



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Mudanças no uso e cobertura da terra e os seus impactos nos serviços ecossistêmicos e na saúde humana no município de Juína, Amazônia Meridional

Josiane de Brito Gomes dos Santos¹, Marcos Leandro Alves Nunes², Sandra Mara Alves da Silva Neves³, Cassia Maria Gama Lemos⁴, Sandra de Souza Hacon⁵

¹Doutora em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Centro de Pesquisa de Limnologia, Biodiversidade, Etnobiologia do Pantanal (CELBE), Av. Santos Dumont, s/nº – Cidade Universitária (Bloco II), Bairro: Lobo, CEP 78200-000, Cáceres – MT, Brasil. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso (IFMT) campus Juína. Linha J, S/nº, Setor Chácara, CEP 78320-000, Juína – MT, Brasil, E-mail: josiane.brito@ifmt.edu.br. ²Professor da Faculdade Estácio Unijipa, RO-135, S/nº, bairro 3º distrito, Ji-Paraná – RO, Brasil, Email: marcosbatarelli@gmail.com. ³Doutora e professora da UNEMAT, Departamento de Geografia, Av. Santos Dumont, s/nº – Cidade Universitária (Bloco II), Bairro: Lobo, CEP 78200-000, Cáceres – MT, Brasil, E-mail: ssneves@unemat.br. ⁴Doutora do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades (DIIAV), Av. dos Astronautas, 1758 - Jardim da Granja, São José dos Campos - SP, 12227-010, Brasil, E-mail: cassia.lemos@inpe.br. ⁵Doutora e professora da Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Rua Leopoldo Bulhões, 1480 - Manguinhos, CEP 21041-210, Rio de Janeiro - RJ, Brasil, E-mail: shacon@ensp.fiocruz.br.

Artigo recebido em 10/11/2023 e aceito em 22/05/2024

RESUMO

As mudanças no uso e cobertura da terra na Amazônia têm resultado em constantes perdas e degradação florestal, que comprometem a capacidade do ecossistema fornecer seus serviços. Nesse contexto, este estudo objetivou analisar as mudanças no uso e cobertura da terra, nos serviços ecossistêmicos hídricos e no clima, e os efeitos na saúde e qualidade de vida das populações da municipalidade mato-grossense de Juína, cidade-polo situada no arco do desmatamento e com fortes pressões ambientais. A classificação do uso e cobertura da terra foi obtida por meio dos dados disponibilizados pelo Projeto MapBiomas para o período de 1985 a 2021. Dados de serviços ecossistêmicos foram analisados por técnicas de estatística descritiva e pelo teste de tendência de Mann-Kendall e de Sen's slope. O estudo estimou perda florestal de 16%, com uma tendência de diminuição de 11.348,6 ha.an⁻¹, enquanto todos os usos antrópicos apresentaram tendência significativa de aumento. O maior destaque foi para as áreas de pastagens, que ocuparam 15% da área total do município, com uma tendência de aumento de 10.967,6 ha.an⁻¹. Constatou-se também tendências significativas de redução da disponibilidade hídrica e da precipitação, de aumento da temperatura do ar e de aumento das taxas de mortalidade por doenças circulatórias e respiratórias. Os resultados destes estudos reforçam a necessidade de uma abordagem integrativa, interdisciplinar e intersetorial que transcenda as fronteiras tradicionais do conhecimento entre os setores de saúde e meio ambiente, implementando políticas públicas que integrem a saúde ecossistêmica e humana e considerem os serviços ecossistêmicos como determinantes em saúde.

Palavras-chave: Desmatamento; Amazônia; serviços ambientais; saúde humana.

Changes in land use and coverage and their impacts on ecosystem services and human health in the municipality of Juína, Meridional Amazon

SUMMARY

Changes in land use and cover in the Amazon have resulted in constant forest loss and degradation, which compromises the ecosystem's ability to provide its services. In this context, this study aimed to analyze changes in land use and coverage, water ecosystem services and climate, and the effects on the health and quality of life of populations in the municipality of Juína, in Mato Grosso, a central city located in the arc of deforestation and strong environmental pressures. The classification of land use and coverage was obtained from data made available by the MapBiomas Project for the period from 1985 to 2021. Data on ecosystem services were analyzed using descriptive statistics techniques and the Mann-Kendall trend test and Sen. The study estimated a forest loss of 16%, with a decreasing trend of 11,348.6 ha.year⁻¹, while all anthropogenic uses showed a significant increasing trend. The pasture areas stood out, occupying 15% of the total area.

of the municipality, with an increasing trend of 10,967.6 ha.year⁻¹. There were also significant trends toward reduced water availability and precipitation, increased air temperatures, and increased mortality rates from circulatory and respiratory diseases. The results of this study reinforce the need for an integrative, interdisciplinary and intersectoral approach that transcends the traditional boundaries of knowledge between the health and environment sectors, implementing public policies that integrate the ecosystem and human health and consider ecosystem services as determinants of health.

