importante que deve ser considerado é a fiscalização por órgãos públicos, bem como a fraca atenção dada por organizações da sociedade civil e pelos consumidores.

#### 4.2.3 Auditoria

O Programa contempla a realização de auditoria independente (Quadro 2) por meio de organismos certificadores credenciados (Bureau Veritas, DNV-GL, SGS, Intertek e ABNT) que constituem o ambiente organizacional da certificação ABVTEX, auditando a cadeia de suprimentos (fornecedores e seus subcontratados) e indicando a conformidade com os critérios e requisitos mínimos estabelecidos pelo regulamento e pelo *checklist* do Programa. Ademais, como forma de transparência e poder de decisão para os consumidores, os varejistas podem classificar o fornecedor certificado em duas categorias diferentes, dependendo de como sua cadeia de suprimentos está auditada: pleno ou em desenvolvimento. Já em relação aos fornecedores e subcontratados certificados aprovados, as categorias de classificação são ouro, prata ou bronze. Essas categorias diferem em relação ao modelo de auditoria que é escolhido, por exemplo, se a empresa que será certificada não optar pelo protocolo que contemple o bloco superior (*checklist* completo com algumas questões que não fazem parte da legislação), a empresa poderá obter apenas a classificação bronze, ou seja, cumpre com os requisitos mínimos. Contudo, tanto no relatório anual como nas informações divulgadas sobre as empresas na lista aberta no site da ABVTEX (nome e endereço das empresas certificadas no programa), não é apresentada a classificação delas. Essa informação poderia

contribuir com a transparência para o público externo, uma vez que assim seria possível acompanhar a evolução das empresas dentro do Programa.

**Quadro 2** – Evolução das auditorias do Programa ABVTEX

Versão do regulamento	Características da auditoria
Janeiro/2011	Auditoria externa (documental e de campo com entrevistas) por meio da aplicação de <i>checklist</i> para qualificação: inicial, de acompanhamento de plano de ação, de manutenção e requalificação. Critério de desempenho mínimo de 70% <sup>3</sup> e infrações inaceitáveis, <sup>4</sup> após é gerado um relatório que pode ter como resultado: aprovado, reprovado ou pendente em plano de ação.
Outubro/2012	Inclusão da rastreabilidade.
Fevereiro/2013	
Junho/2016	
2.0 agosto/2017	Auditoria de escritórios (organismos de auditoria) e auditoria de observação das auditorias regulares pelo Organismo Supervisor.
2.5 maio/2019	Inclusão de auditoria de preposto na versão.
3.0 julho/2019	Auditoria Inicial, Auditoria <i>Follow Up</i> (plano de ação), Auditoria de Renovação, Auditoria de Verificação <sup>5</sup> e Auditoria de Mudança de Endereço. Novo dimensionamento da auditoria, que variará de aspectos sociais e condições de trabalho à inclusão da parte ambiental. Novos níveis de criticidade: tolerância zero, crítico, maior e menor. Nova metodologia para atingir requisitos mínimos e classificação.

Percebe-se que, ao longo dos anos, as auditorias ampliaram seu escopo e introduziram novos processos. Isso colabora para maior eficiência da auditoria, pois esta vem adotando tanto treinamento como auditoria de supervisão coordenada pelo organismo supervisor (que também tem a função de credenciar novos organismos certificadores), o que possibilita avaliar a qualidade do auditor. Contudo, a falta de uma aproximação com o Programa pode ter impacto na eficiência das auditorias, pois o tempo para realização é considerado curto e as mudanças das diversas versões não são amplamente destacadas, isto é, a versão mais recente do regulamento não menciona o item que foi alterado. Isso pode dificultar o entendimento não apenas do auditor, mas também dos diferentes atores, o que interfere em um dos objetivos da certificação, que é a simetria de informação.

<sup>3</sup> Para os requisitos meio ambiente e gestão ambiental, não havia pontuação mínima exigida.

<sup>4</sup> As infrações inaceitáveis são trabalho infantil, forçado ou análogo ao escravo e de estrangeiro irregular, além de outras que devem ser penalizadas.

<sup>5</sup> Neste caso, os custos podem ser da ABVTEX ou de quem solicitar.

## 5. CONCLUSÃO

O presente artigo apresentou a evolução da estrutura de governança de um programa setorial e seus instrumentos para monitorar a cadeia de suprimentos do varejo de vestuário brasileiro. É uma estrutura com poder e comando centralizados nos varejistas signatários e que dista de estruturas de governança que pressupõem representação diversificada.

Esse modelo de estrutura de governança pode não ser eficaz quando se levam em consideração aspectos ambientais que não são restritos ao ambiente interno empresarial, principalmente por envolver setores e atividades extremamente poluidores, como lavanderia, tinturaria, produção de artigos de couro e bijuterias. Além disso, ao classificar o bloco ambiental como superior, com verificação por auditoria independente opcional, percebe-se um descolamento que é entendido pela literatura (VEIGA, 2010) como uma limitação da compreensão da responsabilidade social que separa o social do ambiental.

As mudanças que foram ocorrendo na estrutura de governança podem fazer parte do processo de aprendizagem em um modelo de governança em construção e ainda não consolidado. Para Roloff (2008), é comum que essas estruturas passem por alterações e iniciem de forma menos exigente para conseguirem reter e agregar participantes e avançar gradualmente para formas mais exigentes e robustas. Para esses conflitos, outros modelos mais participativos, direcionados para a resolução de problemas complexos, demonstram maior eficácia e podem contribuir para mudanças duradouras e educativas. Assim, para que o Programa avance rumo a formas mais participativa e menos responsivas, a própria participação dos *stakeholders* do Programa precisa ser revista e contar com mais atores interessados, como destacam Porter e Kramer (2006).

Embora o Programa demonstre tendência à transparência e utilize auditorias de terceira parte, o que destaca a imparcialidade do processo de verificação da conformidade, a robustez do processo de auditoria deve ser ampliada para além da conferência de documentos limitados à legislação, como destacam Moro e Paulino (2020). Devem ser considerados aspectos mais técnicos e visuais que contemplem importantes temas ligados à gestão ambiental para o setor em foco, como uso da água, produtos químicos, resíduos sólidos, tratamento de efluente, uso de energia e controle de emissões de gases de efeito estufa.

## REFERÊNCIAS

ABVTEX. **Regulamento Geral do Programa de Qualificação de Fornecedores para o Varejo**. Versão 21 de março de 2011. São Paulo: Associação Brasileira do Varejo Têxtil, 2011.

ABVTEX. **Regulamento Geral do Programa de Qualificação de Fornecedores para o Varejo**. Versão n. 20, de 1 de outubro de 2012. São Paulo: Associação Brasileira do Varejo Têxtil, 2012.

ABVTEX. **Regulamento Geral da Certificação de Fornecedores ABVTEX**. Versão n. 20, de 7 de fevereiro de 2013. [S.l.]: Associação Brasileira do Varejo Têxtil, 2013.

ABVTEX. **Regulamento Geral do Programa de Materiais**. Versão n. 24, de 20 de junho de 2016. São Paulo: Associação Brasileira do Varejo Têxtil, 2016.

ABVTEX. **Regulamento Geral do Programa ABVTEX**. Versão n. 2.0, de agosto de 2017. São Paulo: Associação Brasileira do Varejo Têxtil, 2017.

ABVTEX. **Relatório Anual 2018**. São Paulo: Associação Brasileira do Varejo Têxtil, 2019a.

ABVTEX. **Regulamento Geral do Programa ABVTEX**. Versão n. 3.0, de julho de 2019. São Paulo: Associação Brasileira do Varejo Têxtil, 2019b.

ABVTEX. **Relatório 2019 Programa ABVTEX**. São Paulo: Associação Brasileira do Varejo Têxtil, 2020.

BORGER, F. G.; NOZOE, N. H. Responsabilidade social e sustentabilidade na cadeia produtiva do setor de confecção têxtil. **Boletim Informações Fipe**, São Paulo, n. 373, p. 14-18, 2011. Disponível em: [http://www.fipe.org.br/publicacoes/downloads/bif/2011/10\\_bif373.pdf](http://www.fipe.org.br/publicacoes/downloads/bif/2011/10_bif373.pdf).

BOSTRÖM, M.; JÖNSSON, A. M.; LOCKIE, S.; MOL, A. P. J.; OOSTERVEER, P. Sustainable and responsible supply chain governance: challenges and opportunities. **Journal of Cleaner Production**, v. 107, p. 1–7, 2015. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.11.050. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652614012372>.

BURSZTYN, M. A.; BURSZTYN, M. **Fundamentos de política e gestão ambiental : os caminhos do desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

CARVALHO, A. P. de; BARBIERI, J. C. Inovações socioambientais em cadeias de suprimento: um estudo de caso sobre o papel da empresa focal. **Review of**

**Administration and Innovation – RAI**, v. 10, n. 1, p. 232–256, 2013. DOI: 10.5773/rai.v1i1.1109. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5773/rai.v1i1.1109>.

CHKANIKOVA, O.; KOGG, B. Sustainability governance service providers: the role of third-party product certification in facilitating corporate life cycle management. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 23, n. 7, p. 1383–1395, 2018. DOI: 10.1007/s11367-015-0865-z. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11367-015-0865-z>.

CHKANIKOVA, O.; LEHNER, M. Private eco-brands and green market development: towards new forms of sustainability governance in the food retailing. **Journal of Cleaner Production**, v. 107, p. 74–84, 2015. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.05.055.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativos e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DE BRITO, M. P.; CARBONE, V.; BLANQUART, C. M. Towards a sustainable fashion retail supply chain in Europe: organisation and performance. **International Journal of Production Economics**, v. 114, n. 2, p. 534–553, 2008. DOI: 10.1016/j.ijpe.2007.06.012.

DIABAT, A.; KANNAN, D.; MATHIYAZHAGAN, K. Analysis of enablers for implementation of sustainable supply chain management – a textile case. **Journal of Cleaner Production**, v. 83, p. 391–403, 2014. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.06.081.

GRAPPI, S.; ROMANI, S.; BARBAROSSA, C. Fashion without pollution: How consumers evaluate brands after an NGO campaign aimed at reducing toxic chemicals in the fashion industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.02.183.

KAPLINSKY, R.; MORRIS, M. A handbook for value chain analysis. **Institute for Development Studies**, Brighton, UK, n. Sept., p. 4–7, 2000. DOI: 10.1057/9781137373755.0007.

LI, Y.; ZHAO, X.; SHI, D.; LI, X. Governance of sustainable supply chains in the fast fashion industry. **European Management Journal**, v. 32, n. 5, p. 823–836, 2014. DOI: 10.1016/j.emj.2014.03.001. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0263237314000371>.

MAJUMDAR, A.; SINHA, S. K. Analyzing the barriers of green textile supply chain management in Southeast Asia using interpretive structural modeling. **Sustainable Production and Consumption**, v. 17, p. 176–187,

2019. DOI: 10.1016/j.spc.2018.10.005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2018.10.005>.

MARCONI, M.; MARILUNGO, E.; PAPETTI, A.; GERMANI, M. Traceability as a means to investigate supply chain sustainability: the real case of a leather shoe supply chain. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 22, p. 6638–6652, 2017. DOI: 10.1080/00207543.2017.1332437.

MORO, R. de C. L.; PAULINO, S. R. Sustentabilidade na cadeia de suprimentos do varejo de vestuário: proposta de ampliação de requisitos ambientais em um programa setorial de boas práticas. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 847, 2020. DOI: 10.19177/rgsa.v9e02020847-867.

MORO, R. de C. L.; PAULINO, S. R.; CRUZ, S. R. S. Supply chain governance and sustainability: challenges of private regulation in Brazilian apparel retailing sector. *In*: 2ND ANNUAL SDC CONFERENCE 2019, Ann Arbor. **Anais [...]**. Ann Arbor: Sustainability & Development Conference, 2019. p. 1–147.

NELSON, R. R. The coevolution of technology and institution as the driver of economic growth. *In*: FOSTER, S. J. (org.). **Frontiers of Evolutionary Economics – competition self-organization and policy**. UK: Edward Elgar, 2001.

O’ROURKE, D. Multi-stakeholder regulation: privatizing or socializing global labor standards? **World Development**, v. 34, n. 5, p. 899–918, 2006. DOI: 10.1016/j.worlddev.2005.04.020.

O’ROURKE, D. The science of sustainable supply chains. **Science**, v. 344, n. 6188, p. 1124–1127, 2014. DOI: 10.1126/science.1248526.

PORTER, M. E.; KRAMER, M. R. Strategy and society: the link between competitive advantage and corporate social responsibility-response. **Harvard Business Review**, v. 85, n. 12, p. 78–92, 2006.

POSTHUMA, A. Beyond “Regulatory enclaves”. Challenges and opportunities to promote decent work in global production networks. **Labour in Global Production Networks in India**, p. 57–80, 2010.

RICK, C. F. **Estudo da liga base de Zn-Al-Cu-Mg aplicada na fabricação de jóias folhadas**. 2003. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, [S. l.], 2003.

ROLOFF, J. Learning from multi-stakeholder networks: issue-focussed stakeholder management. **Journal of Business Ethics**, v. 82, n. 1, p. 233–250,

2008. DOI: 10.1007/s10551-007-9573-3. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10551-007-9573-3>.

SALCEDO, E. **Moda ética: para um futuro sustentável**. São Paulo: Gustavo Gili, 2014.

SEURING, S.; MÜLLER, M. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 15, p. 1699–1710, 2008. DOI: 10.1016/j.jclepro.2008.04.020.

VEIGA-NETO, F.; MAY, P. Mercados para serviços ambientais. *In*: MAY, P. (org.). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p. 181–204.

VEIGA, J. E. da. **Sustentabilidade: a legitimação de um novo valor**. 2. ed. São Paulo: Senac, 2010.

VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

VILELA, R. A. de G.; FERREIRA, M. A. L. Nem tudo brilha na produção de jóias de Limeira-SP. **Production**, v. 18, n. 1, p. 183–194, 2008. DOI: 10.1590/S0103-65132008000100014.

VOGEL, D. The private regulation of global corporate conduct. **The Politics of Global Regulation**, n. May 2008, p. 151–188, 2009. DOI: 10.1177/0007650309343407.



# O SETOR DE VESTUÁRIO E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: CARACTERIZAÇÃO E PERSPECTIVAS DE MITIGAÇÃO POR MEIO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E DA ECONOMIA CIRCULAR

*Lucas Coury Silveira<sup>1</sup>, Alexandre Toshiro Igari<sup>2</sup>,  
Annelise Vendramini Felsberg<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Programa de Mestrado em Gestão para Competitividade – Linha Sustentabilidade – EAESP/FGV – lucas.esalq@gmail.com

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade – EACH/USP

<sup>3</sup>Centro de Estudos em Sustentabilidade – Fundação Getulio Vargas - FGVces

**Resumo:** O setor de vestuário representa um exemplo marcante dos desafios postos à sociedade, não somente em relação às mudanças climáticas, mas também com relação ao uso de recursos, geração de poluição, apropriação dos benefícios e divisão dos custos dos processos produtivos. O presente capítulo contribui, por meio de uma revisão temática e não exaustiva da literatura, com a caracterização dos emergentes avanços do setor em produtos, processos e tecnologias para a redução de emissões de GEE, desde o desenvolvimento de novos materiais renováveis, de origem biológica (menos intensivos no uso de energia e nas emissões de GEE),

até as perspectivas para a implementação de uma abordagem mais sistêmica e holística sob o prisma da Economia Circular.

**Palavras-chave:** Inovação para sustentabilidade; Circularidade; Moda sustentável; Ecoeficiência; *Ecodesign*; Tecnologias Limpas.

**Abstract:** The apparel sector is a remarkable example of the societal challenges posed not only by the changing climate, but also with regard to resource usage, pollution, appropriation of benefits and cost sharing in production processes. The thematic non-exhaustive literature review in this chapter contributes to identifying and characterizing emerging advances in terms of products, processes and technologies for GHG reduction, which range from the development of new renewable biological-origin materials (less energy and GHG emissions intensive) to adoption of more systemic and holistic approaches grounded in the concepts of a circular economy.

**Keywords:** Innovation for sustainability; Circularity; Sustainable fashion; Ecoefficiency; Ecodesign; Clean Technologies.

## 1. INTRODUÇÃO

A European Environment Agency aponta que a indústria de têxteis ocupa a quarta posição em termos de impactos ambientais negativos em sua cadeia produtiva, sobretudo em relação ao uso de matérias-primas virgens e consumo de água, sendo também a quinta maior emissora global de gases de efeito estufa (MANSHOVEN *et al.*, 2019). O impacto na emissão de gases de efeito estufa (GEE) gerado pela produção têxtil equivale a todos os voos internacionais e o transporte marítimo juntos, perfazendo um total de 1,2 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente emitidos anualmente. A produção de 1 kg de têxteis emite, em média, 20 kg de GEE, e todo ano são consumidos 342 milhões de barris de petróleo para a produção de fibras plásticas têxteis (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017). O cenário tendencial indica que a produção têxtil seria responsável, sozinha, em 2050, por 25% do orçamento disponível de emissão de GEE, considerando a meta de limitar o incremento da média de temperatura da Terra a no máximo 2 °C (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017).

Dentre as ramificações da indústria têxtil, destaca-se o setor de vestuário, cujos impactos socioambientais negativos aumentaram a partir da primeira década dos anos 2000 com a expansão do modelo de negócios denominado *fast fashion*, que acelerou nesse setor a obsolescência programada dos itens produzidos

e potencializou a reposição prematura de produtos percebidos como ultrapassados segundo os voláteis parâmetros da moda (KOZLOWSKI; BARDECKI; SEARCY, 2014),

De acordo com Zamani, Sandin, Peters (2017, p. 1368), o *fast fashion* é:

[...] um modelo da cadeia de fornecimento de roupas que se destina a responder rapidamente às últimas tendências da moda, atualizando frequentemente os produtos de vestuário disponíveis nas lojas. A mudança para o *fast fashion* leva a uma vida útil prática mais curta para as roupas. (ZAMANI; SANDIN; PETERS, 2017)

O consumo global de vestuário cresceu aceleradamente entre os anos de 1995 e 2018, aumentando de 7,6 kg para 13,8 kg de fibras *per capita* consumidas, um incremento de 82% nesse período. A análise somente do intervalo mais recente mostra que houve 47% de aumento entre os anos 2000 e 2015, período em que o *fast fashion* se tornou o modelo predominante (PETERS; LI; LENZEN, 2021). A média de itens de vestuário produzidos corresponde a aproximadamente 11 pares de jeans e 13 camisetas para cada pessoa por ano no mundo (QUANTIS, 2018). Em uma perspectiva local, foram produzidas mais de 9 bilhões de peças em 2018 no Brasil, o que corresponde a 40 peças por habitante, quantidade expressivamente superior à média global (MODEFICA; FGVCS; REGENERATE, 2020).

Neste contexto, fica evidente que a mitigação dos impactos ambientais negativos do setor de vestuário compreenderia, necessariamente, a reversão do consumo exacerbado de itens de vestuário impulsionado pelo modelo *fast fashion*. Essa transformação envolveria a coordenação de ações coletivas na sociedade, no intuito de reduzir voluntariamente o consumo de itens de vestuário, valendo-se de abordagens de comunicação, convencimento e, principalmente, de desconstrução do significado que as peças de vestuário adquiriram na construção da imagem individual. A redução de consumo de itens de vestuário demandaria também ação precisa do Estado, modulando incentivos ou desincentivos econômicos que permitissem a redução do consumo sem impedir que as camadas mais pobres atendessem suas necessidades básicas e sem inviabilizar a contribuição econômica do setor. Entretanto, o dilema entre desaceleração econômica do setor de vestuário e a mitigação dos impactos ambientais é uma disputa bastante assimétrica, tanto em função do poder político e econômico subjacente a cada uma das posições como em relação à temporalidade e destino da apropriação dos benefícios. Os ganhos econômicos são apropriados exclusivamente por agentes privados e em curto prazo, enquanto os benefícios ambientais são coletivos e predominantemente de longo prazo.

Em meio a essa arena de disputas marcada por dilemas de escolha de soma zero (*trade-offs*), tanto entre os interesses privados e públicos como entre os interesses presentes e futuros, há espaços em que as disputas são menos acirradas, ou até mesmo ausentes, e em que avanços tecnológicos e investimentos produtivos permitiriam ganhos múltiplos e compartilhados. Esses avanços incrementais, apesar de bastante questionáveis quanto à sua suficiência, têm potencial importância na mitigação dos impactos ambientais do setor de vestuário (SILVEIRA, 2021). Nesse sentido, este capítulo apresenta uma caracterização dos principais avanços do setor em produtos, processos e tecnologias para a redução de emissões de GEE, desde inovações pontuais até as perspectivas para a implementação de uma abordagem mais sistêmica e holística sob o prisma da economia circular. O texto está organizado em três seções além desta introdutória, que abordam: procedimentos metodológicos, resultados e discussão, e considerações finais.

## 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho desenvolve uma pesquisa qualitativa exploratória cuja estratégia de investigação foi a revisão temática da literatura e a análise de documentos de organizações que implementam inovações em tecnologias e gestão para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa no setor de vestuário.

As bases de dados utilizadas nesta pesquisa foram a EBSCO, Science Direct e Google Scholar, além de *websites* de organizações e consultorias que foram citadas nas referências bibliográficas dos artigos científicos incorporados à revisão.

Os principais termos buscados nesta revisão não exaustiva foram: *sustainable fashion; retail fashion; sustainable apparel; sustainable textiles; green technologies; green practices; environmentally sound technologies; clean technologies; circular economy; circularity; sustainable innovation; sustainable supply chain management; environmental impacts fashion industry; climate change*.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados obtidos da revisão temática da literatura quanto aos principais avanços tecnológicos e de gestão, evidenciando também as perspectivas em torno da economia circular como meio para mitigação da emissão de GEE no setor vestuário. Está organizada da seguinte forma: caracterização das emissões de GEE no setor de vestuário; contribuição de inovações tecnológicas para a redução de GEE no setor; e perspectivas para a economia circular na mitigação de emissões.

### 3.1 Caracterização das emissões de GEE no setor de vestuário

Para que se cumpra a meta de que o planeta sofra um aquecimento inferior a 2 °C, é necessário um corte de 80% das emissões industriais até 2050 (IPCC, 2014; QUANTIS, 2018). Neste sentido, o setor de vestuário precisa contribuir cortando suas emissões até 2030 em mais de 50% em relação a 2018 (MCKINSEY, 2020). As estratégias para esta mitigação contemplam a descarbonização da base energética, controle de emissões agrícolas, gerenciamento de energia e de materiais intensivos em GEE e aplicação de tecnologias com saldo negativo de emissões (COLIN; VAILLES; HUBERT, 2020, p. 13).

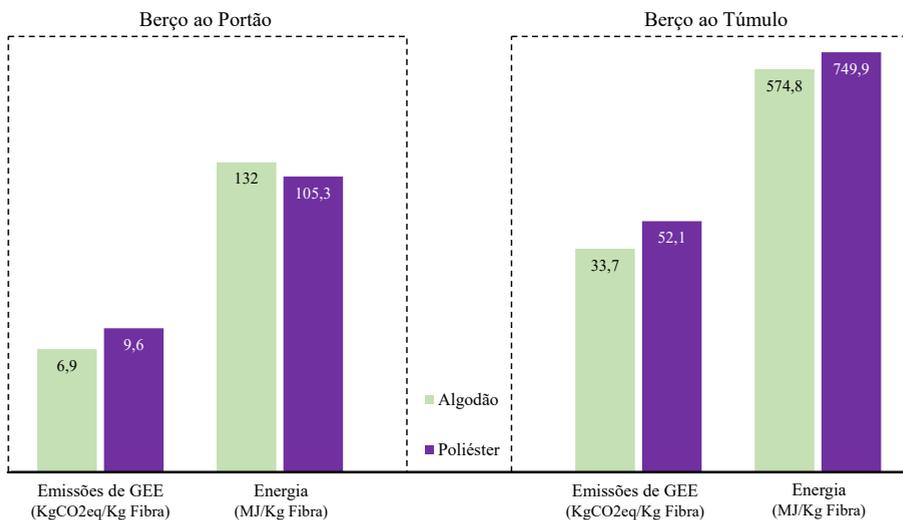
Há, entretanto, divergências metodológicas que resultam em estimativas distintas das emissões do setor de vestuário. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas estima que o setor seja responsável por aproximadamente 10% das emissões globais de GEE quando incluída a fase de uso do vestuário, que envolve lavagem, secagem e passadoria (NIINIMAKI *et al.*, 2020). Já Quantis (2018) afirma que somente a indústria de vestuário é responsável por 6,7% das emissões, desconsiderando nessa estimativa a fase de uso das peças, que é apontada como responsável por 14% das emissões do consumo de roupas (NIINIMAKI *et al.*, 2020). Outra estimativa é apresentada no relatório publicado em 2020 pela consultoria McKinsey (MCKINSEY, 2020), que concluiu que o setor de vestuário emite anualmente 2,1 bilhões de toneladas de GEE, o equivalente a 4% das emissões totais globais.

As estimativas de emissões são ainda mais desafiadoras quando se leva em consideração que o setor de vestuário é caracterizado por ser uma cadeia longa e globalmente descentralizada, que contempla a produção de fibras, fiação, tingimento, tecelagem, malharia, acabamento, confecção, atacado e varejo (ABIT, 2017). Grande parte do setor de vestuário está instalada em países como China e Índia, que são altamente dependentes de carvão mineral e gás natural em sua matriz energética, contribuindo para que a pegada de carbono do processo fabril seja bastante expressiva (QUANTIS, 2018). Outro aspecto que contribui substancialmente para o volume de emissões do setor é a ineficiência do processo produtivo, que apresenta uma perda de até 10% dos materiais empregados na manufatura (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017). Apesar da globalização da cadeia produtiva, é interessante observar que o transporte, majoritariamente marítimo, é responsável por apenas 3% das emissões desse setor, desconsiderando nesta estimativa o impacto da distribuição final para o cliente (QUANTIS, 2018).

Em relação às fibras empregadas, há um consenso na literatura de que o poliéster é a fibra de maior impacto na emissão de GEE (MODEFICA; FGVCS;

REGENERATE, 2020). Considerando o enfoque do berço ao túmulo (da produção dos insumos até a disposição final), o algodão apresenta valores médios de 33 kg de CO<sub>2</sub>/kg fibra, de 2 a 11 mil litros de água/kg de fibra e seu consumo energético varia de 350 a 725 MJ/kg de fibra. O poliéster, por sua vez, emite em média 52 kg de CO<sub>2</sub>/kg fibra, utiliza 2.350 litros de água/kg de fibra e chega a consumir 1.118 MJ/kg fibra em energia. Quando a fase de uso é excluída e considerada apenas a etapa do berço ao portão (da produção dos insumos até a expedição na fábrica), os dados mudam muito. Nesse caso, o algodão apresenta 5 kg de CO<sub>2</sub>/kg fibra, de 1.700 a 6.500 litros de água/kg fibra e até 138 MJ/kg fibra em termos energéticos. O poliéster emite, nessa etapa, 9,6 kg de CO<sub>2</sub>/kg fibra, utiliza 83 litros de água/kg fibra e consome 105 MJ/kg de fibra para ser produzido (MODEFICA; FGVCES; REGENERATE, 2020).

**Figura 1** – Impactos climáticos no ciclo de vida de uma peça têxtil



Fonte: adaptada de Modefica, FGVCES e Regenerate (2020, p. 87).

A contribuição da indústria têxtil na emissão de GEE aumentou em 35% entre os anos de 2005 e 2016. Esse aumento está atrelado majoritariamente ao aumento do volume de produção do setor de vestuário e está projetado para continuar aumentando até 2030, se não houver nenhuma grande mudança no modelo atual de negócios, fundamentado na *fast fashion* (QUANTIS, 2018). Há algum alento quando se observa a redução da emissão de GEE por massa de produto, da ordem de 29% entre anos 2000 e 2015, resultante principalmente da redução do consumo de energia na produção de roupas graças aos avanços tecnológicos e à troca de energia fóssil por renovável (PETERS; LI; LENZEN, 2021).

### 3.2 Contribuição de inovações tecnológicas para a redução de GEE no setor de vestuário

Existem muitos termos relacionados às tecnologias ambientais (ou verdes), incluindo as tecnologias ambientalmente corretas (*environmentally sound technology* – EST), tecnologias de produção limpa, tecnologias de eficiência energética, tecnologias climáticas (GUO *et al.*, 2020) e tecnologias limpas – *clean technologies* ou *cleantechs* (UNEP, 2018). De acordo com Guo *et al.* (2020), tecnologia verde refere-se ao sistema tecnológico que consegue reduzir poluição, aumentar eficiência e proteger os ecossistemas. Nos dispositivos da Agenda 21, foram definidas como aquelas que “protegem o ambiente, são menos poluentes, usam todos os recursos de uma maneira mais sustentável, reciclam mais os seus resíduos e produtos e lidam com os resíduos de maneira ambientalmente amigável” (UNEP, 2018, p. 305). Segundo a UNEP (2016), é preciso não somente que essas soluções sejam primariamente direcionadas às mudanças climáticas, respeitem a biodiversidade e sejam resilientes, mas que também sejam melhores, mais baratas, mais rápidas, universalizáveis e fáceis de usar para que se alcancem os objetivos globais do desenvolvimento sustentável (UNCTAD, 2018)

O avanço tecnológico propõe-se a oferecer soluções para os gargalos do setor de vestuário e criar um caminho para uma nova economia têxtil verde por meio, por exemplo, da oferta de materiais recicláveis que compitam em qualidade e preço com matérias-primas virgens (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017). Além das tecnologias de reciclagem, há avanços tecnológicos expressivos nos processos de obtenção de fibras, tingimento, impressão e acabamento, que são ilustrados nos parágrafos a seguir.

O tingimento por CO<sub>2</sub> é um processo praticamente fechado, no qual 95% do CO<sub>2</sub> usado pode ser capturado e reutilizado. O processo é livre de efluentes e consome apenas 50% da energia em relação ao processo tradicional, o que contribui para a redução de emissões de GEE (NAYAK *et al.*, 2020). Outro avanço promissor é o tingimento biológico, no qual são utilizadas enzimas microbianas para produzir tintas têxteis em uma ampla variedade de tons de cores com menor impacto ambiental (PILI BIO, 2020).

