

Mudanças climáticas, sistemas socioecológicos e cidades amazônicas: eventos hidroclimáticos extremos em Novo Airão/AM¹

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

Resumo

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

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

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

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

1. INTRODUÇÃO

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

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

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

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

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

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

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

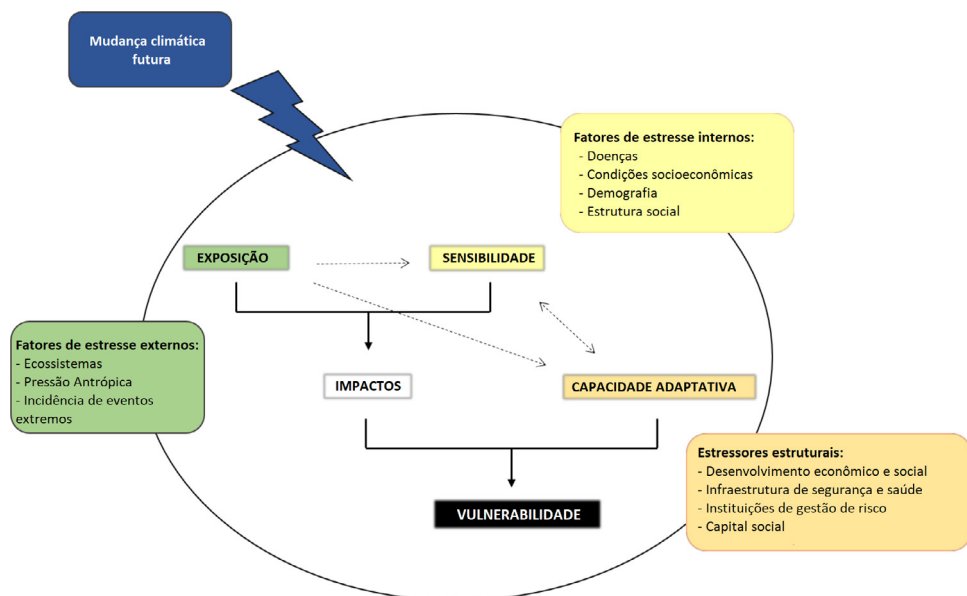


Figura 1 – Modelo conceitual de vulnerabilidade e seus componentes.

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

2. METODOLOGIA

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

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

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

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

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

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

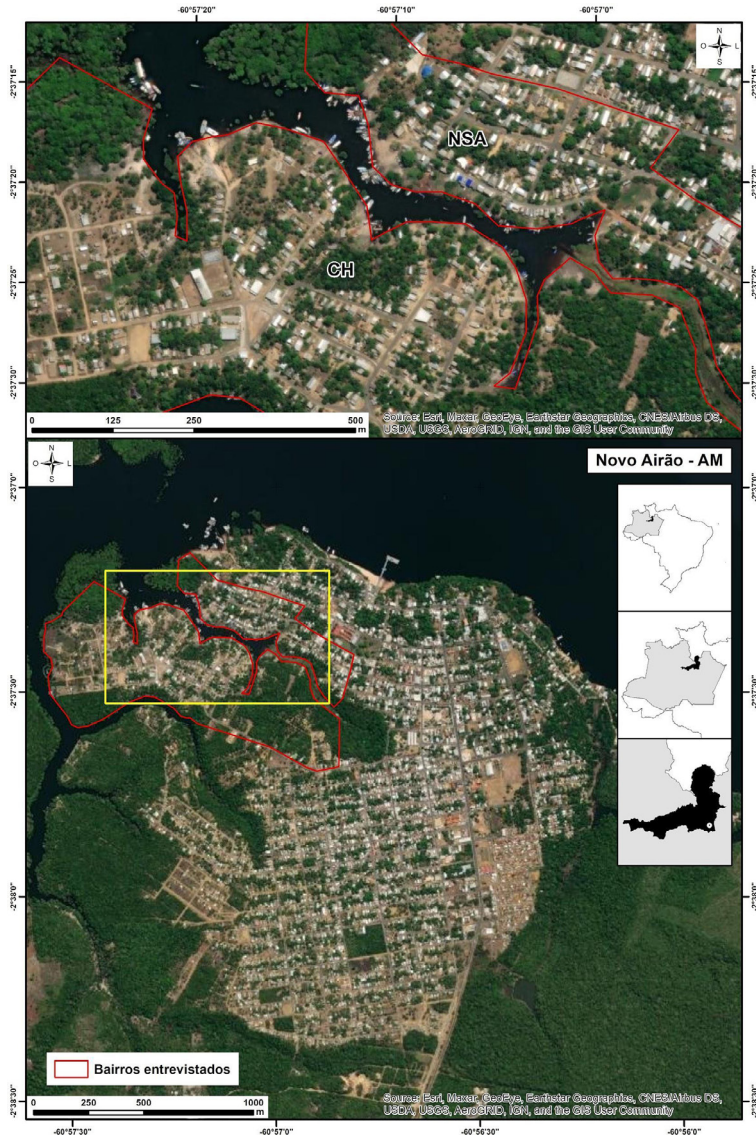


Figura 2 – Bairros dos moradores entrevistados situados em áreas de risco.

Elaborada por Marcelo Augusto dos Santos Junior (2023).

Fonte: Oliveira (2023).

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

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

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

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

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

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

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

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

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

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

Fonte: Adaptado da dissertação de Oliveira (2023).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Fonte: Oliveira (2023).

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

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

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

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

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

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

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

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

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

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

5. AGRADECIMENTOS

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

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

REFERÊNCIAS

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

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

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