Keywords: Deforestation; Amazon; MapBiomass; environmental services; health.

Introdução

Os ecossistemas fornecem uma variedade de serviços que são importantes para o bem-estar humano. Conforme apontado por Daily (1997), um dos pioneiros na abordagem deste conceito, os serviços ecossistêmicos (SES) são definidos como "os serviços prestados pelos ecossistemas naturais e as espécies que os compõem, na sustentação e preenchimento das condições para a permanência da vida humana na Terra". Diante da relevância deste tema, entre os anos de 2001 e 2005 foi conduzida a Avaliação Ecossistêmica do Milênio no intuito de avaliar os impactos das mudanças nos ecossistemas sobre o bem-estar humano, e de fornecer uma base científica para fundamentar as ações necessárias para a conservação e o uso sustentável dos ecossistemas e de suas contribuições para o bem-estar humano (AEM, 2005; Carpenter, 2009).

Para Barbosa et al. (2024), a abordagem dos serviços ecossistêmicos vai além da visão simplista da natureza como um cenário passivo para a existência humana, e destaca a natureza como um agente ativo na formação da nossa saúde e qualidade de vida. Mudanças nos processos ambientais comprometem a capacidade dos ecossistemas de fornecer serviços essenciais, resultando em consequências adversas para a resiliência dos sistemas socioecológicos, incluindo a saúde e qualidade de vida das populações. Assim, é fundamental entender a interdependência entre os ecossistemas e o bem-estar humano, visando a promoção da saúde planetária e a manutenção da vida humana com qualidade e bem-estar (Huang et al., 2024).

Neste contexto, a Floresta Amazônica desempenha um papel crucial na oferta e manutenção de serviços ecossistêmicos vitais para os sistemas socioecológicos (Morpurgo et al., 2023; Reygadas et al., 2023). Ela representa um terço das florestas tropicais do mundo e abriga mais da metade da biodiversidade global. Além disso, contribui com cerca de 16% da produtividade fotossintética terrestre (SPA, 2021).

A floresta Amazônica desempenha ainda, um papel essencial na regulação dos ciclos globais de água e carbono, sendo fundamental para a estabilidade climática (Leite Filho et al., 2024). No

entanto, as mudanças climáticas e no uso e cobertura da terra têm reduzido a capacidade da floresta de atuar como sumidouro de carbono (Gatti et al., 2021; Tejada et al., 2023). O desmatamento e as queimadas episódicas e extensivas de biomassa na floresta amazônica têm levado a severos efeitos locais e até mesmo globais, tornando uma preocupação global (Yuan et al., 2022).

O relatório do Painel Científico da Amazônia (SPA, 2021) destaca evidências das mudanças climáticas na Amazônia, apontando que as últimas duas décadas foram as mais quentes registradas desde o século passado, com um aumento de 1,2°C, superior à média global de 1,1°C. Esse aquecimento, juntamente com a crescente frequência de eventos climáticos extremos (enchentes e secas), tem impactos negativos nos ecossistemas amazônicos.

Na Amazônia brasileira, a partir da década de 1960, políticas governamentais de ocupação do território que ofereciam terras a baixo custo e subsídios de crédito, fomentaram intenso fluxo migratório à região (Nunes et al., 2024). Este processo foi intensificado a partir da década de 70, com o II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND) (1975-1979), que tinha como objetivo a expansão da fronteira agropecuária no país (Brasil, 1974). Assim, deu-se início a um extenso desmatamento, mudanças no uso da terra, mineração ilegal e a degradação florestal nas décadas posteriores, se perpetuando até a atualidade com impactos irreversíveis para a biodiversidade e a cultura das populações tradicionais (Alves et al., 2021; Garret et al., 2021; Garret et al., 2023).

Os principais agentes impulsionadores das mudanças ambientais que vem ocorrendo no uso da terra e na cobertura vegetal na Amazônia Legal ao longo do tempo apontam para a intensificação da pecuária e da agricultura intensiva e extensiva, impulsionadas pela grilagem de terras, falta de fiscalização ao nível municipal e estadual, demanda do mercado de exportação, os investimentos em infraestrutura, a exploração madeireira e a mineração (Oliveira et al., 2023a; Moutinho; Azevedo-Ramos, 2023).

Nos últimos anos o desmatamento da floresta na Amazônia brasileira alcançou um novo e alarmante patamar, ultrapassando 10 mil km² de perda florestal entre os anos de 2019 e 2021, valor 56% maior do que o registrado no período de 2016 a 2018. O desmatamento em áreas protegidas aumentou 80% neste período, sendo que em terras indígenas (TI's) houve um aumento proporcional de 153% e em unidades de conservação (UC's) de 64% (Alencar et al., 2022). Essa realidade é reflexo de fatores políticos e sociais que resultaram diretamente na fragilidade de políticas e enfraquecimento da governança ambiental, principalmente, na esfera federal (Artaxo, 2019; Escobar, 2019a; Fearnside, 2019; Gatti et al., 2023; Jakimow et al., 2023).