Segundo Nayak *et al.* (2020), surgiram muitos materiais naturais na moda para substituir a função de fibras sintéticas como poliéster e nylon. Há materiais desenvolvidos a partir de diversas fontes naturais, como algas marinhas, folha de lótus e de bananeira, cogumelos e resíduos de outras indústrias, como sobras de café moído e cascas de laranja, como é o caso de uma empresa que produz tecidos a partir de subprodutos da laranja (ORANGE FIBER, 2020).

A substituição de fibras de origem animal por alternativas do reino vegetal e *fungi* também representa um caminho promissor para a redução de emissões de GEE, considerando as expressivas emissões associadas à criação de gado para produção de couro (NAYAK *et al.*, 2020). São exemplos a produção de um tecido similar ao couro animal, conhecido no mercado como Piñatex, a partir de cascas de abacaxi (ANANAS ANAM, 2020), e o desenvolvimento de couro produzido a partir de hifas de fungos multicelulares (conhecidas como micélio) em um processo carbono negativo (isto é, que fixa mais GEE do que emite) (MYCOWORKS, 2021). Enquanto isso, outra empresa aplica uma tecnologia denominada Aircarbon, na qual microrganismos oceânicos convertem GEE em biomateriais aplicáveis como substitutos do couro animal (NEWLIGHT, 2021).

Existem esforços tecnológicos também na direção de reduzir a quantidade de energia empregada no processo de reciclagem do poliéster convencional por meio de processos químicos (CURE TECHNOLOGY, 2021). Há também indústrias desenvolvendo um processo de reciclagem química com consumo energético reduzido, utilizando processo de despolimerização de baixo calor e sem pressão (LOOP INDUSTRIES, 2021). Outra opção é a criação de fibras têxteis elásticas com base em CO<sub>2</sub>, substituindo parcialmente o emprego da matéria-prima petrolífera virgem em uma técnica em que o poliuretano termoplástico é fundido e prensado em fios muito finos, que possuem uma pegada de carbono menor que outras fibras elásticas tradicionais (COVESTRO, 2021).

O poliéster de base biológica tem potencial de reduzir as emissões de GEE por contemplar uma etapa de captura de carbono durante o seu cultivo, mas hoje ainda representa menos de 1% da produção total de poliéster (TEXTILE EXCHANGE, 2020). Outras empresas possuem tecnologias que produzem essa fibra de origem biológica a partir da cana-de-açúcar, mandioca e milho, mas estão avançando para a utilização de microrganismos para converter gases de efeito estufa em ácido polilático (PLA), que tem propriedades similares aos termoplásticos de fonte fóssil (LANZATECH, 2021). É importante considerar a controvérsia envolvida na aplicação dessas tecnologias quanto à utilização de fontes alimentares para a produção de fibras para vestuário no modelo pouco parcimonioso da *fast fashion*.

Outra frente de inovação tecnológica busca capturar CO<sub>2</sub> e utilizá-lo diretamente como matéria-prima têxtil em processos fixadores de carbono. Há empresas que capturam CO<sub>2</sub> de fontes industriais e o fazem reagir com solventes e catalisadores para gerar produtos químicos que são polimerizados e posteriormente transformados em fios de poliéster (FAIRBRICS, 2021).

Entretanto, a maioria dessas tecnologias é embrionária, e a literatura aponta alguns fatores críticos para sua adoção em larga escala, como “pressão coercitiva, pressão de mercado, capacidade tecnológica, suporte interno, experiência de adoção, sistemas certificados e cooperação” (FU *et al.*, 2018, p. 242; UNEP, 2018). Uma das principais barreiras identificadas é a “popularidade das tecnologias tradicionais”, que recorrentemente impõem a necessidade de investimentos substanciais para sua conversão em processos e tecnologias mais limpas. Além disso, a “popularidade das tecnologias tradicionais” também resulta de um fator sociocultural que resiste às mudanças das práticas necessárias à redução dos impactos negativos ao meio ambiente (GUPTA; KUSI-SARPONG; REZAEI, 2020).

A OCDE (2006) apresenta como pré-requisito para resolver esse desafio a necessidade de existir colaboração intra e entre diferentes ecossistemas industriais. O processo colaborativo pode ocorrer ao longo da cadeia, com o envolvimento de consumidores para identificação de seus anseios e preferências, e também com o envolvimento de fornecedores, com o intercâmbio de informações, de modelos de negócios e de tecnologia, para o desenvolvimento conjunto de novos produtos, processos ou outras inovações (OCDE, 2006).

### 3.3 Economia circular para mitigação de emissões na moda

A economia circular vem ganhando espaço e atenção em função da busca por maior eficiência no uso de recursos naturais em contraposição ao insustentável modelo convencional de economia linear, cuja lógica sequencial e perdulária do *take-make-waste* gera as mais deletérias consequências ambientais (GEISENDORF; PIETRULLA, 2018). A definição da Ellen MacArthur Foundation para o modelo de economia circular é esta: “uma economia circular é aquela que é restauradora e regenerativa por *design* e visa manter produtos, componentes e materiais em sua maior utilidade e valor em todos os momentos, distinguindo entre ciclos técnicos e biológicos” (2015, p. 2).

Segundo Geisendorf e Pietrulla (2018, p. 779), o cerne da economia circular está em “manter o valor dos produtos e materiais, evitar o desperdício e fazer com que os recursos permaneçam ativos na economia quando um produto chega ao fim da sua vida útil”. De maneira geral, esse conceito busca a reestruturação das atividades econômicas para que estas se tornem regenerativas e livres de resíduos (GEISENDORF; PIETRULLA, 2018), mas não necessariamente implica maior parcimônia ou redução do ritmo dos processos produtivos.

Reike, Vermeulen e Witjes (2018), assim como Corvellec (2020), entendem que a economia circular não seria um novo conceito em sustentabilidade, mas sim

um conceito renovado, baseado em antigas abordagens e que ainda não possui uma definição cristalina, principalmente em relação aos graus de circularidade e normatividade. Esses mesmos autores afirmam que a economia circular possui uma obsessão pela eficiência de recursos, e esta seria uma visão estritamente econômica, com potencial de contribuição apenas incremental e insuficiente para um modelo amplo de desenvolvimento sustentável (REIKE; VERMEULEN; WITJES, 2018; CORVELLEC *et al.*, 2020).

Ainda assim, os benefícios econômicos do modelo circular são numerosos e apresentam uma importante contribuição graças à redução de resíduos a serem descartados e de materiais virgens adquiridos, otimizando os custos envolvidos. A economia circular também pode contribuir com receitas adicionais resultantes da venda dos resíduos que seriam descartados, que preservariam valor para aplicação em outros processos até então ignorados. Além dos ganhos tangíveis, a implementação da economia circular pode também contribuir para a melhoria da imagem e reputação da organização. Em contrapartida, há recorrentemente investimentos substanciais necessários à infraestrutura para os novos processos, com destaque para a operacionalização da logística reversa (SEHNEM *et al.*, 2019).

De acordo com Jia *et al.* (2020), as práticas de economia circular na indústria da moda podem ser divididas em dois tipos: (i) o primeiro tipo refere-se ao desenvolvimento de relacionamentos colaborativos e duradouros com *stakeholders* externos à companhia, especialmente as relações de longo prazo com fornecedores a montante da cadeia, com o objetivo de construir mecanismos para o desenvolvimento conjunto de produtos e processos, por exemplo; (ii) o segundo tipo de prática estaria relacionada à própria execução das atividades na cadeia de fornecimento, com a operacionalização da logística reversa, compatibilização de processos, definição dos parâmetros e regras contratuais, atribuição das responsabilidades e custos, desenvolvimento de materiais, processos e produtos, assim como prospecção de outras cadeias produtivas sinérgicas também adequadas ao fechamento dos ciclos na cadeia produtiva.

O caminho em direção à circularidade também foi delineado por Modifica, FGVCes e Regenerate, que sugerem que as empresas do setor de vestuário incorporem em sua estratégia os seguintes pontos:

- (i) investir recursos no fortalecimento das fibras alternativas, inclusive para aprimoramento e escalabilidade da produção; (ii) assumir a responsabilidade pelos resíduos têxteis da confecção e garantir que os retalhos de pré-consumo da própria produção sejam reciclados; (iii) aplicar práticas de *design* para circularidade e desenvolver produtos pensando para gerar menor impacto e serem reciclados ou corretamente descartados no fim de sua vida útil; (iv) investir em educação ambiental dentro da

estratégia de marketing e publicidade para fomentar o consumo consciente; e (v) testar modelos de negócios alternativos e alinhados com a economia circular. (MODEFICA; FGVCS; REGENERATE, 2020, p. 21)

Dessa maneira, os meios para implantação de uma economia circular dependem de um olhar para todas as fases do ciclo de vida de um produto e do material escolhido, de maneira que, por exemplo, o *design* circular propicie ao longo da cadeia de valor e no pós-uso o compartilhamento, reutilização, reparo, remanufatura e reciclagem, reintroduzindo os resíduos no ciclo produtivo (GEISENDORF; PIETRULLA, 2018). O estímulo a uma economia circular plena também depende do surgimento de novos modelos de negócios que priorizem o acesso em vez da propriedade e propiciem um ciclo reverso de materiais de volta para a cadeia de produção, como insumos dessa mesma indústria ou de outra (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015).

Há barreiras técnicas, institucionais, culturais e financeiras na transição para esse modelo circular em escala. Dentre as técnicas, o estágio de maturidade e disponibilidade de tecnologias, como as de reciclagem, é crítico no avanço deste modelo. Nas institucionais, as políticas públicas regulatórias e os incentivos e desincentivos econômicos e tributários favorecem o modelo convencional linear vigente de produção e consumo. Em termos culturais, a mudança de modelo mental e aceitação por parte dos consumidores por esse novo modelo ainda avança lentamente e é uma barreira principalmente no aspecto da troca da propriedade de um produto pelo uso temporário desse mesmo item. Em relação às barreiras financeiras, estas ainda são significativas, em especial em países com dificuldades de financiamento. O custo de desenvolvimento das inovações necessárias para a viabilização da economia circular também são significativos (JESUS; MENDONÇA, 2018; GEISENDORF; PIETRULLA, 2018; JIA *et al.*, 2020; GENOVESE *et al.*, 2017)

No setor de vestuário, o *design* do produto, a escolha da fibra e a produção das peças têm um papel central para viabilizar o fechamento do ciclo e a redução de impactos negativos (MODEFICA; FGVCS; REGENERATE, 2020; ISLAM; PERRY; GILL, 2021). Em termos de emissões de GEE, as fibras naturais emitem menos em comparação com o poliéster. Entre as próprias fibras naturais, existem possibilidades ainda menos impactantes, como o linho, que produz metade das emissões de GEE em comparação ao algodão convencional.

A substituição das fibras sintéticas por fibras naturais é uma forma de reduzir as emissões de carbono, uma vez que as fibras vegetais, como o algodão, a juta, o linho e o cânhamo, sequestram CO<sub>2</sub> atmosférico na etapa agrícola da cadeia

produtiva (MODEFICA; FGVCES; REGENERATE, 2020). A desvantagem, no caso das fibras naturais, é que a fase de uso desses artigos costuma demandar mais energia na lavagem, secagem e passadoria em comparação com os sintéticos (NIINIMAKI *et al.*, 2020), além da extensa ocupação do solo para seu cultivo.

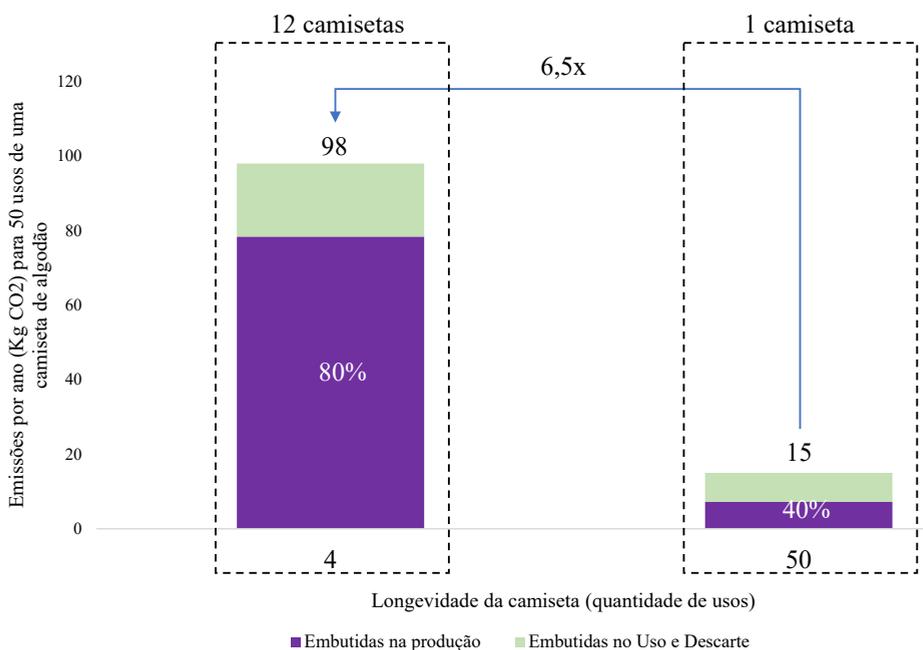
O método de produção das fibras também influencia as emissões de GEE. O cultivo orgânico do algodão tem emissões 58% menores do que o convencional, em virtude da redução de insumos agrícolas, como pesticidas e fertilizantes químicos, e redução da operação mecanizada. O poliéster reciclado emite de 25% a 76% menos GEE a depender da tecnologia utilizada, sendo 76% na reciclagem mecânica, 54% na semimecânica, e 24% na química, economizando de 45% a 85% de energia (MODEFICA; FGVCES; REGENERATE, 2020; NAYAK *et al.*, 2020).

Em relação à reciclagem e reaproveitamento de materiais, Sehnem *et al.* (2019) apontam que o estabelecimento de uma logística reversa eficiente é fundamental para o desempenho do modelo circular. Porém, para viabilizar a reciclagem no pós-uso, é preciso que o *design* inicial das peças de vestuário já contemple a reciclagem ao final do ciclo de vida do produto, priorizando, por exemplo, o uso de monomateriais (compostos de um só tipo de fibra) e componentes têxteis e não têxteis com fácil desmontagem (MODEFICA; FGVCES; REGENERATE, 2020). Esse é um aspecto significativo, porque a reciclagem de algodão ainda é muito limitada, e algumas fibras são consideradas de impossível reciclagem por serem praticamente inseparáveis. O poliéster reciclado, por sua vez, ainda representa apenas 14% do total de fibras de poliéster comercializado, o que denota a necessidade de inovações na reciclagem de produtos têxteis para acelerar a circularidade dos vestuários pós-consumo (NIINIMAKI *et al.*, 2020).

Outro fator preponderante para determinar a pegada de carbono de uma peça é a longevidade do vestuário em questão. Quanto mais durável uma peça de roupa e maior a frequência de uso desta, maior será a diluição ao longo do tempo das emissões iniciais incorporadas em sua produção. É evidente que, neste cenário de maior longevidade, as emissões na fase de uso (lavagem, secagem e passadoria) ganham um peso maior e aumentam proporcionalmente em relação às demais etapas do ciclo de vida da peça. Todavia, a maior durabilidade evita a produção de novas peças para substituição, reduzindo em valores absolutos as emissões totais na fase de produção e descarte desses artigos (THE CARBON TRUST, 2011). Na avaliação de ciclo de vida de uma camiseta de algodão que é usada e lavada 50 vezes, estima-se que são emitidos 15 kg de CO<sub>2</sub>eq, 52% deles provenientes da fase de uso e 40% provenientes da produção do vestuário. Em contrapartida, se tivéssemos 12 camisetas de algodão usadas quatro vezes cada

uma, perfazendo 48 usos, a emissão seria de 98 kg de CO<sub>2</sub>eq, cerca de 6,5 vezes maior que o primeiro cenário, sendo que mais de 80% dessas emissões seriam oriundas do processo fabril (NIINIMAKI *et al.*, 2020; THE CARBON TRUST, 2011). Destaca-se que a durabilidade ou longevidade do vestuário não depende apenas da qualidade de sua produção, mas também da atemporalidade que o *design* é capaz de lhe conferir para contornar a obsolescência percebida em relação às voláteis tendências da moda (MODEFICA; FGVCES; REGENERATE, 2020).

**Figura 2** – Emissões decorrentes de 50 usos de uma camiseta de algodão com premissas variáveis em relação à longevidade da camiseta



Fonte: adaptada de The Carbon Trust (2011, p. 12).

Estima-se que a cada 1% de aumento de penetração de mercado do modelo circular no setor de vestuário ocorra uma redução de emissões de cerca de 13 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> (MCKINSEY, 2020), com a remanufatura representando uma economia de até 17% de material virgem e 7.927 kg de CO<sub>2</sub> na confecção de 10 mil peças de roupa (NIINIMAKI *et al.*, 2020). Contudo, a literatura aponta também para a incapacidade da economia circular de atingir sozinha a meta de redução de emissões necessárias nessa indústria. Se as variáveis fossem isoladas, seria possível concluir que, para atingir a meta de diminuição de 50% das emissões dessa indústria até 2030, seria preciso adotar energia renovável em 78% da cadeia ou então atingir uma meta de 72% de eficiência energética em

processos produtivos. Assim, caso não ocorra alteração substancial da matriz energética global, a economia circular sozinha não seria capaz de atingir a meta de redução de 50% das emissões do setor de vestuário (QUANTIS, 2018).

A transição para a economia circular demanda a colaboração entre várias partes interessadas, como designers, fabricantes, varejistas e consumidores finais (NIINIMAKI *et al.*, 2020; GEISSDOERFER *et al.*, 2019; SEHNEM *et al.*, 2019). As grandes empresas varejistas do setor de vestuário têm papel fundamental nessa transição, por serem as empresas focais e integradoras da cadeia, com grande influência sobre os elos a montante (MODEFICA; FGVCES; REGENERATE, 2020). As empresas focais são aquelas que “(i) regem ou governam a cadeia de fornecimento, (ii) fornecem o contato direto ao cliente e (ii) projetam o produto ou serviço oferecido” (HANDFIELD, 1999 *apud* SEURING; MULLER, 2008, p. 1699).

A dispersão espacial da cadeia de produção do setor de vestuário coloca um desafio substancial para o fechamento dos ciclos de materiais dentro dela mesma. Sua eficiência energética pode ser muito comprometida pelos deslocamentos necessários para disponibilizar os materiais em final de vida útil aos elos a montante da cadeia (SILVEIRA, 2021). Demanda-se então a prospecção e desenvolvimento de elos locais para o fechamento dos ciclos, provavelmente por meio de cadeias produtivas originalmente menos conectadas ou mesmo completamente dissociadas do setor de vestuário. Por esse motivo, as inovações representam um pilar essencial para superar as barreiras técnicas e econômicas dessa transição para a economia circular, viabilizando não apenas a implementação de soluções operacionais locais, mas também inovações de caráter sistêmico (JESUS; MENDONÇA, 2018).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor de vestuário representa um exemplo marcante dos desafios postos à sociedade, não somente em relação às mudanças climáticas, mas também em relação ao uso de recursos, geração de poluição, apropriação dos benefícios e divisão dos custos dos processos produtivos. O presente capítulo contribui para caracterizar os emergentes avanços dos produtos, processos e tecnologia, desde o desenvolvimento de novos materiais renováveis, de origem biológica (menos intensivos no uso de energia e nas emissões GEE), até às perspectivas para a implementação de uma abordagem mais sistêmica e holística para as cadeias produtivas sob a ótica da economia circular.

Por mais ambiciosos e desafiantes que sejam os objetivos da economia circular e das inovações tecnológicas, estes circunscrevem apenas uma parte do

equacionamento e das soluções para o setor de vestuário no caminho do desenvolvimento sustentável. O setor de vestuário sintetiza as questões conflituosas nas quais a sociedade tem que decidir sobre seus padrões de consumo, seus anseios, suas prioridades, suas posições filosóficas, seus valores e suas escolhas quanto à conservação ambiental e justiça social.

Complementarmente aos resultados apresentados no presente capítulo, os estudos sobre o setor de vestuário demandam necessariamente reflexões sobre os aspectos comportamentais e socialmente balizados do consumo de seus produtos, com ênfase na significação e legitimação dessas práticas. Este capítulo tampouco abordou as controvérsias postas e amplamente reconhecidas a respeito da precarização do trabalho no setor, que merece reflexões apropriadas em estudos complementares futuros.

## REFERÊNCIAS

- ABIT. **O setor têxtil e de confecção e os desafios da sustentabilidade**. 2017. Disponível em: [https://static.portaldaindustria.com.br/media/flater\\_public/bb/6f/bb6fdd8d-8201-41ca-981d-deef4f58461f/abit.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/flater_public/bb/6f/bb6fdd8d-8201-41ca-981d-deef4f58461f/abit.pdf). Acesso em: 10 out. 2020.
- ANANAS ANAM. **The makers of Piñatex**. 2020. Disponível em: <https://www.ananas-anam.com/about-us/>. Acesso em: 10 out. 2020.
- COLIN, A.; VAILLES, C.; HUBERT, R. Scenario analysis of the issues of the low-carbon transition by companies in the TCFD framework. **Institute for Climate Economics**, abr. 2020. Disponível em: <https://www.i4ce.org/wp-core/wp-content/uploads/2020/04/Scenario-analysis-VA.pdf/>. Acesso em: 10 out. 2020
- CORVELLEC, H. *et al.* Introduction to the special issue on the contested realities of the circular economy. **Culture and Organization**, v. 9551, 2020.
- COVESTRO. Dress with CO2. **Covestro Global Corporate Website**, 2 jul. 2019. Disponível em: <https://www.covestro.com/press/dress-with-co2>. Acesso em: 1 fev. 2021.
- CURE TECHNOLOGY. **Cure Polyester Rejuvenation**. 2021. Disponível em: <https://curetechnology.com/>. Acesso em: 1 fev. 2021
- DYECOO. **DyeCoo**, 2019. CO2 Dyeing. Disponível em: <http://www.dyecoo.com/co2-dyeing/>. Acesso em: 10 out. 2020.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Rumo a economia circular: o racional de negócio para acelerar a transição**. 2015.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **A new textiles economy**: redesigning fashion's future. 2017. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/a-new-textiles-economy-redesigning-fashions-future>.

FAIRBRICS. **Fairbric's technology**. 2021. Disponível em: <https://fairbrics.co/technology/>. Acesso em: 1 fev. 2021

FU, Y. *et al.* Factors affecting sustainable process technology adoption: a systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 205, p. 226–251, 2018.

GEISENDORF, S.; PIETRULLA, F. The circular economy and circular economic concepts – a literature analysis and redefinition. **Thunderbird Int Bus Rev.**, p. 771–782, 2018.

GEISSDOERFER, M. *et al.* The circular economy – A new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, v. 44, n. Sept., 2019.

GENOVESE, A. *et al.* Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy : Evidence and some applications \$. **Omega**, v. 66, p. 344–357, 2017.

GUO, R. *et al.* Classifying green technologies for sustainable innovation and investment. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 153, n. Nov.2019, p. 104580, 2020.

GUPTA, H.; KUSI-SARPONG, S.; REZAEI, J. Barriers and overcoming strategies to supply chain sustainability innovation. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 161, n. Jan., 2020.

IPCC. **Climate Change 2014 Synthesis Report Summary Chapter for Policymakers**. 2014.

ISLAM, M.; PERRY, P.; GILL, S. Mapping environmentally sustainable practices in textiles , apparel and fashion industries : a systematic literature review. **Journal of Fashion Marketing and Management**, v. 25, n. 2, p. 331–353, 2021.

JESUS, A. DE; MENDONÇA, S. Lost in transition ? Drivers and barriers in the eco-innovation road to the circular economy. **Ecological Economics**, v. 145, n. Sept. 2017, p. 75–89, 2018.

JIA, F. *et al.* The circular economy in the textile and apparel industry: a systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 259, p. 120728, 2020.

KOZLOWSKI, A.; BARDECKI, M.; SEARCY, C. Environmental Impacts in the Fashion Industry. **Journal of Corporate Citizenship**, v. 2012, n. 45, p. 16–36, 2014.

LANZATECH. **LanzaTech**. 2021. Página inicial. Disponível em: <https://www.lanzatech.com/>. Acesso em: 1 fev. 2020.

MANSHOVEN, S. *et al.* **Textiles and the environment in a circular economy**. 2019.

LOOP INDUSTRIES. **Loop Industries**. 2021. Página inicial. Disponível em: <https://www.loopindustries.com/>. Acesso em: 1 fev. 2020.

MCKINSEY. **Fahion on Climate**. 2021.

MODEFICA; FGVCES; REGENERATE. **Fios da moda: perspectiva sistêmica para circularidade**. 2021.

MYCOWORKS. **MycoWorks**. 2021. Disponível em: <https://www.mycoworks.com/>. Acesso em: 10 out. 2020.

NAYAK, R. *et al.* **Sustainable technologies and processes adapted by fashion brands**. [S.l.]: Elsevier, 2020.

NEWLIGHT. **Newlight**. 2021. Products. Disponível em: <https://www.newlight.com/products>. Acesso em: 1 fev. 2020.

NIINIMAKI, K. *et al.* The environmental price of fast fashion. **Nature Reviews Earth & Environment**, 2020.

OCDE. **Manual de Oslo: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação**. 3. ed. 2006.

ORANGE FIBER. **Orange Fiber**. 2020. Disponível em: <http://www.orangefiber.it/home/>. Acesso em: 10 out. 2020.

PETERS, G.; LI, M.; LENZEN, M. The need to decelerate fast fashion in a hot climate - A global sustainability perspective on the garment industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 295, p. 126390, 2021.

PILI BIO. **Pili Bio's Technology**. 2020. Disponível em: <https://www.pili.bio/9/technology/>. Acesso em: 10 out. 2020.

QUANTIS. **Measuring fashion: environmental impact of global apparel and footwear study**. 2018.

REIKE, D.; VERMEULEN, W. J. V; WITJES, S. Resources , conservation & recycling The circular economy : new or refurbished as CE 3.0 ? – Exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 135, n. Feb. 2017, p. 246–264, 2018.

SANDIN, G.; PETERS, G. M. Environmental impact of textile reuse and recycling – A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 184, p. 353–365, 2018.

SEHNEM, S. *et al.* Circular economy: benefits, impacts and overlapping. **Supply Chain Management**, v. 6, n. Aug. 2018, p. 784–804, 2019.

SEURING, S.; MÜLLER, M. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 15, p. 1699-1710, 2008.

SILVEIRA, L. **Práticas empresariais de inovação para sustentabilidade para o combate às mudanças climáticas**. Dissertação (Mestrado em Gestão para Competitividade - linha Sustentabilidade) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getulio Vargas. São Paulo, 2021.

TEXTILE EXCHANGES. **Preferred Fiber & Materials: Market Report 2020**. Disponível em: [https://textileexchange.org/wp-content/uploads/2020/06/Textile-Exchange\\_Preferred-Fiber-Material-Market-Report\\_2020.pdf](https://textileexchange.org/wp-content/uploads/2020/06/Textile-Exchange_Preferred-Fiber-Material-Market-Report_2020.pdf).

THE CARBON TRUST. **International carbon flows clothing**. 2011.

UNCTAD. **Technology and Innovation Report**. Geneva: United Nations, 2018. (V. 54)

UNEP. **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. [S.l.], 2016.

UNEP. **Trade in environmentally sound technologies: implications for developing countries**. [S.l.], 2018. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27595/TradeEnvTech.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso: 14 jan. 2022.

ZAMANI, B.; SANDIN, G.; PETERS, G. M. Life cycle assessment of clothing libraries: can collaborative consumption reduce the environmental impact of fast fashion? **Journal of Cleaner Production**, v. 162, p. 1368–1375, 2017.

# ISO 14001:2015, DESEMPENHO AMBIENTAL, RISCOS E NÃO CONFORMIDADES LEGAIS<sup>1</sup>

*Joel Pereira Bastos da Silva<sup>1</sup>, Sonia Regina Paulino<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: joel.bastos@usp.br

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: sonia.paulino@usp.br

**Resumo:** Este trabalho tem como objetivo identificar a melhoria do desempenho ambiental obtido pela adoção do padrão voluntário ISO 14001:2015, comparando unidades industriais certificadas na norma com unidades não certificadas. São utilizados dados obtidos em relatos de auditorias ambientais compulsórias. Ao avaliar o uso sistêmico de indicadores ambientais, assim como ao avaliar o número de não conformidades legais, os resultados são significativamente melhores para o grupo das certificadas do que para o grupo das não certificadas que também adotam gestão sistêmica, recebem auditorias ambientais periódicas, possuem o mesmo potencial poluidor e estão sujeitas a pressões legais, normativas e institucionais similares. Porém, a análise também demonstra fragilidades e desafios para dois outros requisitos chave da norma, não por acaso relacionados a dois dos mais significativos riscos para a indústria: identificação e gestão de riscos e

---

<sup>1</sup> O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

oportunidades ao meio ambiente e aos negócios, e comunicação externa ativa, protegendo a “licença social para operar”.

**Palavras-chave:** Certificação. Riscos e oportunidades. Autorregulação. ISO 14001.

## ISO 14001:2015, ENVIRONMENTAL PERFORMANCE, RISKS AND LEGAL NON-COMPLIANCE

**Abstract:** This work aims to identify the improvement in environmental performance obtained by adopting the ISO 14001:2015 voluntary standard, comparing industrial units certified in the standard with non-certified units, through data obtained in reports of compulsory environmental audits in Rio de Janeiro, base year 2018, in a scenario of a sharp drop in the number of valid certificates in Brazil. When evaluating the use or non-use of systemic environmental indicators, as well as when evaluating the number of legal non-compliances, the results are significantly better for the group of certified than for the group of non-certified, who also adopt systemic management, receive environmental audits periodicals, have the same polluting potential and are subject to similar legal, regulatory and institutional pressures. However, the analysis also demonstrates weaknesses and challenges for two other key requirements of the standard, not by chance related to two of the most significant risks for the industry: identification and management of risks and opportunities, to the environment and business, and exercising active external communication, protecting the “social license to operate”.

**Keywords:** Certification. Risks and opportunities. Self-regulation. ISO 14001

### 1. INTRODUÇÃO

Riscos ao meio ambiente e ao bem-estar da população podem gerar conflitos locais e até globais, e perdas significativas aos negócios. Nos casos de acidentes ambientais com grande visibilidade, ou ainda nas emissões de gases de efeito estufa, os conflitos e ameaças podem alcançar escalas nacionais e até globais. Provocam a formação de grupos ou instituições exigindo ações mitigadoras, mas também estimulam alianças entre ecologistas, economistas, gestores e cientistas (GOODLAND, 1995; DIAMOND, 2006; MARTINEZ-ALIER, 2012; ANGUELOVSKI; MARTINEZ-ALIER, 2014).

Em um cenário de conflitos por recorrentes perdas ao meio ambiente e aos negócios, tendo ao fundo discussões, acordos, tratados e proposição de normas

internacionais sobre os temas meio ambiente e desenvolvimento sustentável (BURSTZYN; BURSTZYN, 2012; VEIGA, 2013), em 1996 foi proposto pela International Organization for Standardization (ISO) o padrão voluntário ISO 14001 de gestão ambiental sistêmica. A indústria já ensaiava adotar a autorregulação por meio de instruções normativas, padrões de gestão ou princípios norteadores como (i) o Responsible Care Program, de 1985, em resposta aos trágicos acidentes ocorridos em Bopal, na Índia, Seveso, na Itália, e Alto Reno, na Suíça, em meados dos anos 1980 (KING; LENOX, 2017); (ii) o Valdez Principles, orientações de responsabilidade ambiental, resposta de acionistas minoritários ao acidente com o navio tanque Exxon Valdez, em 1989, no Alasca (BARNARD, 1990); (iii) a norma inglesa de gestão BS7750, de 1992; (iv) e o Environmental Management and Audit System (EMAS) da União Europeia, de 1995.

A adesão ao padrão ISO foi expressiva já a partir dos primeiros anos de sua publicação. Em 2017, as certificações na norma voluntária ISO 14001 em todo o mundo somavam 362 mil. O ano de 2019, porém, apesar do crescimento no sul e sudeste asiáticos, e apesar da contínua emissão de novos certificados, fechou com 312.580 certificados (ISO SURVEY, 2020). Em 2003, havia no Brasil 645 empresas certificadas pelo Sistema Brasileiro de Acreditação (SBAC), número que chegou a 1.540 em dois anos. Em 2015, o ápice, eram 1.754, mas, desde então, esse número vem diminuindo gradativamente. Se em abril de 2019, 1.043 empresas apresentavam certificados válidos, em maio de 2021 eram apenas 958 (INMETRO, 2021). O total de certificados válidos no Brasil, controlado pelo International Accreditation Forum (IAF), foi de 2.948 em 2017, depois de ter atingido 3.695 em 2013 (ISO SURVEY, 2020).

Apesar de novos certificados terem sido emitidos no período, muitas empresas não recertificaram seu sistema na versão de 2015, findo o prazo limite de novembro de 2018.

Um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é apoiado por práticas e controles dos aspectos, impactos, riscos e oportunidades ambientais inerentes às operações. Estabelece objetivos, meios e recursos para atingir esses objetivos (ABNT, 2015), com foco em:

[...] proteção do meio ambiente pela prevenção ou mitigação dos impactos ambientais adversos; mitigação de potenciais efeitos adversos das condições ambientais na organização; auxílio à organização no atendimento aos requisitos legais e outros requisitos; aumento do desempenho ambiental. (ISO 14001:2015, p. 6)

A ISO 14001:2015 é uma ferramenta operacional, mas também de governança, considerando seus requisitos estratégicos para gestão de riscos, atenção a demandas

de partes interessadas e comunicação externa. Para muitos autores, melhora o desempenho ambiental nas organizações independentemente do motivo que leva à certificação, que vai desde facilitar exportações e relação com clientes (HOJNIK; RUZZIER, 2017; LISTON-HEYES; HEYES, 2021) até ganhos de imagem e aumento da reputação sem primar pela melhoria do desempenho ambiental (DI NOIA; NICOLETTI, 2016; FERRÓN VÍLCHEZ, 2017; TRUONG; PINKSE, 2019), passando pela adoção desencadeada por líderes engajados (EJDYS *et al.*, 2016; MURMURA *et al.*, 2018).

O objetivo deste trabalho é identificar a melhoria do desempenho ambiental obtido pela adoção do padrão voluntário ISO 14001:2015, comparando unidades industriais certificadas segundo a norma com unidades não certificadas.

A fundamentação teórica adotada propõe ampliar o entendimento do padrão de certificação, de restrito ao seu caráter de ferramenta de gestão para um instrumento voluntário de governança ambiental privada baseado em autorregulação (CASHORE *et al.*, 2003; VEIGA, 2010; BURSTZYN; BURSTZYN, 2012). Assim, são tratadas as mudanças introduzidas na norma ISO em 2015, e problematizados seus desdobramentos na gestão de riscos e oportunidades, comunicação, melhoria do desempenho, assunção de responsabilidades e conformidade legal.

Discutir as mudanças de 2015 e comparar reflexos dessas mudanças nos relatos de auditorias do estado do Rio de Janeiro, foco deste trabalho, pode contribuir para identificar oportunidades de melhoria na aplicação da norma. Assim, na Seção 2 é abordada a relação entre certificação e desempenho; na Seção 3, o método utilizado; na Seção 4, resultados e discussões; e na Seção 5, as conclusões do esforço.

## 2. AUTORREGULAÇÃO NA INDÚSTRIA: A VERSÃO DE 2015 DA ISO 14001

Ao contrário da revisão de 2004, a de 2015 foi bastante expressiva. Esta requisita evidências de melhoria do desempenho ambiental, gestão de riscos e comunicação, assunção de responsabilidades, e recomenda aderência a conceitos de sustentabilidade e ciclo de vida. Determina que se considerem oportunidades para a organização e para o meio ambiente. Recomenda compatibilidade com o padrão ISO 9001 de qualidade e ISO 31000 de gestão de riscos (FONSECA, 2015; DI NOIA; NICOLETTI, 2016). Beltramo, Duglio e Cantore (2016) destacam como expressivas as alterações para gestão de riscos e oportunidades ao meio ambiente e aos negócios. Se na versão anterior o foco era a melhoria contínua do SGA, na versão 2015 o foco é a melhoria contínua do desempenho obtido com o sistema de gestão.

Merecem destaque alterações no Requisito 4.4 – Sistema de gestão ambiental. Além de reafirmar o foco na melhoria do desempenho ambiental, sugere a gestão por processos e atividades, em alinhamento com a versão de 2000 da ISO 9001 de gestão da qualidade. A sugestão para aderência ao padrão 9001 atende a gestores que afirmam que a 14001 se mostra mais negativa que positiva ao refletir a burocracia da 9001 (POWER; TERZIOVSKI, 2007). Baseada em procedimentos e manual padronizados, a norma levaria a um excesso de documentação. Para Jollands (2006) e Jonhstone (2020), a atualização periódica dessa documentação desestimula a certificação na norma.

A literatura exhibe dificuldades para concluir se há relação de causalidade entre certificação ISO e desempenho ambiental (BOIRAL *et al.*, 2018). Apenas parte dos estudos publicados após 2015, destacados no Quadro 1, mostram relação “claramente positiva”. Para Colares *et al.* (2015), empresas certificadas têm desempenho ambiental superior, mesmo quando a maior motivação é atender à legislação. Nguyen e Hens (2015) evidenciam que conscientização e desempenho são melhores nas certificadas. Castka e Balzarova (2018) e Johnstone e Hallberg (2020) concluem que benefícios são evidentes e independem dos motivos que levam à certificação.

**Quadro 1** – Relação ISO 14001 e desempenho ambiental

	<b>Claramente positiva</b>	<b>Primordialmente simbólica</b>	<b>Positiva em termos</b>	<b>Não identificada</b>
Johnstone, 2020				×
Mungai, Ndiritu, Rajwani, 2020				×
Johnstone e Hallberg, 2020	×			
Arocena, Orcos e Zouaghi, 2020			×	
Zhang, Zhang e Cao, 2020			×	
Graafland, 2018			×	
Ozusaglam, Kesidou e Wong, 2018			×	
Castka e Balzarova, 2018	×			
Wong, Wong e Boon-itt, 2020	×		×	

Colares <i>et al.</i> , 2015	×			
Di Noia e Nicoletti, 2016		×		×
Ejdys <i>et al.</i> , 2015			×	
Phan e Baird, 2018			×	
Demirel, Iatridis e Kesidou, 2018			×	
Wong <i>et al.</i> , 2017			×	
Murmura <i>et al.</i> , 2018			×	
Singh, Brueckner e Padhy, 2015			×	
Santos <i>et al.</i> , 2016			×	
Oliveira, 2016			×	
Campos <i>et al.</i> , 2015			×	
Ferreira, Poltronieri e Gerolamo, 2019			×	
Treacy <i>et al.</i> , 2019			×	
Rino e Salvador, 2017			×	
Arimura <i>et al.</i> , 2015			×	
Nguyen e Hens, 2015	×			
Ferrón Vílchez, 2017		×		×
Zobel, 2016				×
Mosgaard e Kristensen, 2020				×

Já Zobel (2016) e Johnstone (2020) não encontram diferenças significativas no desempenho ambiental entre empresas certificadas e não certificadas, notadamente pequenas e médias. Di Noia e Nicoletti (2016) e Ferrón Vílchez (2017) apontam que a certificação é “primordialmente simbólica”, voltada para ganhos de imagem, sem priorizar o desempenho. Entretanto, a maioria dos estudos revisados aponta para a relação desempenho *versus* certificação como positiva quando associada a outros fatores, ou sob determinadas circunstâncias, como pressões institucionais,

integração com outras normas, adoção de “cadeia de suprimentos verdes”. Para Mahmud, Soetanto e Jack (2020), pequenas e médias empresas certificadas ISO obtêm mais benefícios financeiros e de competitividade com inovação de produtos do que empresas não certificadas, pela redução no uso de materiais, água e energia. Para Wong, Wong e Boon-itt (2020), o desempenho é melhor em grandes e médias empresas. Enquanto as primeiras adotam tecnologias e equipamentos, as outras buscam redução em materiais, água e energia.

Sem conseguir estabelecer uma relação empírica entre o comportamento exportador de algumas indústrias e seu desempenho ambiental, Liston-Heyes e Heyes (2021) reforçam que as exportações continuam a incentivar as certificações ambientais, como apontam estudos dos últimos 20 anos revisados por eles sobre o tema.

Não é incomum que empresas certificadas ajam com descaso em relação a aspectos ambientais considerados significativos para suas operações e para o entorno, porém há também exemplos positivos de desempenho significativo entre empresas certificadas ou não (KWON; SEO, M; SEO, Y, 2002; DIAMOND, 2006; COLARES, 2015; NGUYEN; HENS, 2015). Isso mostra que o foco em desempenho ambiental nas operações industriais é possível, além de desejado por ambientalistas e por investidores por ser benéfico ao meio ambiente e aos negócios, não apenas por ganhos na reputação corporativa, mas também por ganhos na redução de perdas, considerando a forte relação entre poluição, desperdícios e conflitos.

### 3. MÉTODO DE PESQUISA

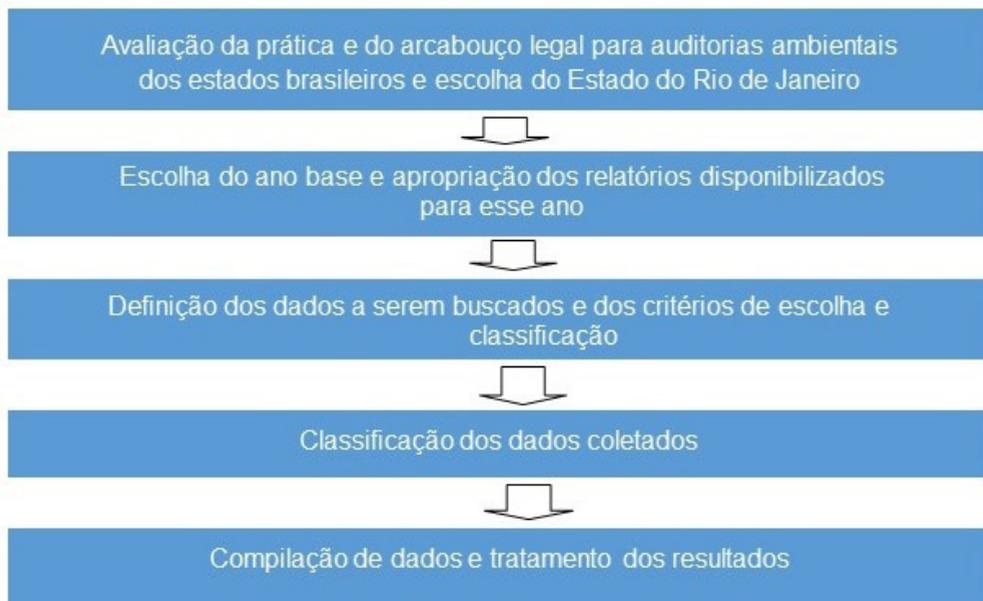
Além da revisão da literatura destacada na Seção 2, obtida nas bases de dados Web of Science e Scopus, para publicações após 2015, e nas bases de dados Science Direct e Google Scholar, para estudos desde 1998, em ambos os grupos utilizando as palavras-chave “certificação ISO14001” e “desempenho ambiental”, foi feita coleta de dados por meio de consulta aos relatórios de auditoria compulsória do estado do Rio de Janeiro, protocolados entre o final de 2019 e início 2020, tendo como base 2018, ano limite para adaptação das empresas aos requisitos da versão de 2015 da ISO 14001, e último ano de relatórios disponibilizados ao público, até a finalização desta pesquisa.

O estado do Rio de Janeiro, além de apresentar o segundo maior parque industrial do país, foi escolhido por exigir auditorias periódicas para atividades com potencial poluidor, orientadas pela DZ-056.R3, diretriz técnica com força de lei que, desde 2010, além de utilizar o padrão ISO 14001 como referência, o

inclui como anexo. Os relatórios estão disponíveis em <http://www.inea.rj.gov.br/auditoria-ambiental-2019/> (INEA, 2019), com último acesso em 26 de janeiro de 2021. Foram analisados os 49 relatórios de auditoria ambiental compulsória, ano base 2018, protocolados até 2020. A Figura 1 ilustra o passo a passo da coleta de dados documentais .

As variáveis de análise são: (i) não conformidades legais no ano base, separadas em “não conformidade operacional”, quando afeta ou pode afetar desempenho ambiental ou segurança operacional, e “não conformidade documental”, quando não afeta esses indicadores; (ii) adoção ou não pela unidade de mecanismos sistêmicos de gestão de riscos e oportunidades, ao meio ambiente e aos negócios; (iii) uso ou não uso sistêmico de indicadores de desempenho; (iv) adoção ou não de mecanismos estruturados de comunicação externa; e (v) reforço na “definição e divulgação de funções e responsabilidades”. Trata-se de requisitos auditáveis da norma de gestão ISO 14001:2015, que possuem similaridades com requisitos da norma de auditoria ambiental DZ-56.R3.

**Figura 1** – Fluxo do desenvolvimento da coleta de dados documentais



Fonte: elaboração própria.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Quadro 2 apresenta a classificação dos resultados, e os subitens que seguem, os resultados encontrados e uma discussão para cada variável da pesquisa.

Curiosamente, metade das 48 unidades que já adotam gestão ambiental sistêmica, tendo os esforços de aderência à norma já internalizados, não optou pela certificação, apesar da expressiva similaridade entre a DZ-56.R3 e a ISO, e apesar das vantagens da certificação apontadas por Hazudin (2015), Hojnik e Ruzzier (2017), Johnstone e Hallberg (2020), Mahmud, Soetanto e Jack (2020), Liston-Heyes e Heyes (2021) e Zhang e Ma (2021). Esses últimos autores, criticando o SGA burocrático, recomendam que inovações tecnológicas ou organizacionais considerem o contexto e os recursos disponíveis.

### 4.1 Não conformidades legais

Empresas fluminenses certificadas apresentam metade das não conformidades legais por unidade industrial, quando comparadas com empresas não certificadas, em uma razão de 3,09 contra 6,30. Separando não conformidades que afetam desempenho ou segurança operacional (operacionais) de não conformidades em documentos legais (documentais) que não afetam esses itens, certificadas apresentam 30,6% menos não conformidades “operacionais” e 44,19% menos não conformidades “documentais”. Para as reincidências – não conformidades que se mantêm de um ano para o outro –, a relação é ainda menor: 0,27 contra 0,76 por unidade.

Contrariando estudos que apontam a relação desempenho *versus* certificação como positiva desde que as empresas sofram pressões governamentais (DEMIREL, IATRIDIS; KESIDOU, 2018; WONG *et al.*, 2017; CAMPOS *et al.*, 2015; ARIMURA *et al.*, 2015; RINO; SALVADOR, 2017), na amostra estudada empresas certificadas e não certificadas sofrem pressão legal e institucional similares e têm a mesma classificação de potencial poluidor.

**Quadro 2 – Conformidade legal e aderência a requisitos ISO 14001:2015 em empresas certificadas e em não certificadas**

Empresas segundo a atividade industrial	Número de não conformidades (NC) legais		SGA certificado ISO 14001 versão 2015 ?	Melhorias no desempenho ambiental	Gestão de riscos e oportunidades ambientais	Reforço na comunicação com partes interessadas	Reforço na assunção de responsabilidades com o desempenho
	NCop (operação/controles)	NCdoc (documentação legal)					
A análise dos relatórios também considera:							
<ul style="list-style-type: none"> <li>atividades e potencial poluidor segundo os critérios da Resolução INEA 52, de 2012;</li> <li>número de colaboradores diretos e indiretos que atuam na unidade;</li> <li>esforço de auditoria, baseado em número de auditores por dia de campo;</li> <li>tipo de auditoria ambiental (se de controle ou de acompanhamento).</li> </ul>							
Tratamento e disposição final de resíduos	01	02	Não	Aderente	Não aderente	Não aderente	Aderente
Produção de aços e trefilados	01	00	Sim	Aderente	Não aderente	Aderente	Aderente
Produção de aços e trefilados	02	00	Sim	Aderente	Não aderente	Aderente	Aderente
Remanufatura de papel e papelão	00	00	Não	Aderente	Não aderente	Não reportado	Não reportado
Armazenamento-distribuição de combustível	02	01	Sim	Aderente	Não aderente	Não reportado	Não reportado
Terminal marítimo de passageiros	02	01	Sim	Aderente	Não aderente	Não aderente	Não aderente
Armazenamento-distribuição de GLP	05	04	Sim	Aderente	Não aderente	Não reportado	Aderente
Embalagens metálicas e litografia	06	05	Não	Aderente	Não aderente	Não aderente	Aderente
Infraestrutura aeroportuária	04	01	Não	Aderente	Não aderente	Não reportado	Aderente
Produção metal-mecânica	01	00	Sim	Aderente	Não reportado	Não reportado	Não aderente
Manutenção de embarcações navais	06	04	Não	Aderente	Não aderente	Não reportado	Não reportado
Produção de vidros	06	04	Não	Aderente	Não aderente	Não reportado	Não aderente
Produção de veículos automotores	01	00	Sim	Aderente	Não aderente	Não reportado	Não aderente
Produção de ferragens	03	06	N/A	Aderente	Não aderente	Não reportado	Não aderente
Operação portuária de óleo & gás	02	01	Não	Não aderente	Não aderente	Não reportado	Não reportado
Produção gráfica e cunhagem	01	03	Não	Aderente	Não aderente	Não reportado	Não aderente
Produção de energia termoeletrica	08	02	Não	Não aderente	Não aderente	Aderente	Aderente
Terminal marítimo de cargas	04	00	Sim	Aderente	Não aderente	Não reportado	Não reportado
Produção de energia termoeletrica	04	00	Não	Aderente	Não aderente	Aderente	Aderente
Produção de veículos automotores	00	00	Sim	Aderente	Não aderente	Não reportado	Não reportado

<b>Empresas segundo a atividade industrial</b>	<b>NCop</b>	<b>NCdoc</b>	<b>Cert?</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Riscos &amp; oportunidades</b>	<b>Comunicação externa</b>	<b>Responsabilidades</b>
Produção de elásticos	04	00	Sim	Aderente	Não aderente	Aderente	Aderente
Armazenamento-distribuição de combustível	01	03	Não	Aderente	Não aderente	Não reportado	Não reportado
Armazenamento-distribuição de GLP	01	05	Sim	Aderente	Não aderente	Não reportado	Aderente
Armazenamento-distribuição de GLP	00	00	Sim	Não reportado	Não aderente	Não aderente	Aderente
Terminal marítimo de múltiplo uso	01	00	Sim	Aderente	Aderente	Aderente	Aderente
Remanufatura de papéis especiais	04	04	Não	Aderente	Não aderente	Não aderente	Aderente
Defensivos agrícolas e fertilizantes	00	00	Não	Não aderente	Não aderente	Não aderente	Aderente
Produção de óleos e fluidos industriais	00	00	Sim	Não aderente	Não aderente	Não reportado	Aderente
Tratamento e disposição final de resíduos	00	00	Sim	Aderente	Não aderente	Aderente	Aderente
Transporte-armazenamento de óleo e gás	00	02	Sim	Aderente	Aderente	Não reportado	Aderente
Transporte-armazenamento de óleo e gás	02	02	Sim	Aderente	Aderente	Não reportado	Aderente
Transporte-armazenamento de óleo e gás	01	01	Sim	Aderente	Aderente	Não reportado	Aderente
Transporte-armazenamento de óleo e gás	01	02	Sim	Aderente	Aderente	Não reportado	Aderente
Manutenção de embarcações navais	05	05	Não	Aderente	Não aderente	Não reportado	Não aderente
Produtos farmacêuticos e cosméticos	02	01	Não	Aderente	Não aderente	Não aderente	Não aderente
Aditivos para óleo lubrificante combustível	02	00	Sim	Não aderente	Não aderente	Não conclusivo	Aderente
Transporte de gás natural por dutos	00	02	Não	Aderente	Não aderente	Aderente	Não aderente
Transporte de gás natural por dutos	00	01	Não	Aderente	Não aderente	Aderente	Não aderente
Produção de químicos para refino de óleo	01	00	Sim	Aderente	Aderente	Aderente	Aderente
Tratamento e disposição final de resíduos	03	00	Sim	Aderente	Não aderente	Não reportado	Aderente
Armazenamento de químicos e outros	04	02	Não	Não aderente	Não aderente	Não reportado	Não aderente
Atividades portuárias para óleo e gás	02	00	Não	Aderente	Não aderente	Não reportado	Não aderente
Produção de óleos lubrificantes e isolantes	01	01	Não	Aderente	Não aderente	Não reportado	Não aderente
Produção de petroquímicos	02	00	Não	Aderente	Não aderente	Não reportado	Não aderente
Cimento e coprocessamento de resíduos	00	00	Sim	Aderente	Não aderente	Não reportado	Aderente
Produção-armazenamento de óleos e graxas	01	04	Não	Aderente	Não reportado	Não reportado	Não aderente
Produção de químicos para refino de óleo	02	03	Não	Não reportado	Não aderente	Não aderente	Não aderente
Tratamento e disposição final de resíduos	00	00	Não	Aderente	Não aderente	Não aderente	Aderente
Tratamento e disposição final de resíduos	00	00	Sim	Aderente	Não aderente	Não reportado	Aderente

Fonte: elaboração própria

## 4.2 Indicadores de desempenho ambiental

O uso de indicadores de desempenho estruturado atinge 87,5% das 48 unidades. Apenas quatro não certificadas e duas certificadas não os adotam. Mungai, Ndiritu e Rajwani (2020), ao avaliarem pequenas e médias empresas da Índia, lembram resultados inconclusivos por vários motivos, dentre eles a adoção de diferentes critérios para desempenho. Sugerem avaliação por indicadores para efluentes e resíduos sólidos. Outros autores também identificam melhorias quando balizadas por indicadores específicos, notadamente para emissões de GEE, energia, água e materiais (SINGH; BRUECKNER; PADHY, 2015; CAMPOS *et al.*, 2015; WONG *et al.*, 2017; AROCENA; ORCOS; ZOUAGHI, 2020; HRISTOV *et al.*, 2021).

## 4.3 Gestão de riscos e oportunidades ao meio ambiente e aos negócios

O requisito é pouco reportado nos relatórios avaliados. Apenas seis evidenciam a adoção nos moldes da norma. A totalidade das unidades não certificadas e 75% das certificadas não os reportam. Os demais relatos indicam a gestão de riscos clássica, atenta a riscos operacionais, ocupacionais e atendimento a emergências.

A atenção especial a riscos e oportunidades ambientais aos negócios tem sua razão de ser. Riscos aos negócios são frequentes e estão em constante alteração, e podem dificultar ou mesmo impedir a organização de atingir as expectativas de acionistas e do mercado. Entretanto, um gerenciamento de risco eficaz possibilita preparar-se para o inesperado e reduzir fragilidades a indicadores (SOUZA REGO *et al.*, 2006). Ao discutir pontos fracos na governança corporativa que dificultam a criação de valor ambiental nas empresas, Hristov *et al.* (2021) destacam as dificuldades para compreender os fatores que impactam desempenho e segurança operacional, e os caminhos para identificar e integrar aos indicadores os aspectos ambientais relacionados a riscos e oportunidades.

## 4.4 Comunicação com interessados de fora da organização

As unidades cumprem parte do requisito ao tornarem público, compulsoriamente, relatórios anuais de auditoria, mas a plena aderência se dá ao ouvir e dar respostas às partes interessadas, caracterizando a comunicação ativa. Metade dos relatos não reporta comunicação das empresas com seus públicos internos ou externos. Apenas 14 são aderentes aos requisitos ISO por adotarem processos, procedimentos ou práticas estruturadas de comunicação externa. Desses, 21,4%, ou seis unidades, são certificadas, e 14,2%, ou quatro unidades, não o são.

Ambos os grupos evidenciam baixo reporte de aderência a um requisito mandatório tanto na ISO 14001:2015 quanto na DZ-56.R3.

Para Testa *et al.* (2014), a obrigatoriedade de divulgação dos resultados de auditoria no EMAS solidifica ganhos de desempenho no longo prazo, diferentemente da ISO, que não requisita a divulgação e com isso promove mais mudanças de curto prazo, reduzindo ganhos ao longo do tempo. Zebek (2021) lembra o Regulamento 1221/2009 da União Europeia, no qual o Parlamento entende que atividades com potencial de impacto ambiental adverso devem ser avaliadas periodicamente e os resultados, divulgados. Para Beltramo, Duglio e Cantore (2016), apesar de outras diferenças entre o padrão EMAS de 2010 e o padrão ISO de 2015, a mais significativa é a obrigação de divulgar resultados no EMAS.

#### 4.5 Definição e divulgação de funções e responsabilidades

Apenas sete relatórios não reportam sobre o tema. Entre os 41 que reportam, 21 demonstram aderência ao requisito ISO; os demais cumprem o requisito DZ-56, que determina a nomeação de responsável técnico. Entre os aderentes, 39,0% (16) são de unidades certificadas e 17,0% (7) de não certificadas. Ejdys *et al.* (2016) e Murmura *et al.* (2018) destacam que os melhores resultados em desempenho vêm de situações em que há evidências de comprometimento e assunção de responsabilidades pelas lideranças.

## 5. CONCLUSÃO

Unidades industriais fluminenses certificadas apresentam, quando comparadas com não certificadas, no ano base 2018, resultados significativamente melhores em relação ao número de não conformidades legais e uso sistêmico de indicadores de desempenho.

Entretanto, gestão de riscos e oportunidades ao meio ambiente e aos negócios e práticas de comunicação externa são dois requisitos mandatórios que apresentam baixa aderência em certificadas e em não certificadas, apesar da forte ligação desses requisitos com prevenção ou remediação de conflitos, reputação das marcas e da própria certificação. Riscos de perda ou não obtenção da “licença social para operar”, ou de formação de passivos ambientais que possam afetar os negócios, caracterizam-se como dois dos mais significativos riscos a diversos setores da indústria e da agroindústria.

Este estudo está limitado ao ano base de 2018 e ao contexto do parque industrial fluminense. Pesquisas complementares são recomendadas, envolvendo anos bases posteriores a 2018, ou ampliando a análise para outros estados brasileiros.

Certificadas estão sujeitas anualmente a duas auditorias internas, uma externa pelo padrão ISO 14001:2015 e mais uma externa pelo padrão DZ-56.R3, e unidades não certificadas estão obrigadas apenas a uma auditoria anual DZ-56.R3. A diversificação em auditorias e auditores pode ser determinante para a significativa diferença entre os grupos, sugerindo pesquisas complementares para discutir o papel da auditoria e do auditor na busca por desempenho, gestão de riscos e oportunidades. É necessário discutir um planejamento de auditorias que busque um equilíbrio entre esforços para avaliar a documentação de gestão e esforços para avaliar as operações unitárias do processo produtivo, suas estruturas, rotinas e tecnologias de controle, assim como discutir critérios de qualificação de auditores para atingir os objetivos de desempenho, gestão de riscos e oportunidades.

Em contrapartida, o fato de metade das empresas da amostra ter esforços e custos de implantação do padrão ISO já internalizados e não ter optado pela certificação ou recertificação, apesar das significativas vantagens da certificação apontadas por gestores e estudiosos, remete à criticada burocracia do SGA ISO, que, por sua vez, remete a um foco excessivo na documentação de gestão durante a auditoria. Entretanto, a versão de 2015 possibilita a gestão por processos e não mais requisita manual de gestão padrão, o que permite a expressiva simplificação do SGA, seu uso, acesso e avaliação.

Finalmente, o caráter voluntário da norma pode condicionar sua adoção a situações de pressão institucional ou de engajamento proativo de lideranças, deixando de fora outros cenários em que o controle do Estado apresenta falhas. Daí a importância de discutir o papel do Estado em processos similares, garantindo ou não a conformidade legal como ponto de partida, e discutir o voluntariado e a estratégia da melhoria contínua como respostas à emergência ambiental e climática que enfrentamos.

## REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14001:2015:** Sistemas de Gestão Ambiental – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2015.

ANGUELOVSKI, I; MARTINEZ-ALIER, J. The environmentalism of the poor revisited: territory and place in disconnected global struggles. **Ecological Economics**, v. 102, p. 167-176, 2014.

ARIMURA, T. H. *et al.* The effect of ISO 14001 on environmental performance: Resolving equivocal findings. **Journal of Environmental Management**, v. 166, p. 556-566, 2015.

AROCENA, P; ORCOS, R; ZOUAGHI, F. The impact of ISO 14001 on firm environmental and economic performance: the moderating role of size and environmental awareness. **Business Strategy and the Environment**, v. 30, p. 955–967, 2021.

BARNARD, JAYNE W. Exxon Collides With the “Valdez Principles”. **Faculty Publications** 1039, 1990. Disponível em: <https://scholarship.law.wm.edu/facpubs/1039>. Acesso em: 24 fev. 2020.

BELTRAMO, R; DUGLIO, S; CANTORE, P. SCATOL8®: a remote network for risk assessment in the environmental management system. **Quality – Access to Success**, v. 17, n. 153, p. 64-69, 2016.

BOIRAL, O. *et al.* Adoption and outcomes of ISO 14001: a systematic review. **International Journal of Management Reviews**, v. 20, p. 411-432, 2018.

BURSTZYN, M. A.; BURSTZYN, M. **Fundamentos de política e gestão ambiental**: os caminhos para a sustentabilidade. Rio de Janeiro: Garamont, 2012.

CAMPOS, L. M. S. *et al.* Environmental performance indicators: a study on ISO 14001 certified Companies. **Journal of Cleaner Production**, v. 99, p. 286-296, 2015.

CASHORE, B; AULD, G; NEWSOM, D. Forest certification (eco-labeling) programs and their policy-making authority: explaining divergence among North American and European case studies. **Forest Policy and Economics**, v. 5, n. 3, p. 225-247, 2003.

CASTKA, P.; BALZAROVA, M. An exploration of interventions in ISO 9001 and ISO 14001 certification context – A multiple case study approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 174, p. 1642-1652, 2018.

COLARES, A. C. V. *et al.* As empresas com certificação ISO 14001 realmente têm uma atividade Ambiental superior? **Sistemas & Gestão**, v. 10, p. 356-368, 2015.

DEMIREL, P.; IATRIDIS, K.; KESIDOU, E. The impact of regulatory complexity upon self-regulation: Evidence from the adoption and certification of

environmental management systems. **Journal of Environmental Management**, v. 207, p. 80-91, 2018.

DIAMOND, J. **Collapse: how societies choose to fail or succeed**. Penguin, 2006, p. 441-485. (Cap.15)

DI NOIA, A. E.; NICOLETTI, G. M. ISO 14001 Certification: benefits, costs and expectations for organization. **Studia Oeconomica Posnaniensia**, v. 4, n. 10, 2016.

EJDYS, J. et al. Crucial factors for improving the ISO 14001 environmental management system. **Journal of Business Economics and Management**, v. 17, p. 52-73, 2016.

FERREIRA, C. S., POLTRONIERI, C. F., GEROLAMO, M. C. ISO 14001:2015 and ISO 9001:2015: analyse the relationship between these management systems standards and corporate sustainability. **Gestão & Produção**, v. 26, n. 4, 2019.

FERRÓN VÍLCHEZ, V. The dark side of ISO 14001: the symbolic environmental behavior. **European Research on Management and Business Economics**, v. 23, p. 33-39, 2017.

FONSECA, L. M. C. M. ISO 14001:2015: an improved tool for sustainability. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 8, p. 37-50, 2015.

GRAAFLAND, J. Ecological impacts of the ISO 14001 certification of small and medium sized enter-prises in Europe and the mediating role of networks. **Journal of Cleaner Production**, v. 174, p. 273-282, 2018.

GOODLAND, R. The concept of environmental sustainability. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 26, p. 1-24, 1995.

HAZUDIN, S. F. *et al.* ISO 14001 and financial performance: is the accreditation financially worth it for Malaysian firms. **Procedia Economics and Finance**, v. 31, p. 56–61, 2015.

HOJNIK, J; RUZZIER, M. Does it pay to be eco? The mediating role of competitive benefits and the effect of ISO14001. **European Management Journal**, v. 35, p. 581-594, 2017.

HRISTOV, I; APPOLLONI, A; CHIRICO, A; CHENG, W. The role of the environmental dimension in the Performance Management System: a systematic review and conceptual framework. **Journal of Cleaner Production**, v. 293, 2021.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro. Plataforma Relatórios de Auditoria Ambiental apresentados ao INEA em 2019. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/auditoria-ambiental-2019/>. Acesso em: 26 jan. 2021.

- INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Certificados válidos ISO14001 no Brasil**. 2021. Disponível em: <https://certifiq.inmetro.gov.br/Grafico/HistoricoCertificados>. Acesso em: 9 maio 2021.
- ISO SURVEY. 2020. Disponível em: <https://www.iso.org/the-iso-survey.html>. Acesso em: 9 maio 2021.
- JOHNSTONE, L. The construction of environmental performance in ISO 14001-certified SMEs. **Journal of Cleaner Production**, v. 263, 2020.
- JOHNSTONE, L; HALLBERG, P. ISO 14001 adoption and environmental performance in small to medium sized enterprises. **Journal of Environmental Management**, v. 266, 2020.
- JOLLANDS, N. Concepts of efficiency in ecological economics: Sisyphus and the decision maker. **Ecological Economics**, v. 56, p. 359– 372, 2006.
- KING, A. A; LENOX, M. J. Industry self-regulation without sanctions: the chemical industry’s responsible care program. **Academy of Management Journal**, v. 43, n. 4, 2017.
- KWON, D.; SEO, M.; SEO, Y. A study of compliance with environmental regulations of ISO 14001 certified companies in Korea. **Journal of Environmental Management**, v. 65, p. 347-353, 2002.
- LISTON-HEYES, C.; HEYES, A. Is there evidence for export-led adoption of ISO 14001? A review of the literature using meta-regression. **Business & Society**, v. 60, p. 764–805, 2021.
- MAHMUD, M; SOETANTO, D; JACK, S. Environmental management and product innovation: The moderating role of the dynamic capability of small manufacturing firms. **Journal of Cleaner Production**, v. 264, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121633>. Acesso em: 17 maio 2021.
- MARTINEZ-ALIER, J. Environmental justice and economic degrowth: an alliance between two movements. **Capitalism Nature Socialism**, v. 23, p. 51-73, 2012.
- MOSGAARD, A.; KRISTENSEN, S. Companies that discontinue their ISO 14001 certification – reasons, consequences and impact on practice. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, 2020.
- MUNGAI E. M; NDIRITU S. W; RAJWANI T. Do voluntary environmental management systems improve environmental performance? Evidence from waste management by Kenyan firms. **Journal of Cleaner Production**, v. 265, 2020.

MURMURA, F. et al. Evaluation of Italian companies' perception about ISO 14001 and eco management and audit scheme III: Motivations, benefits and barriers. **Journal of Cleaner Production**, v. 174, p. 691-700, 2018.

NGUYEN, Q. A; HENS, L. Environmental performance of the cement industry in Vietnam: the influence of ISO 14001 certification. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 362-378, 2015.

OLIVEIRA *et al.* Environmental Management System ISO 14001 factors for promoting the adoption of Cleaner Production practices. **Journal of Cleaner Production**, v. 133, p.1384-1394, 2016.

OZUSAGLAM, S; KESIDOU, E; WONG, C. Performance effects of complementarity between environmental management systems and environmental technologies. **International Journal of Production Economics**, v. 197, p. 112–122, 2018.

PHAN, T. N.; BAIRD, K.; SU S. Environmental activity management: its use and impact on environmental performance. **Environmental Activity Management**, p. 651-673, 2018.

POWER, D; TERZIOVSKI, M. Quality audit roles and skills: perception of non-financial auditors and their clients. **Journal of Operations Management**, v. 25, p.126-147, 2007.

RINO, C; SALVADOR, N. B. ISO 14001 certification process and reduction of environmental penalties in organizations in Sao Paulo State, Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 3627-3633, 2017.

SINGH, M; BRUECKNER, M; PADHY, K. Environmental management system ISO14001: effective waste minimization in small and medium enterprises in India. **Journal of Cleaner Production**, v. 102, p. 285-301, 2015.

SOUZA R; ANTÔNIO M. P. **A utilização do COSO na controladoria: Um estudo no Brasil. Universidade de Salvador, 2006.** Disponível em: <http://intercostos.org/documentos/apellidos/Passos.pdf>. Acesso em: 18 set. 2020.

TESTA et al. EMAS and ISO 14001: the differences in effectively improving environmental performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 68, p. 165-173, 2014.

TREACY, R; HUMPHREYS, P; MCIVOR, R; LO, C. ISO14001 certification and operating performance: A practice-based view. **International Journal of Production Economics**, v. 208, p. 319–328, 2019.

TRUONG, Y.; PINKSE, J. Opportunistic behaviors in green signaling: When do firms engage in symbolic green product preannouncement? **International Journal of Production Economics**, v. 218, p. 287–296, 2019.

VEIGA, J. E. **A desgovernança mundial da sustentabilidade**. São Paulo: Editora 34, 2013.

VEIGA, J. E. **Sustentabilidade: A legitimação e um novo valor**. São Paulo: Senac, 2010.

WONG, J. J. *et al.* Performance monitoring: A study on ISO 14001 certified power plant in Malaysia. **Journal of Cleaner Production**, v. 147, p. 165-174, 2017.

WONG, C. W. Y; WONG, C. Y; BOON-ITT, S. Environmental management systems, practices and outcomes: Differences in resource allocation between small and large firms. **Int. Journal of Production Economics**, v. 228, 2020.

ZEBEK, E. Environmental management of ISO 14001 system enforcement in EU countries. **Review of European and Comparative Laws XLIV**, p. 53-80, 2021.

ZHANG, Q; MA, Y. The impact of environmental management on firm economic performance: The mediating effect of green innovation and the moderating effect of environmental leadership. **Journal of Cleaner Production**, v. 292, 2021.

ZHANG, Z; ZHANG, C; CAO, D. Is ISO14001 certification of the corporate effective? **Nankai Business Review International**, v. 1, 2020.

ZOBEL, T. The impact of ISO 14001 on corporate environmental performance: a study of Swedish manufacturing firms. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 59, p. 587-606, 2016.



# PROPOSTA METODOLÓGICA DE REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA ASSOCIADA À ANÁLISE TEMÁTICA EM PESQUISA DE SUSTENTABILIDADE

*Fernanda Cervi<sup>1</sup>, Tania Pereira Christopoulos<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: fernandacervi@usp.br

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: tchristo@usp.br

**Resumo:** Este trabalho teve por objetivo integrar a revisão sistemática de literatura e a análise temática aplicadas em um estudo de sustentabilidade, explorando a complementaridade entre dois *softwares*: o *Start*: uma ferramenta que suporta a revisão sistemática e o *Atlas.ti*, que suporta a análise temática. A revisão sistemática foi realizada a partir das seguintes etapas: planejamento; seleção; extração dos dados; execução: síntese dos estudos e escrita da revisão. O método de análise temática foi realizado nas etapas de pré-análise, extração, exploração dos dados e síntese dos resultados. A proposta metodológica deste estudo possibilitou o tratamento de um grande volume de dados, obtidos dos estudos primários, para análise detalhada dos padrões na interpretação dos resultados. Adicionalmente, evitou o retrabalho de analisar novamente os textos, diante da identificação de novos códigos relevantes para o assunto pesquisado. Esse processo foi facilitado

com a utilização dos *softwares* mencionados no tratamento dos dados, de forma a otimizar a interpretação dos resultados. Conclui-se que essa abordagem metodológica pode contribuir para a execução de pesquisas qualitativas atendendo aos princípios de rigor, reprodutibilidade e abrangência em revisões sistemáticas de literatura. Com relação ao tema da sustentabilidade, o método utilizado possibilita explorar como os estudos desenvolvidos na área agrupam temas que envolvem conceitos de ecossistema, considerando-se a integração dos sistemas ambiental, social, econômico, como esferas aninhadas e interdependentes, envolvendo também questões de ética e governança participativa nas organizações.

**Palavras-chave:** revisão sistemática de literatura, método qualitativo, sustentabilidade.

## METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW ASSOCIATED WITH THEMATIC ANALYSIS IN SUSTAINABILITY RESEARCH

**Abstract:** This work aims to integrate the systematic literature review and thematic analysis applied in a sustainability research, exploring the complementarity between two softwares: *Start*: a tool that supports the systematic review and *Atlas.ti*, which supports the thematic analysis. The systematic review was carried out based on the following steps: planning; selection; data extraction; execution: synthesis of studies and the writing the review. The thematic analysis method was performed in the stages of pre-analysis, extraction, data exploration and synthesis of results. The methodological proposal of this study enabled the treatment of a large volume of data, obtained from primary studies, for a detailed analysis of the patterns in the interpretation of results. Additionally, it avoided the rework of analyzing the texts again, given the identification of new codes relevant to the researched subject. This process was facilitated with the use of mentioned softwares in the treatment of the data, in order to optimize the interpretation of results. It can be concluded that this methodological approach can contribute to the execution of qualitative research, taking into account the principles of rigor, reproducibility and comprehensiveness in systematic literature reviews. Regarding sustainability theme, the method makes it possible to explore how the studies developed in the area group themes involving ecosystem concepts, considering environmental, social, and economic systems, as nested and interdependent spheres, also involving ethical issues and participatory governance in organizations.

**Keywords:** systematic literature review, qualitative method, sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO

A revisão sistemática de literatura compreende um método para identificar, avaliar e sintetizar o corpo existente de trabalhos completos e registrados produzidos por pesquisadores, estudiosos e profissionais. Para tanto, deve seguir uma abordagem metodológica explícita na descrição dos procedimentos pelos quais foi conduzida; abrangente em seu escopo ao incluir todo o material relevante e, portanto, reproduzível por outros que desejem seguir a mesma abordagem na revisão do tema, devendo contribuir para o trabalho em sua dupla abordagem de sintetizar o material disponível e oferecer uma crítica acadêmica da teoria (OKOLI; SCHABRAM, 2010).

Já a análise temática é uma metodologia qualitativa que possibilita analisar, identificar e categorizar os padrões encontrados no material de estudo previamente selecionado, permitindo interpretar os temas-chave para a pesquisa (BOYATZIS, 1998). É uma forma de reconhecimento de padrão dentro dos dados, em que os temas emergentes se tornam as categorias de análise (BRAUN; CLARKE, 2006). Em revisões sistemáticas, o pesquisador efetua todo o planejamento, obtenção e seleção dos estudos para então iniciar a extração e a síntese dos dados (OKOLI; SCHABRAM, 2010).

A revisão sistemática é um processo estruturado e com passos bem definidos. Já a análise temática, assim como outras técnicas de análise qualitativa, possui caráter exploratório e investigativo. Nesse contexto, a revisão sistemática pode ser desenvolvida em conjunto com a análise temática, nas etapas de extração e síntese dos dados, possibilitando explorar o contexto pesquisado em detalhes, relacionar os padrões encontrados nos dados, bem como a inferência de temas abrangentes para a interpretação dos resultados da revisão (GASTALDI, 2016).

A fim de aplicar essa abordagem, revisamos estudos que utilizam a metateoria de lógicas institucionais (LI), que tem se consolidado para analisar os processos de mudança institucional nos estudos organizacionais (BATTILANA; DORADO, 2010), portanto, buscamos explorar a sua transposição para o campo da ciência da sustentabilidade. As lógicas institucionais são padrões históricos e socialmente construídos de práticas materiais, suposições, valores, crenças e regras por meio das quais os indivíduos produzem e reproduzem sua subsistência material, organizam o tempo e o espaço e orientam suas ações (THORNTON; OCASIO, 2008). Essas lógicas, portanto, fornecem valores compartilhados que orientam as ações, possibilitando oportunidades de mudança institucional (THORNTON; OCASIO; LOUNSBURY, 2012).

Nesse contexto, o presente estudo teve por objetivo integrar a revisão sistemática de literatura e a análise temática explorando a complementaridade entre dois *softwares* de auxílio computacional para realizar a revisão sistemática: o Start, uma ferramenta que dá suporte à condução de revisão sistemática; e o Atlas.ti, que dá suporte à condução de análise temática.

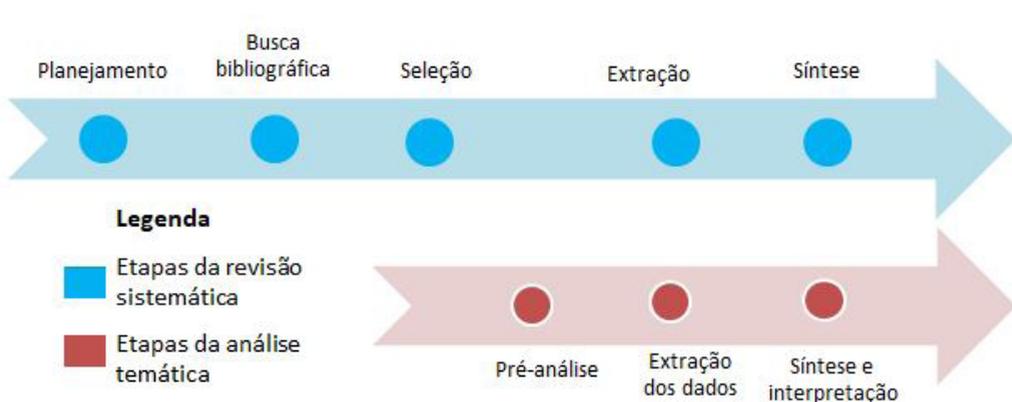
## 2. METODOLOGIA

Para a aplicação da revisão sistemática de literatura em conjunto com a análise temática, buscamos identificar as lógicas institucionais nos estudos que abrangem o campo da sustentabilidade. A revisão sistemática foi realizada de acordo com Okoli e Schabram (2010) a partir das seguintes etapas: planejamento, seleção, extração dos dados, síntese dos estudos e a escrita da revisão.

Para a extração dos dados na revisão sistemática são elaborados formulários para orientar o processo de obtenção dos dados (OKOLI; SCHABRAM, 2010). Contudo, durante a revisão, a partir das informações encontradas no material revisado, por diversas vezes, há necessidade de adicionar ou remover itens, o que pode requerer a reanálise de todo o material já analisado para completar as informações que não haviam sido consideradas no momento da elaboração do formulário (FABBRI *et al.*, 2013).

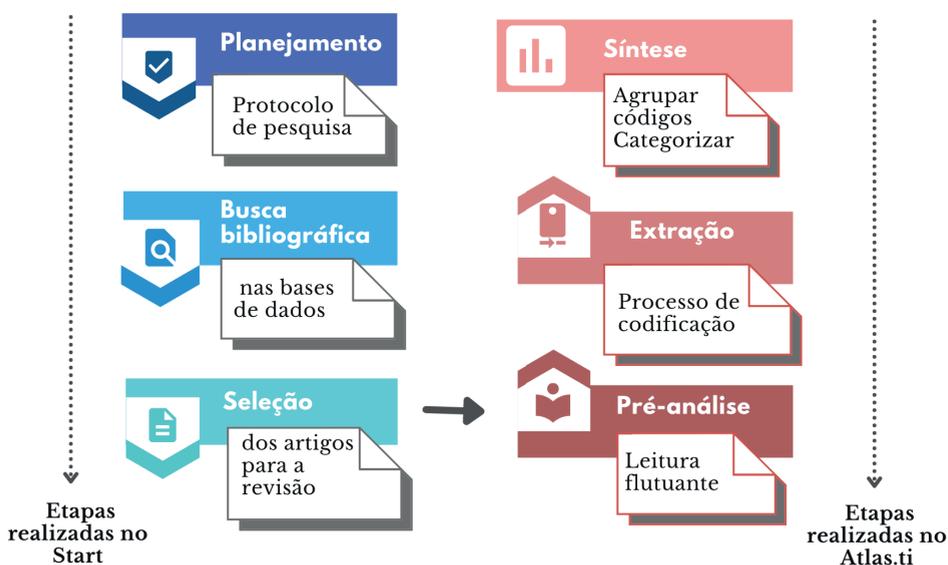
Como a análise temática possibilita a execução flexível do processo de extração e interpretação dos dados (BRAUN; CLARKE, 2006), após a realização da seleção dos estudos que seriam analisados na revisão de literatura foram executadas as etapas da análise temática de pré-análise, extração dos dados e síntese dos resultados (Figura 1).

**Figura 1** – Etapas para condução da revisão sistemática associada à análise temática



Para auxiliar na organização e tratamento dos resultados, foram utilizados o *software* Start, que dá suporte à condução de revisão sistemática, possibilitando um processo guiado e documentado do trabalho (ZAMBONI *et al.*, 2010), e o Atlas.ti, que possibilita localizar as citações diretamente no texto e sua codificação; permite a criação de anotações dos dados; e possui funções que possibilitam relacionar códigos em redes, agrupar os códigos, as citações e as redes, associando-os de acordo com as relações e significados para inferências nas análises dos dados, de modo flexível e recursivo em textos, vídeos, imagens e localizações geográficas (SOFTWARE ATLAS.TI, 2020). Ambas as ferramentas foram utilizadas em complementaridade, pois possibilitam um processo iterativo no qual ocorre a transição entre as etapas da revisão, conforme a Figura 2.

**Figura 2** – Etapas da revisão sistemática em conjunto com a análise temática e as respectivas ferramentas utilizadas



As etapas de planejamento, obtenção e seleção dos artigos foram realizadas por meio do *software* Start. O planejamento da pesquisa foi feito concomitante à análise exploratória, a partir de um levantamento da literatura para obter uma visão ampla sobre o tema estudado, em que foram testadas as palavras-chave, as bases de dados e os critérios de inclusão e exclusão a fim de planejar o protocolo de pesquisa.

No protocolo de pesquisa foram descritas todas as etapas da revisão e os critérios para sua execução, incluindo a pergunta de pesquisa, o objetivo, a população, a intervenção, o controle, a definição de palavras-chave, as bases de dados

consultadas, os critérios de inclusão e exclusão e assim por diante. A população foi composta por um conjunto de artigos que apresentassem a aplicação da lógica institucional para analisar as questões concernentes ao campo da sustentabilidade. A intervenção de pesquisa referiu-se à interpretação da perspectiva das lógicas institucionais para abordar a sustentabilidade em diferentes campos de estudo.

Como palavras-chave, foram utilizadas as expressões “*institutional logic and sustainability*”; “*environmental logic*”; “*institutional logic perspective and sustainability*”; “*institutional logic and sustainable entrepreneurship*”; “*sustainability logic*”.

A busca de artigos foi realizada nas bases eletrônicas indexadoras dos artigos: Scopus, Science Direct e Scielo. Os critérios de inclusão (I) foram definidos da seguinte forma: aplica a lente da lógica institucional e abrange sustentabilidade; os critérios de exclusão (E) foram assim definidos: não aplica a lente da lógica institucional; faz uso da lente da lógica institucional, mas não se refere à sustentabilidade; não está em português ou inglês. Optamos por estudos escritos na língua inglesa porque é internacionalmente aceita em trabalhos científicos.

Na etapa de seleção, inicialmente foi realizada a identificação dos artigos a partir da leitura dos títulos e palavras-chave para excluir aqueles que não aplicavam as lógicas institucionais e abordavam a sustentabilidade, para então realizar a leitura dos resumos e aplicação dos critérios de inclusão ou exclusão dos artigos. O controle da revisão foi realizado a partir das informações obtidas na análise exploratória, considerando-se o contexto pesquisado, com as devidas atualizações do protocolo de pesquisa e contínuo monitoramento do processo para conferência dos critérios adotados na pesquisa.

Após completar a amostra de artigos, prosseguimos para a revisão a partir da metodologia de análise temática, que foi iniciada pela etapa de pré-análise, com a leitura “flutuante” dos artigos selecionados para aproximação com o conteúdo abordado por eles. A extração dos dados foi realizada a partir dos artigos selecionados que foram inseridos no *software* Atlas.ti, por meio do qual foram marcados segmentos dentro do próprio texto (citação) para a codificação, ou seja, a rotulagem dos dados que identificam uma característica (conteúdo semântico) nas citações.

A análise interpretativa foi realizada pelo método dedutivo (CRABTREE; MILLER, 1999) com códigos amplos baseando-se nas questões de pesquisa e o referencial teórico sobre a tipologia das ordens institucionais (THORNTON; OCASIO; LOUNSBURY, 2012) para extração dos dados do material da revisão. Nesse processo, consideramos a prevalência das informações relacionadas ao tema estudado identificadas no conjunto completo de dados. A atribuição de

citações pelo *software* utilizado para esse processo permitiu localizar os códigos nos textos, revisar os critérios adotados para a codificação, observando-se as citações que geraram os registros e as relações entre os códigos identificados para a etapa de síntese, com a atribuição dos temas, que são padrões utilizados para descrever, organizar e interpretar os aspectos concernentes ao assunto pesquisado (BOYATZIS, 1998).

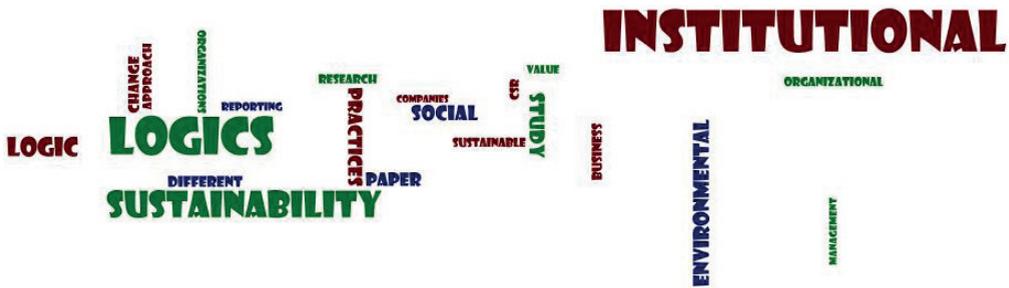
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca de artigos retornou um total de 1.498 artigos, dos quais apenas 107 atenderam aos critérios de inclusão a partir da análise do título, palavras-chave e resumo. Já na etapa de extração dos dados os artigos foram lidos na sua íntegra, o que permitiu identificar o conteúdo em profundidade e resultou em 96 artigos para compor o material da revisão sistemática. Os artigos que utilizam o termo “sustentabilidade” para se referir à sobrevivência das organizações foram excluídos, assim como os que mencionam as lógicas, mas não se referiam à metateoria de lógicas institucionais ou não aplicavam os seus elementos teóricos.

Quanto à abrangência na incorporação da literatura relevante para esse estudo, foi realizada uma seleção seguindo os critérios definidos, com a contínua conferência e discussão entre as autoras para evitar excluir materiais importantes sobre o assunto pesquisado, assim como houve a descrição detalhada das etapas para a reprodutibilidade da metodologia adotada. De acordo com Vom Brocke *et al.* (2009), o processo de seleção das fontes de dados deve ser transparente e atender aos critérios de exaustividade e reprodutibilidade de uma revisão, para que outros estudiosos da área possam utilizar com mais confiança os resultados em suas próprias pesquisas.

Na etapa de extração dos dados foi inicialmente testado o *software* Start, que permite a elaboração dos campos para a extração de dados, assim como possui a ferramenta denominada *word cloud*, que pode ser utilizada na etapa de pré-análise, pois as palavras recorrentes no texto são destacadas visualmente para o usuário, que pode ter uma ideia ampla dos tópicos principais tratados no estudo em questão. O destaque das palavras neste estudo é coerente com a grande quantidade de estudos encontrados na literatura sobre as lógicas institucionais para tratar das questões concernentes à sustentabilidade (Figura 3).

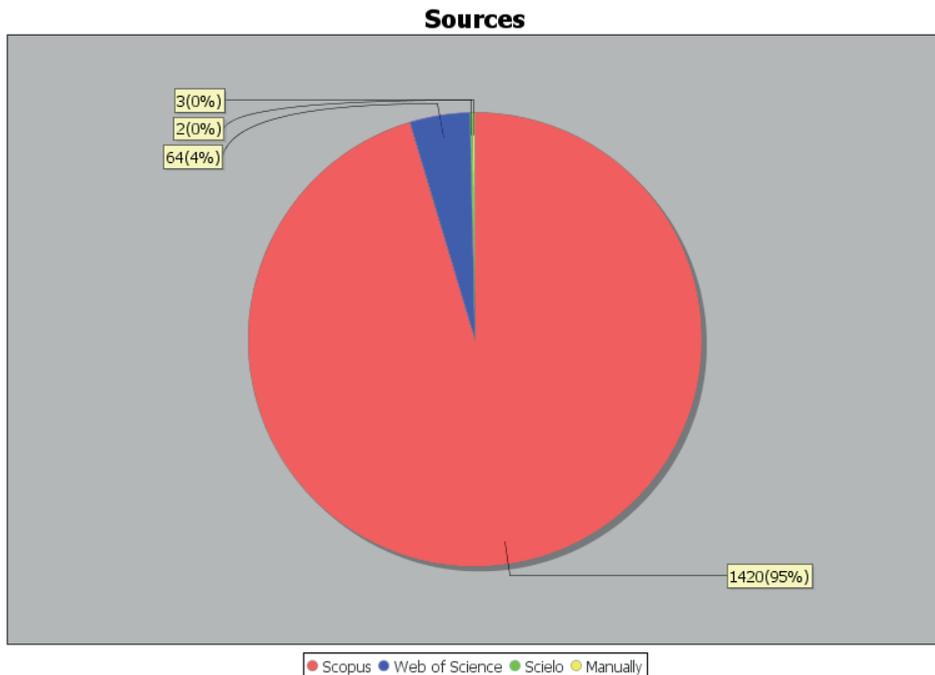
Figura 3 – Visualização da ferramenta *word cloud* obtida no *software* Start



Fonte: extraída do *software* Start pelas próprias autoras.

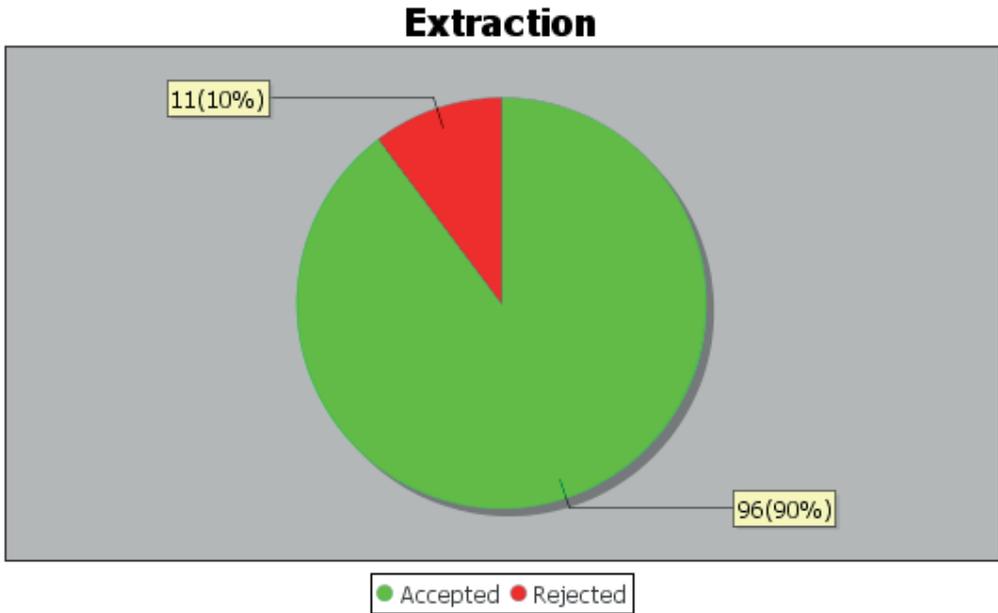
Para explorar o material extraído, foi necessária a exportação de planilhas salvas em arquivos do Excel para síntese dos resultados. Também foi possível a extração de gráficos, por exemplo, de distribuição dos artigos de acordo com as bases de dados consultadas (Figura 4); de seleção dos dados (Figura 5), para acompanhar o andamento da revisão; e de extração dos dados (Figura 6), que ajudam a visualizar o percentual de artigos aceitos (Figura 7).

Figura 4 – Gráfico que representa a distribuição dos artigos de acordo com as fontes de dados



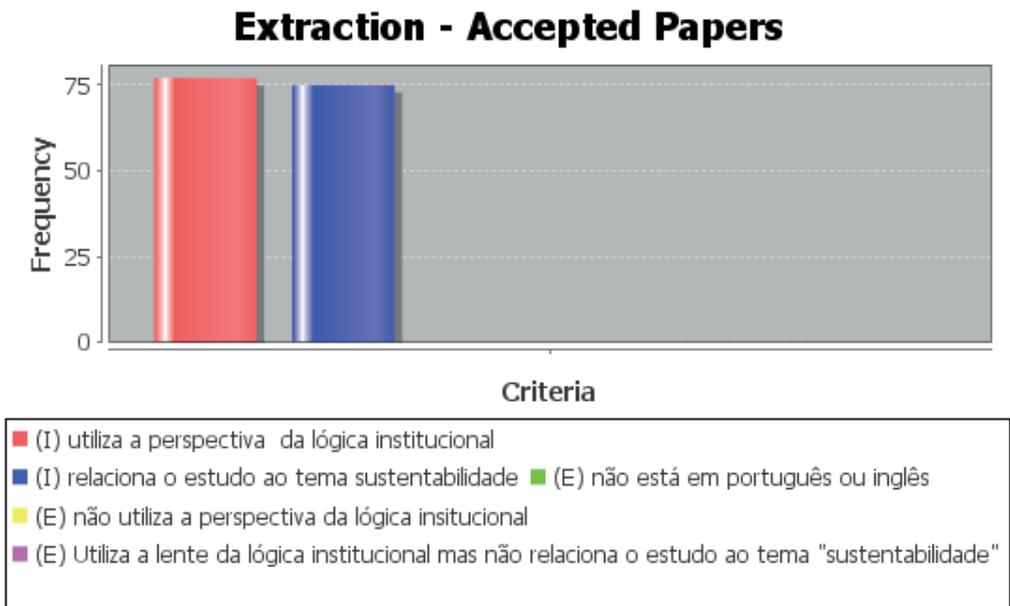
Fonte: extraída do *software* Start pelas próprias autoras.

**Figura 5** – Gráfico que representa o percentual de artigos aceitos e excluídos na extração



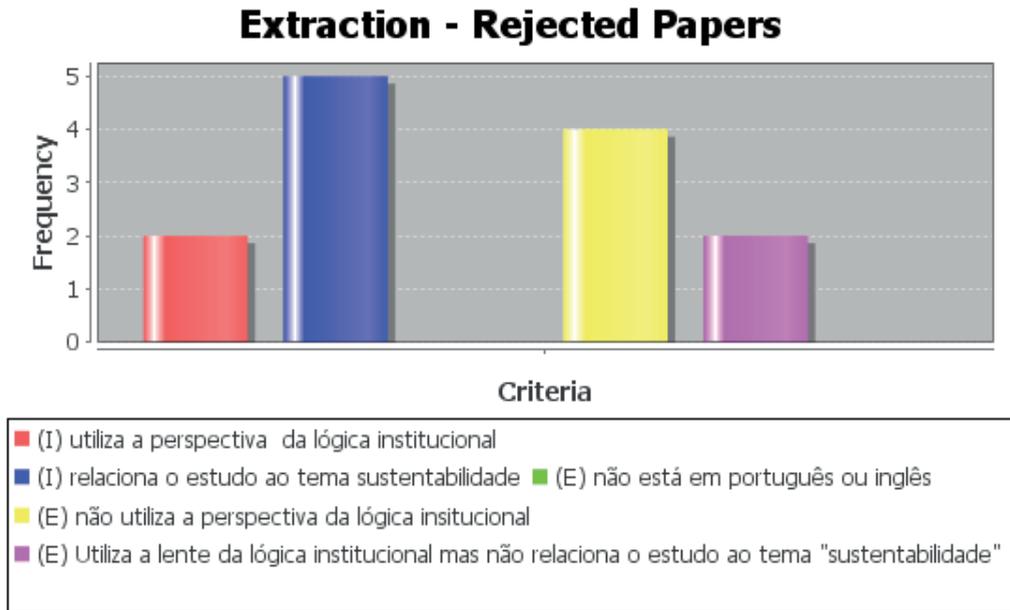
Fonte: extraída do *software* Start pelas próprias autoras.

**Figura 6** – Gráfico que representa a distribuição dos critérios para inclusão dos artigos



Fonte: extraída do *software* Start pelas próprias autoras.

Figura 7 – Gráfico que representa a distribuição dos critérios para exclusão dos artigos



Fonte: extraída do *software* Start pelas próprias autoras.

Dessa forma, o Start ainda não permite fazer a codificação dos segmentos dos textos selecionados e a localização destes no próprio texto para análise, e nem os agrupamentos dos códigos para a identificação dos temas, conforme os procedimentos metodológicos da análise temática. Esses procedimentos foram feitos à parte, fora do *software*, em arquivos individualizados dos artigos. Para a análise dos resultados e suas relações foi necessária a elaboração de mapas conceituais em outro *software*, o Cmaptools. Assim, para a etapa de extração e análise dos resultados, o Start não atendeu às necessidades, pois o processo demandou muito tempo e trabalho, além de não facilitar a localização das citações e codificações e nem as relações entre seus significados para inferências de temas mais abrangentes.

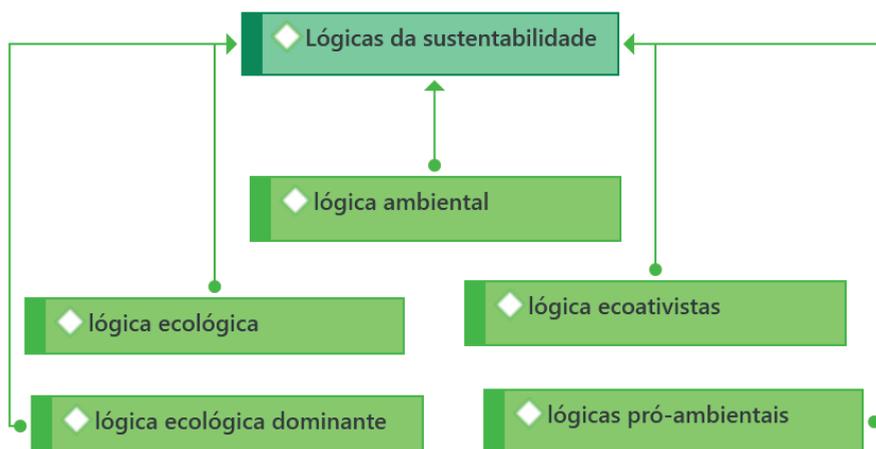
Diante dessa constatação, utilizamos o Atlas.ti para as etapas de extração dos dados e síntese, que foi realizada pela metodologia de análise temática. Foi obtido o total de 43 códigos sobre lógicas institucionais no conjunto de dados, que foram previamente agrupados em temas iniciais, observando-se as citações e as relações no artigo individualmente e no conjunto de artigos analisados. Segundo Braun e Clarke (2006), na fase de análise interpretativa deve-se direcionar a análise ao nível mais amplo de temas, por meio da triagem dos diferentes códigos em temas potenciais e o agrupamento de todos os extratos codificados relevantes nos temas

identificados, considerando como os códigos diferentes podem se combinar para formar um tema abrangente.

Na interpretação dos resultados, utilizamos a função do *software* Atlas.ti de redes, em que organizamos os códigos em uma rede semântica semelhante a um mapa conceitual, permitindo melhor visualização do material produzido, possibilitando a interpretação dos resultados de acordo com o referencial teórico das lógicas institucionais. Nesse procedimento realizamos a aproximação e agrupamento dos códigos semelhantes e sua relação hierárquica em temas mais abrangentes durante a análise. Nesse processo, é importante considerar os critérios duplos de Patton (1990) para julgar categorias: homogeneidade interna e heterogeneidade externa, portanto, os dados dentro dos temas devem ser significativamente coerentes juntos, enquanto devem existir distinções claras e identificáveis entre os temas.

A Figura 8 representa uma rede onde são exibidos os códigos em que identificamos as lógicas institucionais que são caracterizadas com elementos concernentes à sustentabilidade, a partir dos padrões encontrados nos artigos que descrevem as lógicas relacionadas à sustentabilidade. Assim, as lógicas identificadas se assemelham por abrangerem os conceitos de ecossistema, considerando-se a integração dos sistemas ambiental, social, econômico, como esferas aninhadas e interdependentes, defendendo, portanto, a conservação da natureza e da vida e a integridade do ecossistema. Além disso, envolvem as questões de ética e governança participativa, a partir de diferentes partes interessadas em multiníveis e a importância da visão sistêmica de longo prazo nas questões decisórias das organizações.

**Figura 8** – Visualização da rede de relações entre códigos para interpretação dos temas



A lógica da sustentabilidade é utilizada como um valor na sociedade (BAUDOIN; ARENAS, 2020), enquanto De Clerq e Voronov (2011) descreveram os tipos ideais da lógica institucional da sustentabilidade (LIS). Aplica-se a LIS às grandes organizações com práticas de responsabilidade social corporativa, de forma instrumental. Diferentemente, Montabon, Pagell e Wu (2016) sugerem a lógica ecológica dominante, considerando-se os elementos sistêmicos da sustentabilidade. Laasch (2018) desenvolveu o estudo a partir de modelos de negócios de sustentabilidade que envolvem as lógicas plurais que moldam lógicas de valor heterogêneas, ou seja, que combinam diferentes elementos das lógicas de mercado, de desenvolvimento sustentável, assim como de bem-estar social, governo, família e fé.

Observou-se que as lógicas apresentam especificidades em relação aos campos de estudo, portanto, há diferentes lógicas que abrangem os conceitos de sustentabilidade a depender do contexto institucional abordado. Foram identificados estudos em organizações públicas (ARGENTO *et al.*, 2019), empreendimentos sem fins lucrativos (WATSON *et al.*, 2020), empreendimentos sustentáveis (GREGORI; HOLZMANN, 2020), economia compartilhada (GRINEVICH *et al.*, 2019), cooperativas (MITZINNECK; BESHAROV, 2019), empresas privadas (ROSSONI *et al.*, 2020), dentre outros. No entanto, poucos estudos analisam as lógicas que influenciam as práticas de sustentabilidade de pequenas e médias empresas, que têm grande potencial de disseminação de valores da sustentabilidade (KIEFHABER; PAVLOVICH; SPRAUL, 2020).

Nesse contexto estudado, observa-se que há na literatura uma ampla discussão a partir da perspectiva da lógica institucional em relação à sustentabilidade. As lógicas institucionais são um conjunto de valores sociais amplamente compartilhadas que influenciam as práticas, interesses e identidades dos indivíduos, podendo restringir ou permitir a mudança institucional a partir da contradição entre esses valores (THORNTON; OCASIO; LOUNSBURY, 2012). Diante disso, a aplicação dessa perspectiva pode contribuir para identificar estabilidade ou mudança institucional, portanto, é um campo frutífero a ser explorado em pesquisas para analisar os eventos de ruptura e ação empreendedora, que promovem oportunidade para as organizações em relação à sustentabilidade nas organizações (SINE; DAVID, 2003).

Sobre a condução da proposta metodológica, constatamos neste estudo que essa não é uma tarefa simples: demanda tempo, dedicação, planejamento e organização por parte do pesquisador. Nesse sentido, a condução dessa metodologia por meio de *softwares*, utilizando as suas potencialidades adequadas para cada etapa de execução, facilitou a realização deste estudo.

A utilização da análise temática como método analítico na execução da revisão sistemática evitou a reanálise dos estudos primários já codificados em função da ocorrência de tópicos relevantes para a pesquisa. Isso foi possível porque a análise temática permite que todo dado que possa ser relevante seja coletado no processo de codificação, para posterior análise sobre sua utilização ou não na síntese do estudo. A análise temática é um método de análise qualitativo e possui um caráter exploratório de pesquisa, portanto, não limita os dados que possam ser coletados, mesmo sendo elaborado um guia prévio para extração dos dados (BRAUN; CLARKE, 2006).

Em consonância, Gastaldi (2016) observou que a abordagem conjunta de revisão sistemática e análise temática possui as vantagens de contribuir principalmente quando o pesquisador não possui total domínio sobre o tópico investigado na revisão sistemática e de evitar o retrabalho em comparação com a revisão tradicional. Esta última utiliza o formulário de extração, que, em caso de atualização, necessita da reanálise de todo o material já estudado. A análise temática também foi promissora para encontrar os temas envolvendo as percepções dos professores sobre as iniciativas de educação e inferir sobre as categorias analíticas para síntese do material investigado na revisão sistemática de literatura realizada pelos autores Margot e Kettler (2019). Observa-se, portanto, que a abordagem utilizada no presente estudo pode contribuir para o desenvolvimento das revisões sistemáticas de literatura que utilizam o método de análise qualitativa para interpretação dos resultados.

Com relação às contribuições para o campo da sustentabilidade, foi observada na literatura uma grande quantidade e diversidade de estudos que abordam a sustentabilidade nas organizações e a complexidade que envolve o tema. Diante disso, o método utilizado permite a exploração e análise do referido conteúdo para o desenvolvimento de métodos no campo da sustentabilidade, que buscam investigar os padrões de múltiplas interações e tensões no sistema sociedade-natureza e, ao mesmo tempo, responde ao desafio de aplicações teóricas e práticas para orientar tomadas de decisões, no sentido de conduzir essas interações ao longo de trajetórias sustentáveis (KATES, 2001).

## **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho apresentou a abordagem de revisão sistemática com análise para auxiliar a extração dos dados e contribuir para o processo de síntese para análise dos resultados de forma recursiva. Como vantagens, possibilitou o tratamento de um grande volume de dados obtidos a partir dos estudos primários para identificar

os padrões e a inferência na interpretação dos resultados, assim como evitou o retrabalho de reanalisar os textos, para manter a consistência da revisão, diante da necessidade de atualizações de códigos relevantes sobre o assunto abordado neste estudo.

A condução dessa proposta metodológica demanda tempo, dedicação, planejamento e organização por parte dos pesquisadores. Nesse sentido, foi viabilizada com o suporte de duas ferramentas: o Start, nas etapas de planejamento, obtenção e seleção dos artigos para revisão; e o Atlas.ti, nas etapas de extração, tratamento dos dados coletados e na síntese dos resultados. Diante das constatações apresentadas, a abordagem metodológica utilizada atendeu aos requisitos sobre os aspectos de controle dos procedimentos e descrição das informações para reprodutibilidade, rigor na execução da revisão e abrangência na incorporação da literatura relevante para esse estudo.

Como contribuição acadêmica, a proposta de abordagem metodológica apresentada permite analisar um grande volume de dados secundários em estudos de revisão sistemática, com organização e controle das informações, possibilitando uma análise detalhada, de forma a otimizar o esforço e evitar o retrabalho para coletar e interpretar as informações relevantes para a pesquisa. Em relação ao assunto abordado no nosso estudo, constatamos que as lógicas institucionais podem contribuir para o campo da ciência da sustentabilidade, pois potencializam a identificação e análise de diferentes significados e aspectos materiais necessários para desenvolvimento da sustentabilidade nas organizações, que podem ser estudados por meio dos elementos teóricos da metateoria das lógicas institucionais, tópico que será detalhadamente explorado em futuras pesquisas.

## REFERÊNCIAS

ARGENTO, D. *et al.* Sustainability disclosures of hybrid organizations: Swedish state-owned enterprises. **Meditari Accountancy Research**, v. 27, n. 4, p. 505-533, 2019. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJSHE-10-2019-0292/full/html>. Acesso em: 5 nov. 2020.

BATTILANA, J.; DORADO, S. Building sustainable hybrid organizations: the case of commercial microfinance organizations. **Academy of Management Journal**, v. 53, n. 6, p. 1419-1440, 2010. Disponível em: <https://journals.aom.org/doi/10.5465/amj.2010.57318391>. Acesso em: 15 ago. 2020.

BAUDOIN, L.; ARENAS, D. From raindrops to a common Stream: using the social-ecological systems Framework for research on sustainable water

management. **Organization & Environment**, v. 33, n. 1, p. 126-148, 2020. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1086026618794376>. Acesso em: 4 jun. 2020.

BOYATZIS, R. E. **Transforming qualitative information: thematic analysis and code development**. Londres: Sage, 1998.

BRAUN, V.; CLARKE, V. Using thematic analysis in psychology. **Qualitative Research Psychology**, v. 3, n. 2, p. 77–101, 2006. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1191/1478088706qp063oa>. Acesso em: 15 mar. 2021.

CRABTREE, B., MILLER, W. A template approach to text analysis: Developing and using codebooks. In: CRABTREE, B.; MILLER, W. (eds.). **Doing qualitative research**. Newbury Park: Sage, 1999, p. 163-177.

DE CLERCQ, D.; VORONOV, M. Sustainability in entrepreneurship: a tale of two logics. **International Small Business Journal**, v. 29, n. 4, p. 322-344, 2011. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0266242610372460>. Acesso em: 12 out. 2020.

FABBRI, S. P. F. *et al.* Externalizing tacit knowledge of the systematic review process. **Software**, IET, v. 7, n. 6, p. 298–307, 2013. ISSN 1751-8806. Disponível em: <https://doi.org/10.1049/iet-sen.2013.0029>. Acesso em: 5 mar. 2020.

GASTALDI, R. A. **RS/AT: Uma abordagem para aplicação de análise temática em revisão sistemática**. 2016. 125f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

GREGORI, P.; HOLZMANN, P. Digital sustainable entrepreneurship: a business model perspective on embedding digital technologies for social and environmental value creation. **Journal of Cleaner Production**, v. 272, 2020. No prelo. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620328626?via%3Dihub>. Acesso em: 22 jan. 2021.

GRINEVICH, V. *et al.* Green entrepreneurship in the sharing economy: utilising multiplicity of institutional logics. **Small Business Economics**, v. 52, p. 859–876, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11187-017-9935-x>. Acesso em: 13 ago. 2020.

KATES, R. W. ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT: Sustainability Science. **Science**, v. 292, n. 5517, p. 641–642, 2001. Disponível em: <https://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.1059386>. Acesso em: 05 mar. 2020.

KIEFHABER, E.; PAVLOVICH, K.; SPRAUL, K. Sustainability-related identities and the institutional environment: the case of New Zealand owner–managers of small- and medium-sized hospitality businesses. **Journal Business Ethics**, v. 163, n. 1, p. 37-51, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10551-018-3990-3>. Acesso em: 25 jul. 2020.

LAASCH, O. Beyond the purely commercial business model: organizational value logics and the heterogeneity of sustainability business models. **Long Range Plannig**, v. 51, n. 1, p. 158-183, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2017.09.002>. Acesso em: 4 abr. 2020.

MARGOT, K. C, KETTLER, T. Teachers’ perception of STEM integration and education: a systematic literature review. **International Journal of STEM Education**, v. 6, n. 2, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>. Acesso em: 4 abr. 2021.

MITZINNECK, B. C.; BESHAROV, M. L. Gerenciando Tensões de Valor no Empreendedorismo Social Coletivo: O Papel do Compromisso Temporal, Estrutural e Colaborativo. **Journal Business Ethics**, v. 159, p. 381–400, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10551-018-4048-2>. Acesso em: 7 jul. 2020.

MONTABON, F.; PAGELL, M.; WU, Z. Making Sustainability Sustainable. **Journal Supply Chain Management**, v. 52, n. 2, p. 11–27, 2016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jscm.12103>. Acesso em: 27 mar. 2020.

OKOLI, C.; SCHABRAM, K. A guide to conducting a systematic literature review of information systems research. **Sprouts: Working Papers on Information Systems**, 2010. Disponível em: <http://ssrn.com/abstract=1954824>. Acesso em: 1 mar. 2020.

PATTON, M. Q. **Qualitative evaluation and research methods**. 2. ed. Newbury Park, CA: Sage, 1990.

ROSSONI, L. *et al.* Materiality of sustainable practices and the institutional logics of adoption: A comparative study of chemical road transportation companies. **Journal of Cleaner Production**. v. 246, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619339289?via%3Dihub>. Acesso em: 5 mar. 2020.

SINE, W. D.; DAVID, R. J. Environmental jolts, institutional change, and the creation of entrepreneurial opportunity in the US electric power industry. **Research Policy**, v. 32, n.2, p. 209-227, 2003. Disponível em: <https://www>.

sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733302000963?via%3Dihub. Acesso em: 27 jul. 2020.

SOFTWARE ATLAS.TI. Disponível em: <https://atlasti.com>. Acesso em: 22 dez. 2020.

THORNTON, P. H.; OCASIO, W. Institutional logics. *In*: GREENWOOD, D. R.; OLIVER, C.; SUDDABY, R.; SAHLIN, K. (eds.). **The Sage Handbook of Organizational Institutionalism**. London: Sage, 2008, p. 99–129.

THORNTON, P. H.; OCASIO, W.; LOUNSBURY, M. **The Institutional Logics perspective: A New Approach to Culture, Structure and Process**. Oxford , UK: Oxford University Press, 2012.

VOM BROCKE, J. *et al.* Reconstructing the giant: On the importance of rigour in documenting the literature search process. *In*: **European Conference on Information Systems**, 17, 2009, Verona. Proceedings... Verona: Università di Verona, 2009, p. 2206- 2217.

WATSON, R.; WILSON, H.N.; MACDONALD, E. K. Business-nonprofit engagement in sustainability-oriented innovation: What works for whom and why? **Journal of Business Research**, v. 119, p. 87-98, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296318305757?via%3Dihub>. Acesso em: 4 fev. 2021.

ZAMBONI, A. *et al.* Start uma ferramenta computacional de apoio à revisão sistemática. *In*: Congresso Brasileiro de Software, 2010, Salvador. **Anais...** 2010. p. 91-96.



# TRÁFICO DE ANIMAIS SILVESTRES E A ALTERAÇÃO DA BIODIVERSIDADE: RELAÇÕES ENTRE APREENSÃO E DESTINAÇÃO À LUZ DOS ODS – AGENDA 2030 – ONU

*Vitor Calandrini<sup>1</sup>, Paulo Santos de Almeida<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em sustentabilidade. Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: [vitor.calandrini.araujo@usp.br](mailto:vitor.calandrini.araujo@usp.br)

<sup>2</sup>Professor Doutor em Direito Ambiental do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade. Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP). Contato: [psalmeida@usp.br](mailto:psalmeida@usp.br)

**Resumo:** O tráfico de animais é uma das maiores causas de perda de biodiversidade no mundo. O combate ao tráfico de animais está diretamente ligado aos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável - ODS, dentre eles, o ODS 15, meta 15.7; 16 e 17. Um dos principais problemas apontados para o combate a essa atividade criminosa é a falta de locais de destinação de animais apreendidos, que pode, de forma indireta, favorecer a manutenção da atividade delituosa. Este trabalho buscou identificar a relação entre os locais onde houve apreensões de animais silvestres no estado São Paulo pela Polícia Militar Ambiental, nos anos de 2018 e 2019, e o tipo de destinação e os recepcionários de animais silvestres. Os resultados demonstraram que o tipo de destinação sofre forte influência da

proximidade de recepcionários, assim como da incipiência de aproximadamente 1.000 vagas/ano para absorver o total de animais apreendidos próximo a esses locais. Ainda indicou que a manutenção de animais com os traficantes ocorre duas vezes mais em locais onde não é possível realizar a soltura de animais ou seu encaminhamento aos recepcionários.

**Palavras-chave:** Tráfico de Animais. CETAS/CRAS. Destinação; Animais Silvestres.

## WILDLIFE TRAFFICKING AND BIODIVERSITY CHANGE: RELATIONSHIP BETWEEN APPREHENSION AND DISPOSAL IN LIGHT OF THE SDGS - AGENDA 2030 - UN

**Abstract:** Animal trafficking is one of the biggest causes of biodiversity loss in the world. The fight against animal trafficking is directly linked to the Sustainable Development Goals - SDGs, among them the 15, target 15.7; also the 16 and 17. One of the main problems pointed out in the fight against this criminal activity is the lack of places to dispose of apprehended animals, which can indirectly favor the maintenance of criminal activity. This work sought to identify the relationship between the places where there were seizures of wild animals in the state of São Paulo by the Environmental Military Police, in the years 2018 and 2019, and the type of destination and the wild animal receptionists. The results showed that the type of destination is strongly influenced by the proximity of receptionists, as well as the incipience of The results also pointed out that keeping animals with traffickers occurs twice as often in places where it is not possible to release animals or send them to receptionists.

**Keywords:** Animal trafficking. CETAS/CRAS. Destination. Wildlife Specie.

### 1. INTRODUÇÃO

A relação entre a população brasileira e os animais silvestres é notória e retomada por relatos há séculos. Há pouco mais de 500 anos, araras-canindé (*Ara ararauna*), por exemplo, viraram mascotes adotados por membros da elite europeia, muitas vezes obtidos por trocas realizadas entre índios e portugueses (KURY, 2015). No passado, a proximidade entre povos indígenas habitantes no Brasil e os animais silvestres foi intensa, sendo que muitos inclusive tinham o costume de criar os filhotes dos pais caçados, aumentando esse laço de dependência e proximidade (MARQUES, 2018).

As relações entre a proteção e as ações globais, nacionais e culturais são essenciais. Recentemente (desde 2015), no cenário global, a Agenda 2030 da ONU buscou materializar formas sustentáveis de convivência humana atrelada aos recursos naturais, combatendo cada vez mais a insegurança alimentar e a pobreza (BOFF, 2017), por exemplo. A conservação das espécies também foi incluída entre as medidas globais emergenciais, de modo que, a caça ilegal e o tráfico de espécies integrou a finalidade dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), em especial o ODS 15, em sua meta 15.7. Complementarmente, interligam-se em importância a manutenção de instituições e o acesso a elas de forma justa, como disciplina o ODS 16, e a cooperação participativa por meio de parcerias – ODS 17 (ONU, 2015).

É, portanto, evidente que neste momento histórico a abordagem sobre os animais indica “preocupação não só com a questão descritiva do problema em prevenir e conservar, mas também a prescrição de medidas para serem tomadas, o mais rápido possível, para mitigar as consequências das ações humanas, e uma mudança de mentalidade em relação ao trato com os animais” (NISTA *et al*, 2020).

A exploração comercial de animais silvestres teve constatações históricas a partir do ano 1770, mediante remessas rotineiras de animais silvestres para a Europa para servirem como *pets*, a exemplo de araras, papagaios, periquitos, macacos, saguis, onças, cobras, veados, cutias (CAMPHORA, 2017).

Atualmente, avalia-se que o tráfico de animais chega a movimentar mais de 20 bilhões de dólares ao ano no mundo, considerados nesse valor tanto os grandes traficantes internacionais como os pequenos traficantes locais (BARBER-MEYER, 2010). É ainda a terceira maior causa de tráfico no mundo, perdendo apenas para o tráfico de armas e de drogas (DESTRO, 2012). Em relação à perda da biodiversidade, figura como uma das maiores causas, perdendo apenas para a perda de *habitat* e para a introdução de espécies invasoras (NETO, 2007; BRANCO, 2015).

Na literatura, o tráfico de animais é classificado em três etapas bem distintas: Os fornecedores, qualificados como pessoas pobres que retiram os animais para complementação de renda, os intermediários, que são aqueles que transportam os animais para as zonas urbanas e os comercializam no varejo, e os consumidores finais que são aqueles que adquirem os animais para utilizá-los como “bichos” de estimação, os famosos *pets* (RENCTAS, 2014; NETO, 2007).

Os tipos de tráfico de animais silvestres identificados e que se destacam são: a caça para consumo, também denominada de subsistência nos termos da legislação brasileira; a captura para comércio de partes de animais, como couros, penas e carcaça; a captura para fins medicinais; a captura para manutenção em cativeiro a

título de estimação, e a coleta para fins religiosos e afrodisíacos (CRUZ-ANTÍA; GOMES, 2010).

A evolução das discussões sobre o uso de recursos naturais, e especificamente da fauna, associada ao crescimento populacional e ao consumo desenfreado desses recursos, deve ser considerada, pois se antes o recurso sempre esteve disponível em abundância, e neste caso podemos classificar a fauna como um bem comum, e considerando o intenso tráfico de animais já identificado nos primeiros períodos coloniais do Brasil, com o aumento populacional, a oferta já não é mais a mesma, e alguns limites ecossistêmicos, por exemplo a biodiversidade, já podem estar próximos ao colapso, ou seja, talvez não possam se recuperar na mesma velocidade com que são consumidos (DIAMOND, 2005; STEFFEN, 2015).

Vale salientando que, ao tratarmos da fauna como um recurso natural, introduzido no eixo biodiversidade, é imperioso que se mencione que não são somente as questões relacionadas ao bem-estar animal que se visa indicar, mas também a importância da proteção dos serviços ecossistêmicos realizados por ela, a exemplo das funções de dispersão de sementes, controle de pragas, diversidade genética, movimentação de solo, dentre outras, que muitas vezes não são consideradas nas decisões políticas ou em sua precificação, sendo contabilizado para fins de comércio e de valoração ambiental somente o espécime, sem considerar os serviços ecossistêmicos desenvolvidos e as externalidades positivas que sua manutenção podem trazer para a melhoria da qualidade ambiental global (DAILY, 1997; BRAAT; DE GROOT, 2012).

Reforça-se que outros dois ODS estão relacionados diretamente a este trabalho: o ODS 16, “Paz, Justiça e Instituições Eficazes”, pois não há como discutir manutenção de biodiversidade sem contar com a cooperação de órgãos governamentais de forma eficaz, combatendo a corrupção, e mantendo a harmonia das instituições, e o ODS 17, “Parcerias e Meios de Implementação”, uma vez que o meio ambiente não está adstrito a uma nação e nem a limites geográficos, ainda mais ao se tratar de uma atividade transfronteiriça como o tráfico de animais, que exige uma cooperação em nível global para diminuir esta atividade ilícita. (ONU, 2015)

Mesmo estruturando-se uma fiscalização eficiente, um dos maiores problemas encontrados é a reintrodução de animais silvestres apreendidos no momento após a apreensão, quando não são encontrados locais para destinação desses animais apreendidos, o que faz com que os órgãos de fiscalização os mantenham com os próprios proprietários, não desestimulando, assim, a prática criminosa (CRUZ-ANTÍA, 2010; SILVA, 2014; BRANCO, 2015; SUGIEDA, 2018).

Dado o contexto, o objetivo deste trabalho foi identificar a influência que os locais para destinação de animais silvestres, denominados CETAS (Centro de Triagem de Animais Silvestres) ou CRAS (Centro de Recuperação de Animais Silvestres) realizam no combate ao tráfico de animais silvestres no estado de São Paulo.

Parte-se da hipótese de que a existência de locais para a destinação poderia diminuir as ações relacionadas ao tráfico, se estes conseguirem absorver o total de animais apreendidos, uma vez que essa é indicada pela literatura como uma das principais dificuldades enfrentadas para o combate a essa atividade delituosa, salientando que, além dos locais para destinação, é imperioso identificar se eles comportam a quantidade de animais apreendidos.

Embora não seja possível realizar uma única análise em nível mundial ou nacional, devido às diferentes legislações e estruturas administrativas, é possível identificar sua influência em nível local, e exportar a metodologia para outros estados ou até mesmo para a instância federal, pois cada ente federativo possui estruturas próprias para fiscalização ambiental, assim como de locais próprios para a destinação desses animais apreendidos.

## **2. METODOLOGIA**

Foram realizadas pesquisas bibliográficas e documentais utilizando textos de livros e artigos científicos, em formato digital, utilizando-se para isso buscas nos Bancos de Dados Bibliográficos da Universidade de São Paulo (Dedalus), no Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade de São Paulo (Sibi), no site Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e no site Scopus Preview (Scopus), com os temas relacionados ao tráfico de animais, destinação de animais apreendidos, e comércio de fauna, assim como a análise de boletins de ocorrências em que houve apreensão de animais silvestres.

O texto apresenta uma pesquisa qualitativa com análise de dados do tipo descritivo, enfatizando conteúdo para descrever e avaliar as características e a existência de associação negativa entre o número de animais apreendidos e a existência de locais e vagas para destinação de animais silvestres, ou seja, identificar se nos locais onde não existem recepcionários de animais silvestres a incidência de apreensão é menor (GIL, 2002).

## 2.1 Área de estudo

O recorte local foi escolhido pois os dados utilizados foram obtidos do ente federativo estadual, tanto as informações sobre as apreensões de animais silvestres, extraídas dos boletins de ocorrência elaborados pela Polícia Militar Ambiental, que é órgão que possui competência legislativa para a fiscalização ambiental, como as informações dos CETAS/CRAS, que foram fornecidas pela Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente), órgão ambiental responsável pela gestão da fauna no estado.

## 2.2 Coleta de dados

Os dados empregados neste trabalho foram do tipo dados secundários, pois são informações já previamente preenchidas pela Polícia Militar Ambiental no atendimento de ocorrências em que foram identificadas apreensões de animais silvestres, metodologia utilizada em outros trabalhos com objetivos similares (SUGIEDA, 2018; HEINRICK, 2020), e lançadas em seu banco de dados digital, denominado Sistema de Informações Operacionais da Polícia Militar (SIOPM) (CPAMB, 2020).

Assim, os dados secundários nos quais se baseia este estudo são do tipo “documental”, pois referem-se a documentos de instituições públicas como formulários, relatórios, atas de reunião, dentre outros (SAUNDERS; LEWIS; THORNHILL, 2007). Os documentos-alvo para desenvolvimento do estudo foram boletins de ocorrências em que foram constatadas a apreensão de animais silvestres, uma vez que nesses documentos é possível identificar as coordenadas geográficas do local da apreensão, assim como a destinação dada ao animal silvestre apreendido.

A primeira fase consistiu na solicitação de extração do Banco de Dados digital do CPAMB de informações sobre as apreensões de animais silvestres contidas no Boletim de Ocorrência Ambiental. Esse procedimento para quantificar os animais silvestres por meio de informações específicas sobre as apreensões de animais equivale ao método utilizado em outros trabalhos científicos que visavam identificar animais apreendidos na Bahia (NASCIMENTO *et al.*, 2015) e em Minas Gerais (DESTRO *et al.*, 2012).

Para este estudo foram considerados os dados de apreensão de dois anos (2018 e 2019), que correspondem aos anos em que se iniciou a implantação do sistema eletrônico de preenchimento de ocorrências pela Polícia Militar Ambiental (CPAMB, 2020).

Com base nos dados obtidos foram extraídas as informações sobre o tipo de destinação desses animais silvestres apreendidos pela Polícia Militar do Estado de São Paulo. Os resultados encontrados foram: (i) centros de triagem, zoológicos, fundações e depósito oficial, que serão, para os fins deste trabalho, denominados “receptionários”; (ii) soltura em *habitat* natural; (iii) depósito com o infrator e guarda doméstica provisória, que será, para os fins deste trabalho, denominado “depósito infrator”; e o resultado “outros”, quando a destinação se deu em momento posterior ao encerramento da ocorrência.

Em uma segunda etapa, visando identificar os receptionários de animais silvestres (CETAS/CRAS), foi realizada pesquisa junto ao site DATAGEO (infraestrutura de dados espaciais ambientais do estado de São Paulo), que são recursos tecnológicos que permitem acesso a grandes volumes de informações, produzidas por diferentes instituições, de forma organizada e padronizada, onde foram encontrados um total de 19 receptionários (SÃO PAULO, 2020).

### **2.3. Análise dos dados**

A análise consistiu inicialmente no georreferenciamento dos locais das apreensões de animais silvestres por meio do *software* QUANTUM GIS, versão 3.14.15-Pi, utilizando o DATUM “Sirgas 2000” e sistema de coordenadas “Graus Decimais”, tendo como base um mapa do estado de São Paulo, que é a área de estudo, para ser possível identificar sua distribuição geral. Gerou-se um mapa global da distribuição dos locais de apreensão de animais silvestres.

Na sequência foi gerado um segundo mapa com os mesmos critérios de *software* e mapa base, mas contendo a distribuição dos locais de apreensão por seu tipo de destinação, para entender sua distribuição em nível estadual.

Após essa etapa, foram lançadas no mesmo mapa base as informações atinentes aos receptionários utilizando o *software* QUANTUM GIS, versão 3.14.15-P, utilizando-se o DATUM “Sirgas 2000” e o sistema de coordenadas “Graus Decimais”. Para o caso dos receptionários, após seu georreferenciamento, adotou-se um *buffer* de 60 km no mapa gerado, o que corresponde a círculos de até 120 km de diâmetro, distância percorrida com veículo automotor em pouco mais de duas horas. Esse tempo de viagem foi estipulado por leva em conta a viabilidade de transportar os animais apreendidos, seja pelo custo operacional dessa viagem, seja pelo bem-estar do animal, haja vista que transportes longos exigem carros adaptados e climatizados, visando evitar o estresse e a morte do animal (BROOM; MOLENTO, 2004). Por esse processo, buscou-se entender se existe alguma associação entre locais com e sem vagas para destinação de animais

silvestres e as destinações identificadas nos boletins de ocorrência ambiental, salientando-se que o lançamento das coordenadas dos locais de apreensão foi o método utilizado para identificação de macacos capturados no estado da Bahia no estudo realizado por Nascimento *et al.* (2015).

Outra etapa da análise dos dados consistiu na criação de um mapa no qual se espacializaram os recepcionários e as ocorrências por tipo de destinação. Com essas informações, foi possível avaliar se existe associação entre os tipos de destinação e a influência dos CETAS/CRAS no local, realizando-se essa associação pela constatação visual e contagem de pontos de quantas apreensões ocorreram dentro das áreas de *buffer*, quantos animais deixaram de ser retirados por falta de vagas e quantas foram as ocorrências fora das áreas de *buffer*.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Com relação à destinação dos animais apreendidos

Com base nas informações obtidas com os dados, verificou-se que, nos anos de 2018 e 2019, foram identificadas um total 7.653 ocorrências atendidas pelo Policiamento Ambiental em que houve apreensão de animais silvestres, as quais totalizaram 41.137 animais apreendidos nos dois anos de análise, sendo as destinações realizadas conforme Tabela 1.

**Tabela 1** – Quantidade de animais destinados por tipo de destinação

Tipo de destinação	Quantidade de animais (unidade)
Recepcionários	14.867
Soltura em <i>habitat</i> natural	14.494
Depósito infrator	4.683
Outros	7.093
Total	41.137

As informações da Tabela 1 permitem constatar que 36% dos animais apreendidos, ou seja, 14.867, tiveram como destinação os recepcionários de animais silvestres, abarcando nesses casos, além dos CETAS/CRAS, os zoológicos e as fundações, que corresponderam, respectivamente, a 105 e 52 animais, mas que ainda contemplam a estrutura dos recepcionários de animais silvestres apreendidos.

Quando verificamos a informação de animais devolvidos diretamente ao seu *habitat* natural, ou seja, soltos logo após a apreensão, foram identificados 14.494 casos, ou 35% do total, o que corresponde àqueles casos em que logo após

a apreensão o animal recebeu laudo médico veterinário que o habilitava para a soltura imediata.

A informação sobre os animais que permaneceram com os autuados logo após a apreensão – 4.683 animais, ou 11% dos casos – indica que, por algum motivo, esses animais não puderam ser retirados do local da apreensão e permaneceram com o autuado mesmo após a lavratura do auto de infração ambiental e a apreensão do animal.

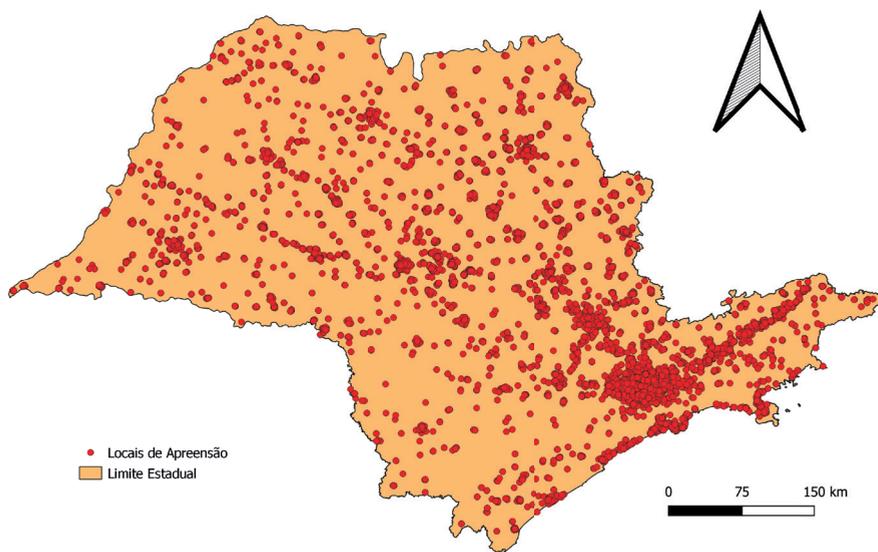
A outra possibilidade de destinação final que chamou muito a atenção foi a denominada “outros”, que correspondeu a 7.093 animais, ou 17% dos casos, pois foi possível identificar que esse resultado está associado a ocorrências em que a definição final da destinação se deu após o encerramento da ocorrência, pois no momento da apreensão a destinação que seria dada ao animal apreendido não estava definida.

### 3.2. Com relação ao georreferenciamento das ocorrências

Embora a concentração de apreensões se desse na Região Metropolitana do estado de São Paulo, ela ocorreu ainda de forma dispersa no estado, ou seja, ocorrências com apreensão de animais silvestres têm incidência em todas as regiões do estado.

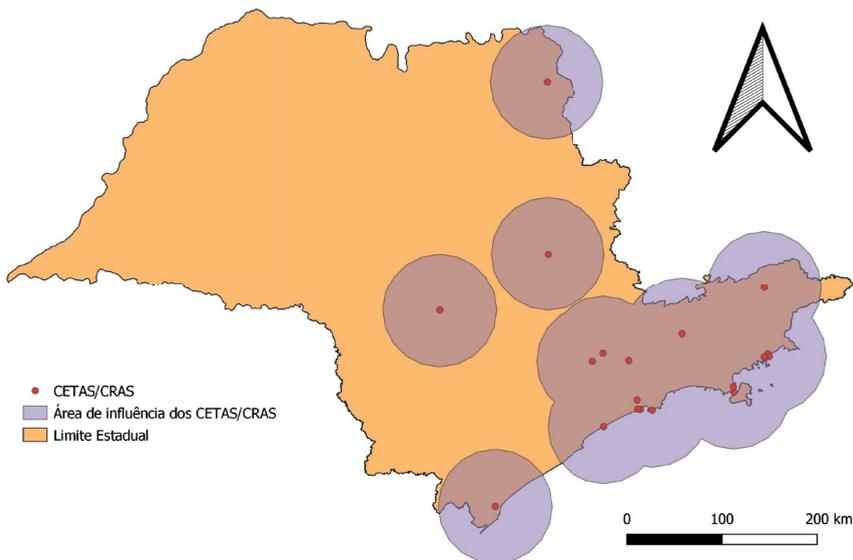
**Figura 1** – Locais de apreensão de animais silvestres distribuídos no estado de São Paulo.

Fonte: elaborada pelos autores com o mapa base do estado, disponível no DATAGEO, e os locais de apreensão dos animais silvestres informados nos Boletins de Ocorrências, conforme metodologia proposta



Já ao verificar-se os recepcionários homologados para receber animais silvestres apreendidos, ou seja, os CETAS e CRAS, identifica-se que estão concentrados principalmente na região metropolitana de São Paulo e no litoral, não sendo identificado nenhum recepcionário na porção oeste do estado, o que é mostrado na Figura 2, já com a inclusão do *buffer* de 60 km de raio, conforme mencionado na metodologia.

**Figura 2** – Recepcionários de animais silvestres do estado de São Paulo. Fonte: elaborada pelos autores com o mapa base do estado, disponível no DATAGEO, e os locais de destinação de animais silvestres, conforme metodologia proposta



Reforça-se que, mesmo havendo zoológicos, fundações e criadores conservacionistas que podem receber animais apreendidos, eles não foram incluídos na Figura 2, uma vez que, embora possam receber esses animais, não possuem obrigação legal para isso. Por este motivo, esse recebimento é exceção, e não podem ser entendidos como recepcionários efetivos.

Ao cruzarem-se as informações quanto aos animais apreendidos, pelo tipo de destinação, e analisando-se aqueles que se encontravam dentro e fora das áreas de influência dos recepcionários, foi identificado que a distribuição dos animais apreendidos sofreu alteração significativa.

**Tabela 2** – Distribuição dos animais apreendidos por destinação e local

<b>Tipo de destinação do animal apreendido</b>	<b>Animais apreendidos na Área de Influência (CETAS/CRAS)</b>	<b>Animais apreendidos fora da Área de Influência (CETAS/CRAS)</b>	<b>Total de animais</b>
Recepcionários	12.455	2.412	14.867
<i>Habitat</i> natural	4.759	9.735	14.494
Autuado	1.934	2.749	4.683
Outros	5.451	1.642	7.093

Com base nas informações obtidas, verifica-se que, dos 41.137 animais apreendidos no período de análise, 24.599 foram apreendidos dentro das áreas de influência dos CETAS/CRAS, ou seja, 59,8% do total, enquanto 16.538, ou seja, 40,2%, foram apreendidos nas demais áreas do estado.

Analisando pontualmente os tipos de destinação e sua localização, foi possível identificar que a do tipo “recepcionário” causou um forte impacto em relação à destinação de animais, pois, dos 14.867 dos animais apreendidos destinados a esses locais, 12.455 deles, ou seja, 83,8%, estavam dentro de sua área de influência, o que revela sua alta capacidade de receber os animais apreendidos. Os outros 16,2% destinados a recepcionários fora de sua área de influência podem ter sido absorvidos ou pelos demais recepcionários não oficiais, como zoológicos e fundações, ou encaminhados aos CETAS/CRAS, mesmo vencendo a distância dos 60 km de raio utilizados na metodologia.

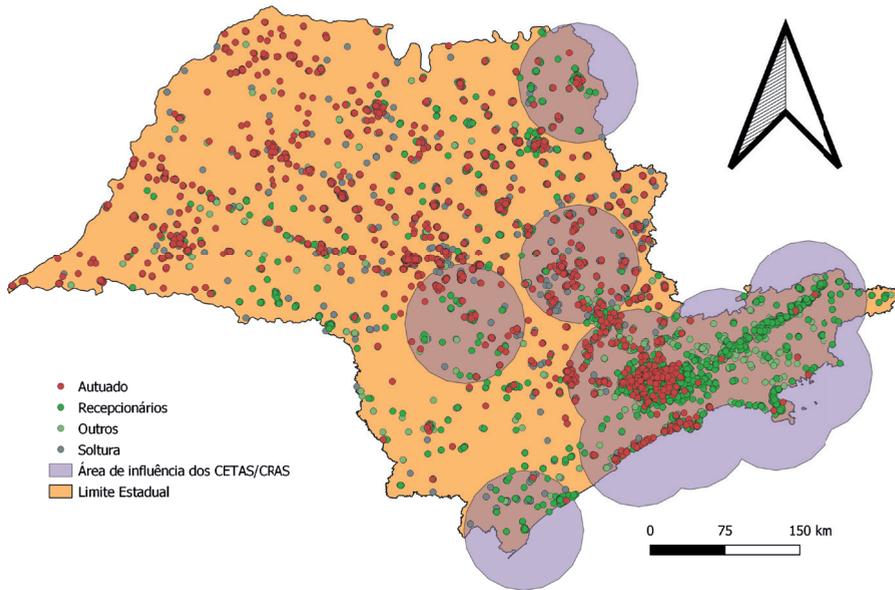
Em relação ao tipo “*habitat* natural”, verifica-se que 67%, ou seja, 9.735, dos animais reintroduzidos no momento da apreensão foram reintroduzidos onde não havia recepcionários para animais apreendidos, enquanto em 32,8%, ou em 4.759, dos casos, a soltura ocorreu dentro das áreas de influência desses CETAS/CRAS.

Verificando-se os casos nos quais os animais apreendidos ficaram em posse do autuado por falta da possibilidade de destinação, identifica-se a diferença nos locais dentro e fora da área de influência dos CETAS/CRAS. Nesses casos, 1.934 animais, ou seja, 41,3%, ficaram em posse do autuado nas áreas de influência, sendo que, no caso de 2.749 animais, ou seja 58,7%, essa apreensão ocorreu fora dos locais de influência.

Quanto ao tipo de destinação “outros”, que representa 17,2% do total, verifica-se que 5.451 animais, ou seja, 76,9%, foram apreendidos nas áreas de influência dos CETAS/CRAS, enquanto 1.642 animais, ou 23,1%, foram apreendidos fora dessas áreas.

Espacializando as ocorrências com os respectivos animais apreendidos, junto com as áreas de influência do CETAS/CRAS, gerou-se a Figura 3.

**Figura 3** – Sobreposição das informações de apreensão e dos recepcionários. Fonte: elaborada pelos autores com o mapa base do estado, disponível no DATAGEO. Os locais de apreensão dos animais silvestres baseiam-se base nos boletins de ocorrência, e os locais de destinação de animais silvestres, conforme metodologia proposta



## 4. DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos, verificou-se que a distribuição geográfica dos CETAS/CRAS não ocorre de forma equânime no estado, uma vez que se concentram na região metropolitana de São Paulo e no litoral. Há diversas áreas do Oeste paulista onde esses locais não foram instalados.

Considerando os recepcionários existentes, identificou-se que não são suficientes para absorver a totalidade de animais apreendidos, uma vez que, mesmo nas áreas de influência dos recepcionários, foram identificados 4.683 animais apreendidos que ficaram em posse dos autuados. Isso reforça o que dizem em seus trabalhos Cruz-Antía (2010), Branco (2015), Silva (2014) e Sugieda (2018), que ressaltam que a falta de locais para destinação de animais apreendidos é de fato uma realidade, ao menos no estado de São Paulo.

Quanto aos tipos de destinação, foi possível identificar o grande número de animais que são soltos em *habitat* natural, 35% do total, e como o fato de estar

dentro ou fora da área de abrangência dos CETAS/CRAS pode influenciar essa destinação, pois dois terços dos animais soltos se encontram fora dessas áreas. Isso pode ocorrer pela falta de locais de destinação, de forma que a soltura pode ser uma alternativa para evitar que o animal permaneça junto ao autuado após laudo médico veterinário. Não se constata, porém, a mesma proporção de solturas nas áreas onde há recepcionários, mesmo se aplicando as mesmas regras para solturas de animais apreendidos. Há também um resultado importante quanto ao tipo de destinação “autuado”, em que a proporção nos locais sem recepcionário disponível não é similar àquela das áreas onde existem CETAS/CRAS, ou seja, os números demonstram que a proporção dos animais que permanecem com o autuado fica próxima a dois terços nas áreas fora de atendimento dos recepcionários, contra um terço nos locais onde são verificados recepcionários.

Um importante dado identificado se verifica no tipo de destinação “outros”, pois em sua distribuição verificou-se que 76,9% deles ocorreram nas áreas de influência dos CETAS/CRAS, e esse resultado era esperado, pois, via de regra, a destinação do animal está condicionada a um local disponível para recebê-lo, e nem sempre essa informação está disponível no momento da fiscalização. O que ocorre é que essa busca somente se dá após o momento da apreensão, o que pode ter gerado esse alto número de “outros” no tipo de destinação.

O problema de não haver certeza quanto ao local de destinação no momento da fiscalização permite argumentar que se faz necessário que essa informação esteja disponível aos órgãos de fiscalização antes das ações de campo, visando diminuir a incerteza da conclusão da retirada do animal apreendido. No mesmo sentido, isso contribuiria para diminuir o número de animais que, uma vez apreendidos, ficam sob tutela dos próprios autuados, já que deixar de retirar o animal apreendido impede a aplicação de todas as medidas administrativas para os casos de tráfico de animais.

Os resultados indicam que grande parte dos animais apreendidos são destinados conforme a previsão legal, ou seja, soltura no *habitat* natural ou o encaminhamento aos recepcionários de animais, totalizando 36.454, o que representa 88% do total de animais (incluindo aqui o tipo “outros”, por derivar de uma destinação posterior, mas diferente de “autuado”). Embora esse seja um bom resultado, isso significa que em 12% dos casos ainda não é possível retirar esses animais dos autuados, o que pode ser ainda uma dificuldade enfrentada no combate ao tráfico de animais.

Em relação à manutenção da biodiversidade, é importante reforçar que o encaminhamento dos animais aos recepcionários não garante sua reintrodução ao meio ambiente natural, uma vez que isso depende do seu processo de readaptação e

análise de sua capacidade de reintrodução, mas é ao menos uma alternativa viável se comparada com a manutenção desses animais com os autuados, pois nesses casos, para fins de prestação de serviços ecossistêmicos, variabilidade genética e conservação de biodiversidade em vida livre, esses animais já não possuem função ambiental, podendo continuar a serem *pets*.

De forma geral, embora não tenha sido possível observar um resultado conclusivo para fins da manutenção da biodiversidade com relação à influência dos recepcionários, tendo em vista que inclusive na sua área de influência houve a manutenção de animais com os próprios autuados, por falta de vagas nesses locais, o que se observa é a diferença das destinações onde esses locais estão fixados, como é possível identificar a partir de como se comportam as destinações do tipo “*habitat natural*” e “*autuado*”.

Inferre-se, portanto, que, existe relação direta entre os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável da ONU, em especial a meta disposta no ODS 15.7, que indica a necessidade de medidas urgentes para acabar com a caça ilegal e o tráfico de espécies e a necessidade da manutenção da biodiversidade no âmbito regional, valendo-se desses centros para acolher os animais apreendidos. Há também relação com os ODS 16 e 17, uma vez que não somente a criação, mas a manutenção de centros de recepção de animais dependem de instituições eficazes, e parcerias institucionais, evitando assim o abandono ou a falta de recursos para a prestação de serviços de boa qualidade.

Há grande necessidade de se avançar e aprimorar a lógica de distribuição dos CETAS/CRAS no estado de São Paulo. Em primeiro lugar, porque sua distribuição não é equânime sobre as áreas exigentes; e, em segundo, por faltarem medidas para fortalecer as ações vinculadas à estruturação desses estabelecimentos na administração pública. Essas ações poderiam se materializar na oferta de equipamentos e infraestrutura, ou, ainda, na promoção de políticas públicas para a conservação da vida animal não humana decorrente do tráfico ilegal e insustentável de espécies.

## 5. CONCLUSÃO

O tipo de destinação do animal silvestre apreendido se diferencia drasticamente quando próximo aos recepcionários e de sua área de influência, mesmo identificando sua insipiência para absorver todos os animais apreendidos, haja vista que seriam necessárias aproximadamente 1.000 vagas/ano para absorver todos os animais apreendidos em suas áreas de influência, e pouco mais de 2.300 vagas/ano para absorver a totalidade no estado.

Ainda ficou evidenciada a discrepância entre o tipo de destinação “*habitat natural*” em relação à distância dos recepcionários, sendo que onde não há recepcionários esse tipo de destinação é duas vezes maior. Não foi possível neste estudo identificar se os animais apreendidos no Oeste paulista são mais apreendidos no momento da captura ou se há um trabalho conjunto das equipes de fiscalização com veterinários e profissionais capazes de autorizar a soltura de animais após exames. Essa poderia ser uma alternativa para aumentar a quantidade de solturas em “*habitat natural*”, que é de fato a melhor forma de manter a biodiversidade local.

O que se verifica é que a falta de locais de destinação influencia sobremaneira as ações de fiscalização e, dessa forma, enfraquece as ações de combate ao tráfico de animais, pois atualmente o estado de São Paulo não possui a quantidade de recepcionários necessários para absorver a totalidade de animais apreendidos. Esse é um estímulo negativo para a manutenção da biodiversidade local, que possui reflexos não apenas na fauna, mas conseqüentemente na flora e nos demais recursos naturais.

A indução pretendida pela estrutura lógica dos ODS (15, 16 e 17) deve se aproximar com mais intensidade da realidade das ações públicas no que tange às ações locais com a instrumentalização e ampliação de CETAS/CRAS, para fomentar um justo acesso à conservação da vida animal.

São necessários estudos futuros sobre outros fatores que podem contribuir para reduzir o tráfico de animais, por exemplo, sobre a figura do traficante e se há um modo de entender os motivos que o levam a cometer essa ação, a fim de tentar desestimulá-la. A existência de recepcionários para receber todos os animais apreendidos é um desses fatores, como foi possível identificar neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- BARBER-MEYER, S. M. Dealing with the clandestine nature of wildlife – Trade market surveys, **Conservation Biology**, v. 24, n. 4, p. 918–923, ago. 2010. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1523-1739.2010.01500.x/references>. Acesso em: 11 set. de 2019.
- BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é – o que não é**. 1. ed. digital, e-book Kindle. Petrópolis, RJ: Vozes, 2017. ISBN 978-85-326-5610-0.
- BRAAT, L. C.; DE GROOT, R. The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. **Ecosystem services**, v. 1, n. 1, p. 4-15. 2012

BRANCO, A. M. **Modelo de gestão da fauna silvestre nativa vitimada para as Secretarias de Saúde, Meio Ambiente e Segurança Urbana: Prefeitura de São Paulo**. 2015. Tese (Doutorado em Ciências). Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Animal welfare: concept and related issues – Review. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 1-11, 2004.

CAMPHORA, A. L. **Animais e sociedade no Brasil dos séculos XVI a XIX**. 1. ed. Rio de Janeiro, 2017.

CITES. **Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora**. Geneva: CITES Species Database, 2020. Disponível em: <http://www.cites.org/eng/resources/species.html>. Acesso em: 11 fev. 2020.

CPAMB (Comando de Policiamento Ambiental do Estado de São Paulo). **Banco de Dados SIOPM 2018-2019**. São Paulo, 2020.

COSTA, F. J. V. RIBEIRO, R. E. SOUZA, C. A. NAVARRO R. D. Espécies de aves traficadas no Brasil: uma meta-análise com ênfase nas espécies ameaçadas. **Journal of Social, Technological and Environmental Science**, vol.7. n. 2, p. 324-346, maio/ago. 2018. DOI <http://dx.doi.org/10.21664/2238-8869.2018v7i2.p324-346>. ISSN 2238-8869

CRUZ-ANTÍA, D.; GOMES, J. R. Wildlife use and traffic in Puerto Carreño, Vichada-Colombia: an overview. **Ambiente y Desarrollo**. Bogotá (Colômbia), Volume XIV, n. 26, jan./jun. 2010. ISSN: 2346-2876. Disponível em: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/1094> Acesso em: 15 out. 2019.

CUENCA, A. M. B. *et al.* **Guia de apresentação de teses**. 2. ed. atual. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 2017. Disponível em: [http://www.biblioteca.fsp.usp.br/~biblioteca/guia/img/guia\\_teses.pdf](http://www.biblioteca.fsp.usp.br/~biblioteca/guia/img/guia_teses.pdf). Acesso em: 24 jul. 2020.

DAILY, G. C. et al. **Nature's services**. Washington, DC.: Island Press, 1997. pp. 1-19. (Cap. 1 e 2)

DESTRO, G. F. G. Esforços para o combate ao tráfico de animais silvestres no Brasil (Publicação traduzida do original “Efforts to Combat Wild Animals Trafficking in Brazil. **Biodiversity**, Livro 1, Cap. XX”) - ISBN 980-953-307-201-7), 2012.

DIAMOND, J. **Collapase**: how societies choose to fail or succeed. Penguin, 2005.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HEINRICK, S.; ROSS, J. V.; GRAY, T. N. E.; DELEAN, S.; MAX, N.; CASSEY, P. Plight of the commons: 17 years of wildlife trafficking in Cambodia. **Biological Conservation**, v. 241, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108379>. Acesso em: 11 dez. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Informações sobre cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/panorama>. Acesso em: 9 fev. 2020.

INSTITUTO RIO BRANCO (IRBr). Estocolmo, Rio, Joanesburgo. O Brasil e as três conferências. Brasília, 2006. Disponível em: [http://funag.gov.br/loja/download/903-Estocolmo\\_Rio\\_Joanesburgo.pdf](http://funag.gov.br/loja/download/903-Estocolmo_Rio_Joanesburgo.pdf). Acesso em: 14 maio 2020

IUCN. International Union for Conservation of Nature. **IUCN Red List**. Gland. 2008. Disponível em: [http://www.iucn.org/about/work/programmes/species/red\\_list/](http://www.iucn.org/about/work/programmes/species/red_list/). Acesso em: 8 fev. 2020.

KURY, L. (org.). **Representações da fauna no Brasil: séculos XVI-XX**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdios, 2015. ISBN 9788588742642.

LINDENMAYER, D. B.; BLANCHARD, W.; FOSTER, C. N.; SCHEELE B. C.; WESTGATE, M. J.; STEIN, J.; CRANE, M.; FLORANCE, D. Habitat amount versus connectivity: An empirical study of bird responses. **Biological Conservation**, v. 241, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108377>. Acesso em: 14 jan. 2020.

MARQUES, D. R. P. **Em pauta, o tráfico de animais silvestres: a cobertura da Folha de S. Paulo e O Globo (2010-2014)**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós graduação Humanidades, Direitos e Outras Legitimidades do Núcleo de Estudos das Diversidades, Intolerâncias e Conflitos (Diversitas) da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH) da Universidade de São Paulo (USP) como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências, São Paulo, 2018

MILARÉ, É. **Direito do ambiente**. São Paulo: Editora RT. 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Biodiversidade brasileira**. 2020. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira>. Acesso em: 9 fev. 2020.

NASCIMENTO, C. A. R., CZABAN R. E. ALVES, R. R. N. Trends in illegal trade of wild birds in Amazonas state, Brazil. **Tropical Conservation Science**, v. 8, pp. 1098-1113, 2015

NETO, M. C. **Tráfico de animais silvestres: um olhar sobre o alto vale do Itajaí – Santa Catarina – Brasil.** Relatório Final para cumprimento da Disciplina de Estágio e Trabalho de Conclusão de Curso II. Curso de Ecologia, da Área das Ciências Biológicas, Médicas e da Saúde – CIMESB, da Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí, jun. 2007.

NISTA, N. A.; JANNUZZI, C. A. S. C.; FALSARELLA, O. M.; BENEDICTO, S. C. Society and sustainable development: animal rights in sustainability discourse. **Ambiente & Sociedade**, v. 23, e02782, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20180278r2vu2020L4AO>. Acesso em: 10 set. 2021.

NURSE, A. **Policing wildlife: perspectives on criminality in wildlife crime.** Papers from the British Criminology Conference, 11, pp. 38-53. ISSN 1759 – 0043.2011

ONU. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development** – A/RES/70/1. 2015. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>. Acesso em 20 de jul. 2020.

RENCTAS. Rede Nacional de Combate ao Tráfico de Animais. **1º Relatório nacional sobre o tráfico de animais silvestres.** 2014. 14 p. Disponível em: [http://www.renctas.org.br/wp-content/uploads/2014/02/REL\\_RENCTAS\\_pt\\_final.pdf](http://www.renctas.org.br/wp-content/uploads/2014/02/REL_RENCTAS_pt_final.pdf). Acesso em: 10 jan. 2020.

SAUNDERS, M. LEWIS, F. THORNHILL, A. **Research Methods for Business Students.** 4. ed. Edinburgh Gate, Harlow: Financial Times Prentice Hall, 2007.

SÃO PAULO (ESTADO) **Infraestrutura de dados espaciais ambientais do estado de São Paulo – DATAGEO.** 2020. Disponível em: <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/> Acesso em: 3 jun. 2020.

SILVA, D. de S. **Identificação dos fatores determinantes para a manutenção ilegal de animais silvestres no Estado de São Paulo.** São Paulo: [s.n.], 2014. Dissertação apresentada no Centro de Altos Estudos de Segurança como parte dos requisitos para a aprovação no Mestrado Profissional em Ciências Policiais de Segurança e Ordem Pública, São Paulo, 2014.

STEFFEN, W. *et al.* Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. **Science**, v. 347, n. 6223, p. 1259855, 2015.

SUGIEDA, A. M. **Avaliação da destinação de indivíduos de aves silvestres apreendidas no estado de São Paulo.** Dissertação (Programa de pós-graduação

em conservação da fauna) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2018.

TROCHIM, W.; JAMES P. D. **The Research Methods Knowledge Base**. 3. ed. Editora Atomic Dog, 2006. ISBN/ASIN: 1592602916. ISBN-13: 9781592602919.



# USO DE AMÁLGAMA DENTÁRIO NO BRASIL: CONSIDERAÇÕES A PARTIR DA ATUAÇÃO BRASILEIRA NA CONVENÇÃO DE MINAMATA E DO PROJETO DE LEI N. 654 DE 2015

*Matheus Freitas Rocha Bastos*

Diplomata de carreira<sup>1</sup>. Contato: matheusfrbastos@gmail.com

**Resumo:** Os riscos decorrentes do uso de amálgama dentário de mercúrio são amplamente discutidos no Brasil e em foros multilaterais. Com base na relevância crescente da temática de segurança química e manejo ambientalmente adequado de mercúrio, a presente análise tem dois objetivos inter-relacionados. O primeiro é sistematizar o processo de negociação e debate internacional sobre o amálgama dentário no âmbito da Convenção de Minamata, identificando o posicionamento diplomático brasileiro a respeito. A partir deste levantamento, o segundo objetivo é analisar como o posicionamento diplomático brasileiro sobre o amálgama dentário tem reverberado em propostas legislativas sobre o assunto, por meio de breve análise do exemplo do Projeto de Lei 654, de 2015. Foram utilizados complementarmente métodos de estudo de caso, *process tracing*, e análise de formação de agenda. O principal resultado do estudo sugere que o posicionamento brasileiro de defesa do uso do amálgama dentário encontra-se no *mainstream* da burocracia política

---

<sup>1</sup> As considerações e conclusões apresentadas neste trabalho não refletem o posicionamento oficial do Ministério das Relações Exteriores.

nacional, sendo capaz de barrar proposta legislativa que propunha a proibição do uso da substância em atividades odontológicas.

**Palavras-chave:** amálgama dentário, mercúrio, Convenção de Minamata, diplomacia, legislação.

## THE USE OF DENTAL AMALGAM IN BRAZIL: CONSIDERATIONS BASED ON THE BRAZILIAN PARTICIPATION IN THE MINAMATA CONVENTION AND BILL N. 654 OF 2015

**Abstract:** The risks arising from the use of mercury dental amalgam are widely discussed in Brazil and in multilateral fora. Based on the growing relevance of the topic of chemical safety and environmentally sound management of mercury, this analysis has two interrelated objectives. The first is to systematize the process of negotiation and international debate on dental amalgam under the Minamata Convention, identifying the Brazilian stance on the subject. Based on this assessment, the second objective is to analyze how the Brazilian position on dental amalgam has reverberated in legislative proposals on the subject, through a brief analysis of the example of Bill 654/2015. In that sense, case study, *process tracing*, and agenda-setting analysis were used as complementary methods. The main result of the study suggests that the Brazilian position defending the use of dental amalgam is in the *mainstream* of the national political bureaucracy, being able to bar legislative proposal that recommended a ban on the use of the substance in dental activities.

**Keywords:** dental amalgam, Mercury, Minamata Convention, diplomacy, legislation.

### 1. INTRODUÇÃO

A toxicologia ou estudo dos efeitos adversos do uso de substâncias químicas na saúde humana e no meio ambiente é historicamente conhecida, e não são raros os casos de desastres socioambientais relacionados ao uso de químicos, como a liberação de dióxidos no ar e solo de Seveso, Itália, em julho de 1976; de químicos não radioativos (como o metil-isocianato) em Bopal, Índia, em dezembro de 1984; e o desastre com mercúrio na baía de Minamata, Japão, em 1963 (STELLJES, 2000). Internacionalmente, a preocupação com o manejo dos químicos e seu impacto na saúde humana insere-se no contexto de uma série de escândalos que envolviam o transporte de resíduos sólidos de países desenvolvidos

para os em desenvolvimento (PED), sem que houvesse um regime internacional que regulasse esse fluxo (CLAPP, 2001). O problema começaria a ser tratado por meio da adoção das chamadas Convenções de segurança química, notadamente a Convenção da Basileia (1989) sobre o controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e seu depósito, a Convenção de Roterdã (1998) e a Convenção de Estocolmo sobre poluentes orgânicos persistentes (2004).

Apesar dos esforços multilaterais para garantir o manejo de resíduos perigosos ainda no final dos anos 1980, o uso de mercúrio (Hg) somente seria abordado no início dos anos 2000. O mercúrio é um elemento metálico pesado encontrado naturalmente na natureza, mas que pode ser liberado no ar, na água e no solo por meio de atividades antropogênicas, como mineração, produção de cimento e combustão de combustíveis fósseis. É comumente usado em dispositivos eletrônicos e de medição, cosméticos, lâmpadas, baterias e em diversos processos industriais. Pode ser transportado por grandes distâncias na atmosfera e se depositar em terra ou em corpos d'água distantes de seu local de origem.

A exposição ao mercúrio ocorre principalmente por meio da ingestão de peixes e outras espécies marinhas contaminadas com metilmercúrio. A alta exposição ao mercúrio tem sido associada a uma série de distúrbios neurológicos e comportamentais. A substância afeta negativamente o desenvolvimento de fetos e crianças pequenas e pode causar danos ao sistema nervoso central, tireoide, rins, pulmões, sistema imunológico, olhos, gengivas e pele (CONSOLARO; PINHEIRO, 2013; SANTOS; DIAS; SANTOS, 2016). Em termos laborais, o uso de mercúrio tem sido preocupante sobretudo na área de odontologia devido ao uso do chamado amálgama dentário, material de preenchimento bastante utilizado no tratamento de cáries composto de uma mistura de metais, entre eles mercúrio, prata e cobre (US DEPARTMENT OF FOOD AND DRUG, 2021). No Brasil, segundo a Norma Regulamentadora 15 (NR-15), do então Ministério do Trabalho, a fabricação e manipulação de compostos orgânicos de mercúrio é classificada como insalubridade de grau máximo, sendo a exposição laboral máxima permitida de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  em uma carga semanal de 48 horas (MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA, 1978).

A solução internacional encontrada para tratar do manejo ambientalmente adequado do Hg foi a adoção da Convenção de Minamata (CONVENÇÃO DE MINAMATA, 2021a) sobre o mercúrio, que entrou em vigor em 2017, após negociações internacionais ocorridas entre 2009 e 2013. O objetivo do acordo é proteger a saúde humana e o meio ambiente de emissões antropogênicas e liberações de mercúrio e seus compostos. A Convenção estabelece medidas específicas para

cada etapa do ciclo de vida do mercúrio, desde a mineração até o armazenamento e a gestão de resíduos, incluindo o uso de amálgama dentário.

No caso brasileiro, a Convenção de Minamata, promulgada nacionalmente pelo Decreto n. 9.470 de 2018, tem impactos e repercussões bastante importantes. A gestão do mercúrio é relevante para o Brasil, entre outros, em decorrência do uso, na área de saúde, do amálgama dentário. Esse recurso odontológico ainda é uma realidade no país, sobretudo em sua forma encapsulada, conforme determinação da Resolução n. 173/2017 da Anvisa. Segundo o Ministério da Saúde, a substituição do amálgama dentário como método predominante no tratamento de cárie no Sistema Unificado de Saúde (SUS) deve ser gradual e incluir, ao menos, dois elementos:

[...] (i) promoção de ações de prevenção e controle, como a fluoretação da água de abastecimento, e investimento em saúde bucal na Atenção Básica à Saúde e (ii) aprimoramento de novos materiais (resina e ionômero) para a restauração de lesões cáries extensas, de modo que seu uso seja diminuído gradativamente à medida que a lesão é controlada e novas tecnologias auxiliam o tratamento. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020b)

Mais recentemente, o uso do amálgama dentário foi inserido na pauta legislativa brasileira por meio da apresentação de dois projetos de lei similares – PL 7627/2014 e PL 645/2015 –, que pretendiam o banimento daquele material na prática odontológica do país. A partir da relevância da temática de segurança química e do uso do mercúrio em procedimentos de garantia da saúde bucal no Brasil, a presente análise tem dois objetivos inter-relacionados. O primeiro é sistematizar o processo de negociação e debate internacional sobre o amálgama dentário no âmbito da Convenção de Minamata, identificando o posicionamento diplomático brasileiro a respeito. A partir desse levantamento, o segundo objetivo é analisar como o posicionamento diplomático brasileiro sobre o amálgama dentário tem reverberado em propostas legislativas sobre o assunto, por meio de breve análise do exemplo do Projeto de Lei 654/2015. Entende-se que há uma confluência direta entre a atuação interna e externa do país, no que Robert Putnam entende como jogo de dois níveis (PUTNAM, 1988).

## **2. METODOLOGIA**

O presente capítulo adota o método de estudo de caso descritivo e explicativo, dentro do que se entende como metodologia qualitativa, para analisar as seguintes fontes: (i) decisões internacionais do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente sobre a futura Convenção de Minamata; (ii) documentos de Trabalho

do Comitê de Negociação de Minamata e de seu Grupo Aberto de Trabalho; (iii) documentos publicados no âmbito do Grupo de Trabalho sobre Mercúrio da Comissão Nacional de Segurança Química (CONASQ); e (iv) documentos tramitados no âmbito do Projeto de Lei 654/2015.

Em complemento, decidiu-se pelo *process tracing* como método de análise por permitir estudar mecanismos causais (BEACH; PEDERSEN, 2013) (SCHETTINI; CUNHA; ARAÚJO, 2018), isto é, a correlação direta entre o problema do manejo ambientalmente adequado de mercúrio, inclusive em função dos compromissos assumidos internacionalmente pelo Brasil na Convenção de Minamata de 2013, e os resultados que se pretendem alcançar por meio da proposta de uma política pública de eliminação do amálgama dentário no país. O mapeamento do processo dessa política, no âmbito do Congresso Nacional, especialmente na Câmara dos Deputados, será basilar para o objetivo do presente capítulo. Entendem-se, não obstante, as limitações de generalização (validade externa) dessa escolha, sobretudo no que diz respeito à profundidade e abrangência de análise do objeto em questão.

O PL 654/2015 foi escolhido para o estudo de caso por representar proposição que tramitou na Câmara dos Deputados com pauta específica sobre a proibição do uso do amálgama dentário por profissionais de odontologia. De modo a garantir acompanhamento preciso do processo de discussão do PL em apreço, reconstituindo a trajetória de sua proposição, serão utilizados e analisados, entre outros, atas de reuniões e notas taquigráficas de sessões plenárias da Câmara e de Comissões Parlamentares relevantes ao assunto, bem como documentos publicados no Diário da Câmara dos Deputados ou arquivados no Centro de Documentação e Informação da Câmara dos Deputados (Cedi).

Além disso, o processo de apresentação e debate do PL 654/2015 será analisado à luz do processo de formação de agenda, nos termos apresentados por John Kingdon (2006). Segundo o autor, o estabelecimento de uma agenda política segue, ao menos, três processos, quais sejam: (i) o estabelecimento de um problema reconhecido pela autoridade política; (ii) os desdobramentos do fluxo político, que filtram os principais aspectos do problema; e a (iii) participação dos chamados atores invisíveis, em geral, especialistas na área relacionada ao problema. Ademais, Kingdon (2006) indica que a probabilidade de priorização de uma pauta na agenda política aumenta caso o problema, a proposta de política pública e sua receptividade estiverem coordenadas em um mesmo sentido.

### 3. AMÁLGAMA DENTÁRIO NA CONVENÇÃO DE MINAMATA E NO BRASIL

#### 3.1 O tratamento multilateral do amálgama: histórico de negociações no âmbito da Convenção de Minamata

Em fevereiro de 2009, o Conselho Diretor do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente adotou a Decisão 25/5 (PNUMA, 2009), cuja Seção III se destina ao tratamento internacional de mercúrio como substância química de preocupação global devido à sua toxicidade, capacidade de transporte atmosférico e bioacumulação nos ecossistemas. A referida decisão determina a formação de um Comitê intergovernamental de Negociação (INC),<sup>2</sup> a partir de 2010, para discussão de um acordo internacional futuro sobre o manejo ambientalmente adequado de mercúrio, reconhecendo a necessidade de provisão de capacitação e treinamento técnico, bem como o princípio de responsabilidades comuns, porém diferenciadas no tratamento internacional da substância.

O processo de negociação se estendeu de 2010 até 2013, sendo precedido por debates no âmbito do Grupo de Trabalho Aberto (OEWG) (2007 a 2009), cujo principal objetivo era revisar e avaliar as medidas para abordar a questão global do mercúrio (CONVENÇÃO DE MINAMATA, 2021c). A Decisão PNUMA 24/3 IV, de 2007, que estabeleceu o OEWG, apresentou sete prioridades globais sobre o mercúrio (PNUMA, 2007, p. 18).

A terceira e a quinta prioridades globais (itens “c” e “e” do parágrafo 19 da Decisão PNUMA 24/3 IV/2007) são, particularmente, relevantes no que diz respeito ao uso da substância para tratamentos dentários. Acerca do item “c”, as discussões no âmbito do OEWG indicaram como um dos objetivos estratégicos “reduzir o uso de mercúrio na prática odontológica” por meio, entre outros, do aumento da conscientização de profissionais sobre os riscos do mercúrio à saúde humana e da exigência de uso de alternativas à substância nas práticas odontológicas. Por seu turno, sobre o item “e”, foi definida a necessidade de “reduzir a geração de resíduos que contêm mercúrio” a partir do uso de amálgamas dentários livres dessa substância tóxica (PNUMA, 2007b, p. 72–73, tradução nossa). Os trabalhos do OEWG, embora reconhecidamente importantes para a definição dos principais tópicos relacionados ao manejo ambientalmente adequado do mercúrio, não foram exitosos em indicar quais atividades seriam voluntárias ou obrigatórias na futura Convenção.

---

<sup>2</sup> Outras decisões relevantes sobre o mandato do comitê de negociação são a decisão 23/9 IV de 2005; 24/3 IV de 2007; e 26/3 de 2011 (CONVENÇÃO DE MINAMATA, 2021b).

O relatório final da quinta reunião do INC, constante do documento UNEP(DTIE)/Hg/INC.5/7 (PNUMA, 2013), nos leva a crer que uma conclusão sobre os termos e a obrigatoriedade de restrições ao uso do amálgama dentário não seria fácil. O documento indica clara oposição entre representantes governamentais que mantiveram posicionamento mais restrito, a favor do banimento da substância, e aqueles que advogaram por abordagem mais contextualista, ressaltando o papel ainda relevante do amálgama em países em desenvolvimento, assim como a necessidade de um período de transição para sua total eliminação (FENNER, 2015).

O Brasil participou ativamente das discussões das sete sessões do Comitê Intergovernamental de Negociação (INC), entre 2010 e 2016, bem como da I Conferência das Partes, realizada em 2017. Segundo Rui Antonio J. P. de Vasconcellos (2014, p. 211-212), o Brasil tinha no “emprego do mercúrio na área médico-hospitalar”, que inclui o amálgama dentário, uma de duas principais preocupações. O Brasil opôs-se a movimentos que propusessem o banimento da substância na área de saúde, argumentando que seu uso ainda é considerável nos países em desenvolvimento e suas alternativas ainda inviáveis no curto prazo. Vasconcellos aponta que haveria, no entanto, certa flexibilidade no posicionamento do Brasil, que consideraria assumir compromisso de redução gradativa do uso de mercúrio no amálgama dentário após a entrada em vigor da futura Convenção.

A proposta final do texto da futura Convenção no que diz respeito ao amálgama dentário, UNEP(DTIE)/Hg/INC.5/3 (PNUMA, 2012a), foi, portanto, produto de um compromisso. A minuta coloca a substância sob o guarda-chuva do artigo sobre “produtos com adição de mercúrio”, em que se propõe a obrigação de restrição aos itens listados no Anexo II da futura Convenção, à luz do que a Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes fez acerca do DDT (diclorodifeniltricloroetano). No caso do amálgama, os termos dessa restrição advieram, em grande medida, das discussões no âmbito do OEWG, sendo que foram também consideradas as diferentes circunstâncias nacionais e eventuais guias internacionais sobre o assunto. Foram reconhecidos também os aspectos de toxicidade à saúde humana (UNEP(DTIE)/Hg/INC.5/5), bem como os riscos de contaminação dos resíduos contaminados com amálgama dentário (UNEP(DTIE)/Hg/INC.5/4) nos relatórios finais da INC-5 (PNUMA, 2012b, 2012c).

A Convenção de Minamata (CONVENÇÃO DE MINAMATA, 2021a) sobre o mercúrio foi aprovada em 2013 e entrou em vigor em 2017. O objetivo do acordo é proteger a saúde humana e o meio ambiente de emissões antropogênicas e liberações de mercúrio e compostos de mercúrio. A Convenção estabelece medidas

específicas para cada etapa do ciclo de vida do mercúrio, desde a mineração até o armazenamento e gestão de resíduos, incluindo a eliminação da mineração primária de mercúrio. Também aborda as emissões de mercúrio de fontes como a combustão do carvão e a produção de cimento.

A exemplo das demais convenções de químicos, Minamata também estabelece um procedimento de consentimento informado para a exportação de mercúrio. As partes exportadoras devem receber consentimento do país importador e só podem exportar mercúrio para um uso permitido pela Convenção ou armazenamento provisório ambientalmente correto. Além disso, o tratado prevê eliminação progressiva até 2020 de vários produtos com adição de mercúrio (CONVENÇÃO DE MINAMATA, 2021a).

O amálgama dentário foi incluído no texto de Minamata em seu artigo 4º “produtos com mercúrio adicionado”, Parte II do Anexo A “produtos sujeitos ao parágrafo 3º, do Artigo 4º, conforme sugerido durante o INC-5. O objetivo geral desse dispositivo é restringir questões relacionadas à fabricação, importação ou exportação de produtos com mercúrio adicionado. O parágrafo 3º em questão determina que “[cada Parte deverá tomar medidas para os produtos com adição de mercúrio listadas na Parte II do Anexo A de acordo com as provisões ali estabelecidas]” (CONVENÇÃO DE MINAMATA, 2021a). Essas medidas incluem incentivos à pesquisa e ao desenvolvimento de materiais livres de mercúrio para restauração dentária, promoção de alternativas menos custosas e restrição do uso de amálgama dentário em sua forma encapsulada. O amálgama dentário deve, nesse sentido, ser gradualmente eliminado, embora a Convenção não indique um prazo específico, ao contrário do que faz para os produtos listados na Parte I do mesmo anexo. Efetivamente, a definição de um prazo de eliminação do amálgama permanece uma das questões sensíveis e amplamente debatidas no âmbito das Conferências das Partes (COP).

André Luiz Dutra Fenner (FENNER, 2015; FENNER *et al.*, 2017) avalia o referido tratamento da substância em um anexo da Convenção como uma janela de oportunidade para sua revisão futura, uma vez que o artigo 4.8 prevê revisão do Anexo A “o mais tardar cinco anos após a data de entrada em vigor da Convenção” (CONVENÇÃO DE MINAMATA, 2021a, p. 21). No entanto, a Parte II do Anexo A parece ser mais que isso. Trata-se do reconhecimento, já cancelado por organizações internacionais, como a Organização Mundial de Saúde em relatório de 2009 (WORLD HEALTH ORGANIZATION *et al.*, 2010), de uma abordagem conciliatória e baseada em questão fundamental para os PED, a saber, a consideração das diferentes circunstâncias nacionais, e que, no curto

prazo, o banimento do uso do amálgama geraria mais danos que benefícios à saúde humana, e, no médio prazo, se deve trabalhar coletivamente para o banimento da substância.

### **3.2 O tratamento nacional do amálgama: implementação da Convenção de Minamata e normativo interno**

A Convenção de Minamata foi promulgada, no Brasil, por meio do Decreto n. 9.470, de 14 de agosto de 2018. Não obstante, já em 2015, portanto dois anos após a aprovação do texto da Convenção, o governo brasileiro firmaria acordo com o PNUMA e o Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF), intitulado projeto “Desenvolvimento da Avaliação Inicial da Convenção de Minamata sobre Mercúrio no Brasil” ou GEF-Mercúrio (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017). O Projeto objetivava o fortalecimento dos mecanismos institucionais que tratam da gestão de mercúrio, a avaliação da capacidade de gestão de mercúrio e seus passivos, a avaliação dos marcos regulatórios, o desenvolvimento de inventário nacional de emissões de mercúrio, a capacitação de recursos humanos e a identificação de oportunidades e desafios no que se refere à implementação da Convenção de Minamata no país.

O GEF-Mercúrio teve duração até junho de 2019, sendo instituído no âmbito da Comissão Nacional de Segurança Química (CONASQ). Estava dividido em quatro componentes, quais sejam: (i) articulação institucional e adaptação de metodologias; (ii) avaliação da infraestrutura e capacidades nacionais para a gestão e monitoramento do mercúrio, inclusive a legislação nacional; (iii) desenvolvimento de um inventário de mercúrio com a utilização do conjunto de ferramentas do PNUMA, inclusive a identificação de áreas contaminadas; e (iv) preparação e validação do relatório final e divulgação dos resultados. Outra ação importante foi a criação do Grupo de Trabalho do Setor de Saúde para a elaboração do plano setorial para a implementação da Convenção de Minamata, por meio da Portaria n. 2.197/2018 (IMPrensa Nacional, 2018).

A CONASQ também instituiu, em 23 de março de 2011, o Grupo de Trabalho sobre Mercúrio, que se firmou como espaço de discussões entre órgãos do governo e por organizações da sociedade civil sobre o gerenciamento de mercúrio no país. O GT-Mercúrio se reuniu catorze vezes entre 2011 e 2017. O objetivo das reuniões incluía analisar estratégias e posicionamentos do governo brasileiro no âmbito do INC, que negociava a futura Convenção de Minamata. Com a entrada em vigor da Convenção, em 2017 o GT-Mercúrio foi convertido em Grupo de Trabalho

Permanente para acompanhar a implementação da Convenção de Minamata (GTP) (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2016).

Acerca do amálgama dentário, os debates do GT-Mercúrio, guiados sobretudo pelo posicionamento do Ministério da Saúde, ajudaram a firmar o posicionamento brasileiro contrário ao banimento da substância na Convenção de Minamata. Em sua quinta reunião, em 18 de abril de 2012, acordou-se que o Brasil iria defender, durante a INC-4, que as alternativas ao amálgama dentário ainda são pouco difundidas no Brasil e que “há problemas dentários que só são resolvidos com eficiência pelo amálgama dentário”, reconhecendo, contudo, que há amplo conhecimento por parte dos profissionais de saúde sobre os riscos da manipulação de produtos de mercúrio (GRUPO DE TRABALHO SOBRE MERCÚRIO, 2012). O assunto foi retomado na nona reunião do GT, em 29 de maio de 2013, quando representantes do Fórum Brasileiro de ONGs e Movimentos Sociais para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (FBOMS) defendeu o banimento do amálgama dentário durante das negociações de Minamata. No entanto, a intervenção foi relativizada por um representante do MS, que indicou dificuldades do *phase out* da substância, como a descentralização do SUS e a ausência de um inventário de mercúrio no país (GRUPO DE TRABALHO SOBRE MERCÚRIO, 2013).

O amálgama dentário, sobretudo em sua versão encapsulada, permitida pela Convenção de Minamata e por legislação nacional (ver Resolução n. 173/2017, da Anvisa), continua utilizado no Brasil, embora com tendência progressiva de desuso. Segundo Lacerda *et al.* (2018), “o uso do amálgama encapsulado continua e continuará invariavelmente, pois a necessidade de possibilitar acesso aos cuidados de saúde bucal equitativos e disponíveis nunca foi tão grande, especialmente nos países carentes, emergentes ou subdesenvolvidos”. Associada à realidade social, encontram-se questões sobre eficácia e custo do uso das alternativas ao amálgama dentário de mercúrio (SOLER *et al.*, 2002). Esse é o entendimento do governo brasileiro, firmado no GT-Mercúrio e nas negociações que culminaram na aprovação da Convenção de Minamata. Esse posicionamento tem-se mantido nas discussões multilaterais sobre o assunto, no âmbito das Conferências das Partes de Minamata. Em documento técnico sobre alternativas a amálgamas de mercúrio, nas tratativas da COP-4, que ocorreu, virtualmente, em novembro de 2021 e deve ocorrer, presencialmente, em 2022, o Ministério da Saúde reafirmou que o governo brasileiro entende que ainda há situações em que o uso do amálgama é necessário em tratamentos de restauração dentária no âmbito do SUS (CONVENÇÃO DE MINAMATA, 2021d). Não obstante, o Plano Setorial de Saúde para Implementação da Convenção de Minamata no Brasil, elaborado por Grupo de Trabalho do setor

Saúde, instituído pela Portaria GM/MS n. 2.197/2018, determina a elaboração de diagnóstico do perfil de uso do amálgama dentário nas Unidades Básicas de Saúde (UBS) do país com profissionais de saúde bucal, incluindo a elaboração e divulgação de pesquisa exploratória sobre hábitos de consumo, uso e descarte do amálgama no Brasil, para que haja gradativa substituição do amálgama por alternativas menos invasivas e tóxicas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

#### 4. O CASO DO PROJETO DE LEI 654 DE 2015

À luz da discussão iniciada na seção anterior, pretendo aqui analisar como o posicionamento diplomático brasileiro sobre o amálgama dentário tem reverberado em propostas legislativas sobre o assunto, por meio de breve análise do exemplo do PL 654/2015. O PL dispõe sobre a proibição do uso de amálgama dentário, composto de mercúrio, para restauração dentária e foi apresentado pelo deputado federal Luiz Nishimori, do Partido Republicano (PR) do Paraná. Trata-se de reapresentação do texto de autoria do então deputado federal Anthony Garotinho (PR-RJ), constante do Projeto de Lei 7627/14 (AGÊNCIA CÂMARA DE NOTÍCIA, 2014; CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2014), que foi arquivado nos termos do artigo 105 do Regimento Interno da Câmara dos Deputados. Assim como na proposta do deputado Garotinho, nenhum deputado subscreveu o PL 654 e a matéria não suscitou pedidos de regime de urgência à tramitação, indicando haver pouco apelo político. A própria ausência de respondentes na enquete aberta pela Câmara dos Deputados para coletar reações do público sobre o assunto demonstra a baixa atratividade da pauta. O PL estava sujeito à apreciação conclusiva das comissões de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS), Seguridade Social e Família (CSSF) e de Constituição e Justiça e de Cidadania (CCJC), nos termos do art. 24, II do Regimento Interno da Câmara dos Deputados – RICD.

Além da apropriação da proposta do deputado Garotinho, o reconhecimento do problema relacionado ao uso de amálgama dentário, nos termos de Kingdon (KINGDON, 2007), e seu consequente estabelecimento como pauta da agenda parlamentar do deputado Luiz Nishimori sugerem um processo de formação de agenda pública relacionado à atuação de *policy entrepreneurs* e participantes invisíveis ligados ao setor de odontologia e que influenciaram a autoridade política por meio de *feedbacks* informais ao processo político-parlamentar. O parlamentar apresenta indicativo dessa influência quando agradece, no encerramento de sua justificativa à apresentação do PL, aos dentistas Alberto Fernandes Moreira, Egidio Davilla Junior e Carla Ferrari Batista pela assessoria prestada no processo (COORDENAÇÃO DE COMISSÕES PERMANENTES DA CÂMARA DOS

DEPUTADOS, 2015). A literatura de análise do comportamento político parlamentar corrobora, teoricamente, essas análises ao destacar aspectos como a influência de percepções valorativas dos agentes, posições particularistas e atuação de grupos de influência no processo político (MANCUSO, 2003, 2004; MARZAGÃO, 2008, SANTOS; DIAS; SANTOS, 2016).

O problema identificado pelos deputados é, nesse sentido, sobremaneira específico e direcionado a um grupo social, os profissionais de odontologia. O objetivo declarado da proposta encontra-se no parágrafo 2º do artigo 1º, em que se lê que “[A] proibição imposta no *caput* objetiva proteger a saúde dos profissionais da área odontológica, pacientes e meio ambiente, por conta do mercúrio na sua composição” (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2015a). O interesse dos parlamentares estava, portanto, relacionado à contaminação ocupacional por mercúrio e não necessariamente aos riscos colaterais ao meio ambiente decorrentes do uso da amálgama, como aqueles relacionados ao descarte ambientalmente inadequado do produto. O texto do PL nem sequer faz referência a quaisquer normativas nacionais sobre a esse respeito.

A proposta apresenta, em termos gerais, um caráter proibitivo-punitivo. Proibitivo porque propõe encerrar definitivamente, em todo o território nacional, o uso de amálgama para restaurações dentárias em todos os “procedimentos odontológicos públicos e privados, individuais e/ou coletivos, inclusive de manipulação e preparo de amálgama” (COORDENAÇÃO DE COMISSÕES PERMANENTES DA CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2015, p. 2). O PL é também punitivo em seu artigo 2º, ao apresentar sanções ao seu descumprimento.

Podemos dizer, ainda, que a proposta em questão foi mais rigorosa que a própria Convenção, pois, como apresentei na Seção 3.1, o acordo internacional prevê medidas gradativas de redução do uso do amálgama dentário e não sua total eliminação. A proibição se justificaria, segundo o deputado Nishimori, pela alta toxicidade do amálgama; pelo fato de que “a OMS e várias agências federais de pesquisas e saúde dos EUA confirmam que o uso de amálgama dentário é a maior fonte de exposição humana ao mercúrio elementar” (COORDENAÇÃO DE COMISSÕES PERMANENTES DA CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2015, p. 4); e baseado em banimento similar ocorrido em países desenvolvidos (citam-se, por exemplo, Finlândia, Estados Unidos e Canadá) e em alguns estados brasileiros (cita-se apenas o Espírito Santo) que já baniram o uso da liga metálica. Não há referência, na justificativa, a pareceres dos Ministérios da Saúde ou das Relações Exteriores, e nem mesmo ao posicionamento diplomático brasileiro sobre amálgama dentário no âmbito da Convenção de Minamata.

O PL 654 tampouco guarda relação direta com as nove medidas elencadas na Parte II do Anexo A da Convenção. O incentivo de organizações de classe e escolas de odontologia a promover treinamento profissional de restauração dentária com produtos alternativos livres de mercúrio, como prevê a medida (v) da Parte II do Anexo A de Minamata, é um exemplo de como a proposta poderia ser incrementada em termos de abrangências das atividades da política pública e sua conformidade com as obrigações internacionais do Estado brasileiro.

Não obstante o escopo limitado da proposta, tanto o PL 7627/14 quanto o 654/15 obtiveram receptividade positiva no âmbito das comissões parlamentares que os analisaram. O relator escolhido para a matéria, na Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS), foi o deputado Rodrigo Martins, do Partido Socialista Brasileiro (PSB-PI), organização política que guarda relação histórica com o deputado Anthony Garotinho. Sobre o PL 654, Martins afirmou que “não há como discordar que o melhor a fazer é evitar o uso do mercúrio em amálgamas” (COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2015, p. 3), citando, de forma genérica, os riscos da substância à saúde humana e ao meio ambiente, bem como os trabalhos do GT-Mercúrio da CONASQ. Recordo, porém, que o próprio GT-Mercúrio aprovou posicionamento diplomático contrário ao banimento total do amálgama em sua quinta reunião (ver Seção 3.2 deste trabalho). O relatório da CMADS levou também em consideração a Resolução 306, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), de 2004, que regula o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.

Em reunião deliberativa ordinária na CMADS, de 12 de agosto de 2015 (COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2015), o deputado Rodrigo Martins voltou a defender o PL 654. Afirmou reconhecer as inúmeras vantagens do uso do amálgama na restauração dentária, mas reforçou que, do ponto de vista ambiental, haveria alto risco, sobretudo para os profissionais. Não houve oposições, sendo o parecer do relator aprovado por unanimidade.

O texto do projeto de lei foi remetido à Comissão de Seguridade Social e Família (CSSF), em 13 de agosto de 2015, tendo o deputado Alexandre Serfotis (PSD-RJ) como relator. Em sua apreciação, o relator elenca uma série de riscos ao meio ambiente do uso do amálgama dentário e concorda com Nishimori ao reforçar que “o ponto mais crítico seja o fato de o amálgama dentário ser visto como a maior fonte de exposição humana ao mercúrio elementar, tanto pela Organização Mundial da Saúde, como por várias instituições acadêmicas” (COMISSÃO DE SEGURIDADE SOCIAL E FAMÍLIA, 2016, p. 4). O parecer de Serfotis não é, contudo, inequívoco, apresentando argumentos que questionam a justificava

central do PL 654/15. Exemplo disso são os parágrafos sobre o estudo de 2015 do Centro Colaborador do Ministério da Saúde em Vigilância da Saúde Bucal, localizado na Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP), que indica que o impacto na saúde humana decorrente do uso de amálgama dentário é mínimo, embora reconheça que seu uso, sobretudo internacionalmente, segue tendência declinante. O relatório sugere, nesse sentido, que tanto países desenvolvidos como em desenvolvimento estão promovendo “franco avanço [d]o banimento do uso do amálgama [sic] com mercúrio na odontologia como forma de melhorar a qualidade da saúde das suas populações e em favor do meio ambiente” (COMISSÃO DE SEGURIDADE SOCIAL E FAMÍLIA, 2016, p. 7). Salientou, ainda, o aproveitamento ilegal de amálgama de mercúrio na mineração artesanal de pequena escala a partir da importação do mercúrio para uso odontológico.

O PL 654 seguia trajetória de boa aceitação entre deputados e apresentava grande possibilidade de ser aprovado na Casa iniciadora, apresentando os três elementos indicados por Kindgon (2006). No entanto, em 14 de outubro de 2015, o deputado Luiz Nishimori apresentou Requerimento de Retirada de proposição de iniciativa individual n. 3283/2015. O parlamentar justificou sua ação de recuo afirmando que, “na realidade vivida hoje pelo Brasil, ainda existem algumas pessoas que necessitam da utilização da amálgama por ser um procedimento de baixo custo e, por ser o método mais indicado para portadores de necessidades especiais” (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2015b, p. 1). Teria desempenhado papel relevante de influência para a ação do deputado visita da coordenadora-geral da Saúde Bucal, do Ministério da Saúde (MS).

Como indicado na seção 3.2, o MS tem defendido a manutenção do uso do amálgama dentário por razões sociais de garantia da saúde bucal coletiva, embora reconheça a necessidade de seus progressivos banimento e substituição. Apresentado o pedido de retirada, o projeto de lei foi arquivado nos termos do Artigo 105 do Regimento Interno da Câmara dos Deputados, em 31 de janeiro de 2019.

## 5. CONCLUSÕES

Os elementos apresentados nas seções prévias apontam para, ao menos, duas conclusões sobre os objetivos elencados no estudo. A primeira conclusão é de que o posicionamento diplomático brasileiro sobre o amálgama dentário se estabeleceu no *mainstream* da burocracia nacional. O principal corolário dessa estabilidade tem sido a ausência de debate político amplo sobre como garantir a eficácia de alternativas ao amálgama à luz das circunstâncias socioeconômicas do Brasil. O estudo de caso sobre o PL 654/15 sustenta esse raciocínio ao assinalar

que o apoio interno visto na Câmara ao projeto não se traduziu em amplo debate sobre o assunto em outros foros políticos da sociedade, que pudessem, inclusive, flexibilizar a posição nacional contrária ao banimento do amálgama dentário. Não obstante, esse aspecto necessita de maior atenção em pesquisas futuras e permitirá entender as possibilidades de estratégia que o país poderá traçar para o melhor manejo ambientalmente adequado do mercúrio em território nacional em questões de saúde coletiva e proteção do meio ambiente.

A segunda conclusão refere-se ao fato de que a interrupção das discussões no âmbito do PL 654/15 deveu-se não ao desaparecimento da relevância do seu objeto, mas à ausência de articulação dos proponentes com os executores de política pública, sobretudo no âmbito dos Ministérios da Saúde e das Relações Exteriores. Ao não considerar, em sua formulação inicial, o tradicional pleito brasileiro de manutenção do uso do amálgama dentário no contexto dos países em desenvolvimento, o PL 654/15 não apresentava base argumentativa sólida para prosseguir em sua tramitação normal. As gestões realizadas pela representante do Ministério da Saúde junto ao deputado Luiz Nishimori foram, nesse sentido, decisivas para o convencer da necessidade de retirar sua proposta de pauta, embora tenha angariado amplo apoio nas comissões que a analisaram.

Apesar dos esforços multilaterais, reconhecidamente positivos, de coordenar a gestão do manejo do mercúrio, o debate sobre algumas das provisões da Convenção de Minamata permanecem acalorados. Entre eles, o uso do amálgama dentário representa pauta relevante para o Brasil, como país continental e em desenvolvimento. A presente análise pretendeu contribuir, nesse sentido, para os debates nacionais e os estudos diplomáticos e legislativos, que pouco analisam a questão do uso do amálgama dentário a partir do que Robert Putnam denominou jogo de dois níveis, a saber: a relação de seu posicionamento interno com as dinâmicas nacionais de implementação de política pública sobre mercúrio.

Reconhecem-se, contudo, as evidentes limitações, sobretudo de generalização, do presente estudo. Pesquisas futuras sobre a formação do posicionamento diplomático brasileiro poderão ser aprimoradas por meio da análise de documentos oficiais, entre os quais as instruções às delegações brasileiras no âmbito do MRE, bem como de entrevistas com atores que participaram ativamente do processo nacional e internacional. Do mesmo modo, o acompanhamento do processo de debate no âmbito do PL 645/2015 poderá ser robustecido por meio de entrevistas com parlamentares e alguns dos atores invisíveis identificados na presente análise.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA CÂMARA DE NOTÍCIA. **Câmara analisa projeto que proíbe uso de mercúrio em amálgamas dentários – Notícias**. Brasília, 2014. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/443431-camara-analisa-projeto-que-proibe-uso-de-mercurio-em-amalgamas-dentarios/>>. Acesso em: 14 set. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução da Diretoria Colegiada n. 173**. Brasília, 2017. Disponível em: <[https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19296892/do1-2017-09-18-resolucao-n-173-de-15-de-setembro-de-2017-19296796](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19296892/do1-2017-09-18-resolucao-n-173-de-15-de-setembro-de-2017-19296796)>.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução da Diretoria Colegiada n. 306**. Brasília, 2004. Disponível em: <[https://bvsm.sau.gov.br/bvs/sau/legis/anvisa/2004/res0306\\_07\\_12\\_2004.html](https://bvsm.sau.gov.br/bvs/sau/legis/anvisa/2004/res0306_07_12_2004.html)>.

BEACH, D.; PEDERSEN, R. B. **Process-tracing methods: foundations and guidelines**. Michigan: Universtiy of Michigan Press, 2013.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **PL 7627**. Brasília, 2014. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=617427>>. Acesso em: 14 set. 2021.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Proposta de Lei 654, de 2015, texto na íntegra**. Brasília, 2015a. Disponível em: <[https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=1307694&filename=Tramitacao-PL+654/2015](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1307694&filename=Tramitacao-PL+654/2015)>. Acesso em: 14 set. 2021.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Requerimento de Retirada de proposição de iniciativa individual n. 3283/2015**, 2015b. Disponível em: <[https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=1399903&filename=Tramitacao-PL+654/2015](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1399903&filename=Tramitacao-PL+654/2015)>.

CLAPP, J. **Toxic exports: the transfer of hazardous wastes from rich to poor countries**. Ithaca: Cornell University Press, 2001.

COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Registro em vídeo – Reunião Deliberativa Ordinária, 12 ago. 2015.

COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUTENTÁVEL. **Relatório do Deputado Rodrigo Martins sobre o PL 654/15**, 16 maio 2015. Disponível em: <[https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=1363739&filename=Tramitacao-PL+654/2015](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1363739&filename=Tramitacao-PL+654/2015)>.

COMISSÃO DE SEGURIDADE SOCIAL E FAMÍLIA. **Relatório do deputado Alexandre Serfiotis sobre o PL 654/15**, 16 jun. 2016. Disponível em: <[https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=1363739&filename=Tramitacao-PL+654/2015](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1363739&filename=Tramitacao-PL+654/2015)>.

CONSOLARO, A.; PINHEIRO, T. Amalgama dentário e mercúrio: o fim de uma era. **Revista Dental Press de Estetica**, v. 10, p. 42-47, 1º abr. 2013.

CONVENÇÃO DE MINAMATA. **Minamata Convention – Text and Annexes**. Disponível em: <<https://www.mercuryconvention.org/Convention/Text/tabid/3426/language/en-US/Default.aspx>>. Acesso em: 12 jun. 2021a.

CONVENÇÃO DE MINAMATA. **Mandates for the negotiations process. Minamata Convention on Mercury**. Disponível em: <<https://www.mercuryconvention.org/en/about/history/mandates>>. Acesso em: 12 set. 2021b.

CONVENÇÃO DE MINAMATA. **History of the Negotiations Process | Minamata Convention on Mercury**. Disponível em: <<https://www.mercuryconvention.org/en/about/history>>. Acesso em: 12 set. 2021c.

CONVENÇÃO DE MINAMATA. **Fourth meeting of the Conference of the Parties to the Minamata Convention on Mercury (COP-4). Minamata Convention on Mercury**. Disponível em: <<https://www.mercuryconvention.org/en/meetings/cop4#cop-intersessional-work>>. Acesso em: 15 set. 2021d.

COORDENAÇÃO DE COMISSÕES PERMANENTES DA CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de lei n. 654-A, de 2015 – justificativa**, 2015. Disponível em: <[https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra;jsessionid=859083E40267F7ECFFFAE8818A0074E7.proposicoesWeb?codteor=1372644&filename=Avulso+-PL+654/2015](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=859083E40267F7ECFFFAE8818A0074E7.proposicoesWeb?codteor=1372644&filename=Avulso+-PL+654/2015)>.

FENNER, A. L. D. A Convenção de Minamata sobre o mercúrio: a importância do mecanismo financeiro para o processo negociador. 10 dez. 2015. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/19808>>. Acesso em: 12 jun. 2021.

FENNER, A. L. D. *et al.* Nova convenção internacional sobre o mercúrio expõe desafios para saúde. 2017. Disponível em: <<https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/40447>>. Acesso em: 12 jun. 2021.

GRUPO DE TRABALHO SOBRE MERCÚRIO. **Ata da 5ª Reunião**, 18 abr. 2012. Disponível em: <[https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80037/Mercurio/Memoria%205%20reuniao%20do%20GT%20Hg%20\\_18%20abril%202012\\_versao\\_final.pdf](https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80037/Mercurio/Memoria%205%20reuniao%20do%20GT%20Hg%20_18%20abril%202012_versao_final.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2021.

GRUPO DE TRABALHO SOBRE MERCÚRIO. **Ata da 9ª Reunião**, 29 maio 2013. Disponível em: <[https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80104/Memoria%20da%209%20reuniao%20do%20GT%20Hg\\_final.pdf](https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80104/Memoria%20da%209%20reuniao%20do%20GT%20Hg_final.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2021.

IMPRENSA NACIONAL. **Portaria n. 2.197, de 20 de julho de 2018**. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/materia>>. Acesso em: 12 jun. 2021.

KINGDON, J. Como chega a hora de uma idéia. In: SARAVIA, E.; FERRAREZI, E. (orgs.). **Políticas públicas**. Brasília: ENAP, 2006. V. 1, p. 219-224.

LACERDA, L. J. R. de; DAMASO, L. P.; GRAJEDA, F. M. C. de. O amálgama dentário: proibição devido a presença de mercúrio. **Revista de Iniciação Científica da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 8, n. 1, 15 nov. 2018. Disponível em: <<http://periodicos.unincor.br/index.php/iniciacaocientifica/article/view/5139>>. Acesso em: 12 jun. 2021.

MANCUSO, W. P. Construindo leis: os construtores e as concessões de serviços. **Lua Nova: Revista de Cultura e Política**, n. 58, p. 61-87, 2003.

MANCUSO, W. P. O lobby da indústria no Congresso Nacional: empresariado e política no Brasil contemporâneo. **Dados**, v. 47, p. 505-547, 2004.

MARZAGÃO, T. V. Lobby e protecionismo no Brasil contemporâneo. **Revista Brasileira de Economia**, v. 62, p. 263–278, set. 2008.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Plano setorial de implementação da convenção de Minamata sobre mercúrio**. Brasília, Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano\\_convencao\\_minamata\\_mercurio\\_2020.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_convencao_minamata_mercurio_2020.pdf)>.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Measures to be taken by brazil for the decrease in the use of dental amalgam**, 2020 (b). Disponível em:< [https://www.mercuryconvention.org/sites/default/files/documents/submission\\_from\\_government/Brazil\\_DentalAmalgam.pdf](https://www.mercuryconvention.org/sites/default/files/documents/submission_from_government/Brazil_DentalAmalgam.pdf)> .

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Grupo de Trabalho sobre Mercúrio (GT-Mercúrio) e Grupo de Trabalho Permanente para acompanhar a implementação da Convenção de Minamata (GTP)**. Brasília, 2016. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/seguranca-quimica/conven%C3%A7%C3%A3o-minamata/grupo-de-trabalho.html>>. Acesso em: 15 set. 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio**. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/clima/>>

protecao-da-camada-de-ozonio/difusao-de-informacao/itemlist/category/117-mercurio.html>. Acesso em: 12 jun. 2021.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. Norma Regulamentadora n. 15 (NR-15), 1978.

PNUMA. **Decision 24/3 IV – Mercury**, 2007a. Disponível em: <[https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/10624/K0760630\\_GC24-proceedings.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/10624/K0760630_GC24-proceedings.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>.

PNUMA. **UNEP(DTIE)/Hg/OEWG.1/2**, 2007b. Disponível em: <<https://www.mercuryconvention.org/en/events/OEWG>>.

PNUMA. **Governing Council, Decision 25/5 Mandates. Global Mercury Partnership**, 2009. Disponível em: <[https://asgmresearch.weebly.com/uploads/3/0/1/6/30160743/gc25report\\_english\\_25\\_5.pdf](https://asgmresearch.weebly.com/uploads/3/0/1/6/30160743/gc25report_english_25_5.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2021.

PNUMA. **UNEP(DTIE)/Hg/INC.5/3**, 2012a. Disponível em: <<https://www.mercuryconvention.org/en/events/fifth-session-intergovernmental-negotiating-committee-prepare-global-legally-binding>>.

PNUMA. **UNEP(DTIE)/Hg/INC.5/4**, 2012b. Disponível em: <<https://www.mercuryconvention.org/en/events/fifth-session-intergovernmental-negotiating-committee-prepare-global-legally-binding>>.

PNUMA. **UNEP(DTIE)/Hg/INC.5/5**, 2012c. Disponível em: <<https://www.mercuryconvention.org/en/events/fifth-session-intergovernmental-negotiating-committee-prepare-global-legally-binding>>.

PNUMA. **UNEP(DTIE)/Hg/INC.5/7\***. 2013. Disponível em: <<https://www.mercuryconvention.org/en/events/fifth-session-intergovernmental-negotiating-committee-prepare-global-legally-binding>>.

PUTNAM, R. Diplomacy and domestic politics: the logic of two-level games. **International Organization**, v. 42, n. 3, 1988. Disponível em: <<http://www.guillaumenicaise.com/wp-content/uploads/2013/10/Putnam-The-Logic-of-Two-Level-Games.pdf>>.

SANTOS, D. T.; DIAS, K. R. H. C.; SANTOS, M. P. A. dos. Dental amalgam and its role in current dentistry. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 73, n. 1, p. 64-68, mar. 2016.

SCHETTINI, E.; CUNHA, M.; ARAÚJO, C. E. L. **Process tracing nas Ciências Sociais: fundamentos e aplicabilidade**. Brasília: Escola Nacional de Administração (ENAP), 2018.

SOLER, J. I. et al. A History of Dental Amalgam. **Journal of the History of Dentistry**, v. 50, n. 3, p. 109–116, nov. 2002.

STELLJES, M. E. **Toxicology for non-toxicologists**. Lanham, Maryland, ABS Group, Government Institutes Division, 2000.

US DEPARTMENT OF FOOD AND DRUG. **Dental amalgam fillings**. Disponível em: <<https://www.fda.gov/medical-devices/dental-devices/dental-amalgam-fillings>>. Acesso em: 17 out. 2021.

VASCONCELLOS, R. A. J. P. de. **O Brasil e o regime internacional de segurança química**. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão (FUNAG), 2014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION *et al.* **Future use of materials for dental restoration: report of the meeting convened at WHO HQ, Geneva, Switzerland 16th to 17th November 2009**. Geneva: World Health Organization, 2010.

---

# **NOTA SOBRE OS AUTORES E ORGANIZADORES**

## **ALEXANDRE TOSHIRO IGARI**

Doutor em Ecologia pela Universidade de São Paulo e professor doutor da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/ USP).

## **ANA LUISA VIETTI BITENCOURT**

Doutora em Geografia Física pela Université de Caen Normandie – França e docente no Programa de Pós-Graduação em Análise Ambiental Integrada na UNIFESP.

## **ANDERSON TARGINO DA SILVA FERREIRA**

Doutorado em Geodinâmica e Geofísica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e professor doutor no Programa de Mestrado em Análise Geoambiental na Universidade de Guarulhos.

## **ANDRÉ FELIPE SIMÕES**

Doutor em Planejamento Energético pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e professor associado da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/USP).

## **ANDREA CAVICCHIOLI**

Doutor em Química pela Universidade de São Paulo e professor doutor da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/USP).

## **ÂNGELA LÚCIA BAGNATORI SARTORI**

Doutora em Biologia Vegetal pela Universidade Estadual de Campinas e professora titular da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

## **ANNELISE VENDRAMINI FELSBERG**

Doutora em Administração pela Universidade de São Paulo e Coordenadora do Programa de Pesquisa Finanças Sustentáveis no Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas.

## **CRISTIANO MAZUR CHIESSI**

Doutor em Ciências Naturais pela Universität Bremen, UNI-B, Alemanha e professor associado da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/USP).

## **GIOVANO CANDIANI**

Doutor em Energia pela Universidade Federal do ABC e professor no Programa de Pós-Graduação em Análise Ambiental Integrada da Universidade Federal de São Paulo.

## **HELENE MARIKO UENO**

Doutora em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo e professora doutora da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/USP).

## **MARCELO JOSÉ PENA FERREIRA**

Doutor em química orgânica pela Universidade de São Paulo e professor doutor do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

## **MIRIAM SANNOMIYA**

Doutora em Química pela Universidade Estadual de Campinas e professora doutora da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/USP).

## **PAULO SANTOS DE ALMEIDA**

Doutor em Direito pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo e professor doutor da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/USP).

## **PEDRO JOSÉ PÉREZ-MARTINEZ**

Doutorado em Doctor Rerum Naturalium pela Universität Freiburg e professor doutor da Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

## **RAMATIS JACINO**

Doutor em história econômica pela Universidade de São Paulo e professor adjunto do Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do ABC (CECS-UFABC).

## **REGINA MAURA DE MIRANDA**

Doutora em Meteorologia pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo e professora doutora da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/USP).

## **RENATA COLOMBO**

Doutora em Química pela Universidade de São Paulo e professora doutora da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/USP).

## **SONIA REGINA PAULINO**

Doutora em Economia pela Université Toulouse 1, professora associada da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/USP) e coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade da EACH/USP.

## **SONIA SEGER PEREIRA MERCEDES**

Doutora em Energia pela Universidade de São Paulo e professora da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

## **SYLMARA L. F. GONÇALVES-DIAS**

Doutora em Ciência Ambiental pela Universidade de São Paulo, doutora em Administração pela Fundação Getúlio Vargas e professora associada da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/USP).

## **TANIA PEREIRA CHRISTOPOULOS**

Doutora em Administração pela Fundação Getúlio Vargas, professora associada da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/USP) e vice - coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade da EACH/USP.

## **WÂNIA DULEBA**

Doutora em Oceanografia pela Universidade de São Paulo, doutora em Environnements et Paléoenvironnements Océaniques pela Université d'Angers e professora doutora da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/USP).

## **AMANDA CSEH**

Graduada em Gestão Ambiental e mestra em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo.

## **ANA JANE BENITES**

Mestra em Política Científica e Tecnológica pela UNICAMP e doutoranda em Sustentabilidade na Universidade de São Paulo.

## **ANNA LAURA CANUTO R. DE ANDRADE**

Mestra em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo.

## **CAMILA CUNHA PASSOS**

Doutora em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo

## **CHARLYANA DE CARVALHO BENTO**

Graduada em Licenciatura em Ciências da Natureza em mestranda em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo.

## **DOUGLAS GONÇALVES**

Graduado em gestão ambiental e mestrando em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo.

## **DUMARA REGINA DE LIMA**

Mestre em Desenvolvimento Sustentável pela Universidade de Brasília (UNB) e doutoranda em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo.

## **FERNANDA CERVI**

Mestra em Agricultura Tropical pela Universidade Federal do Mato Grosso e doutoranda em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo.

## **JACKSON CRUZ MAGALHÃES**

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e mestrando em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo.

## **JOEL PEREIRA BASTOS DA SILVA**

Graduado em ciências biológicas pela UMC e mestrando em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo.

## **LETÍCIA MOREIRA VIESBA**

Graduada em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de São Paulo e mestra em Análise Ambiental Integrada pela Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP.

## **LUCAS COURY SILVEIRA**

Mestre em Gestão para a Competitividade pela Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas.

## **LUCIANA SAYURI TAHIRA**

Graduada em Licenciatura em Ciências da Natureza e mestranda em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo

## **MARIA CAROLINA HERNANDEZ RIBEIRO**

Mestra pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo e doutoranda em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo.

## **MARÍLIA DE CARVALHO CAMPOS**

Doutora em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo.

## **MATHEUS FREITAS ROCHA BASTOS**

Diplomata de carreira, Ministério das Relações Exteriores. Graduado em Relações Internacionais pela Universidade de Brasília e mestrando em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo.

## **RITA DE CÁSSIA LOPES MORO**

Mestra em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em têxtil e moda e doutoranda em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (EACH - USP).

## **ROBERTO ORANJE**

Graduado em Arquitetura e Urbanismo e mestrando em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo

## **RAYSSA DE ALMEIDA VIANA**

Graduada em Ciências da Natureza e mestranda em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo.

## **STEFANO CRIVELLARI**

Doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectonia da Universidade de São Paulo.

## **VITOR CALANDRINI DE ARAÚJO**

Graduado em Gestão Ambiental e mestre em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo.

## **VIVIANE DA SILVA CARVALHO**

Graduada em Ciências da Natureza e mestranda em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo

## **GABRIEL TELES DE PROENÇA**

Graduando em Licenciatura em Ciências da Natureza – Universidade de São Paulo (EACH-USP).





Este livro é mais um fruto de contínuos trabalhos de discentes em coautoria com docentes de programas de pós-graduação da área de ciências ambientais. Trata-se de uma nova coletânea que se destina a alunos de graduação e pós-graduação, bem como ao público em geral interessado no estudo e pesquisa em torno das agendas global e local da sustentabilidade.



[openaccess.blucher.com.br](http://openaccess.blucher.com.br)



**Blucher** Open Access