O estado de Mato Grosso figura como um dos líderes em desmatamento na Amazônia brasileira (INPE, 2023), e possui uma relevância mundial, pois no seu território ocorrem três biomas nacionais: Amazônia, Cerrado e Pantanal, constituindo como principal produtor brasileiro de commodities básicas, como soja, milho e algodão (IMEA, 2021; SEDEC, 2022), e se destaca ainda, na pecuária nacional, com maior rebanho bovino brasileiro, com 34,3 milhões de cabeças (INDEA, 2023).

A região Noroeste do Estado de Mato Grosso, localizada na Amazônia Meridional, compreende um *hotspot* de biodiversidade, que incluem florestas densas, campinaranas e cerrado, rico em componentes naturais, com ecossistemas frágeis e pouco estudados (Maekawa et al., 2019). A região está situada no arco do desmatamento e com fortes pressões ambientais, decorrentes, principalmente, dos processos migratórios, iniciados nas últimas décadas do século XX, de diferenciados grupos, com interesses econômicos e políticos distintos (Santos, 2012).

Neste contexto, está inserido o município de Juína, que é a cidade-polo da região Noroeste. O projeto Juína nasceu em 1974, a partir de um programa de interesse nacional em que o Governo Federal, o Governo Estadual e as empresas privadas uniram seus esforços para a consolidação do processo de ocupação produtiva da Amazônia, com base no lema: "Integrar para não entregar". Havia o financiamento por parte do governo para a aquisição das terras, que eram vendidas a preços acessíveis.

A migração e permanência dos atores sociais, com uma lógica comercial unicamente exploratória, deu início a exploração dos atributos naturais, ameaçando o capital natural e cultural e os serviços ecossistêmicos (WWF, 2012). Como resultado deste processo histórico, o município de

Juína está entre os municípios de Mato Grosso com maiores taxas de desmatamento (Silgueiro et al., 2021) e encontra-se na lista dos municípios prioritários para prevenção, monitoramento e controle do desmatamento (MMA, 2020).

As consequências deste modelo predatório de desenvolvimento são imensuráveis, uma vez que a perda e degradação de florestas tropicais impactam negativamente nos principais serviços ecossistêmicos, como a biodiversidade, o armazenamento de carbono em biomassa e solos, a qualidade do solo e da água, na regulação do balanço hídrico e do fluxo dos rios, na modulação dos padrões do clima regional e no controle de vetores (Foley et al., 2007; Wilkinson et al., 2018).

As mudanças no uso e cobertura da terra atuam sinergicamente com as mudanças climáticas, amplificando os seus impactos, reduzindo a resiliência florestal e aumentando o estresse hídrico e o risco de incêndios. Esses efeitos em cascata podem ter impactos consideráveis na biodiversidade e serviços ecossistêmicos, e consequentemente, na saúde e bem-estar humanos (SPA, 2021). Um fator agravante é que a degradação dos ecossistemas amazônicos pelas atividades antrópicas vem ocorrendo em um ritmo acelerado, que representa uma ameaça para a resiliência dos ecossistemas (Albert et al., 2023) e um grande desafio de múltiplas dimensões relacionadas com patógenos, vetores e hospedeiros.

A literatura tem relatado sérias ameaças aos sistemas socioecológicos em decorrência das mudanças ambientais locais e globais, que afetam os serviços ecossistêmicos. Os resultados sugerem impactos negativos na saúde pública e bem-estar das populações humanas, especialmente nas mais vulneráveis. Entre os impactos, destaca-se o aumento na incidência de doenças infecciosas, devido à perda de habitat e transbordamento de patógenos (Ellwanger et al., 2020; 2022). Além disso, há o aumento de doenças respiratórias associadas aos poluentes decorrentes das queimadas (Sheehan et al., 2024; Oliveira et al., 2023a; Oliveira et al., 2023b), bem como de doenças cardiovasculares, relacionadas às mudanças climáticas e à poluição do ar (Silveira et al., 2023; Romero et al., 2022), entre outras.

Diante do exposto, é fundamental considerar que os serviços ecossistêmicos, a saúde e a economia são componentes interrelacionados do complexo sistema do bioma Amazônia, afetando a biodiversidade e a qualidade de vida nos sistemas socioecológicos, com impactos mais severos para os povos tradicionais que dependem integralmente dos SES. É primordial a avaliação

sobre como o estado desse complexo adaptativo é afetado pelas vias de desenvolvimento econômico e pelas diferentes formas de uso da terra (Codeço et al., 2021), e a inclusão dessa abordagem sistêmica nas políticas públicas e nas pesquisas científicas.

Assim, este estudo tem como objetivo analisar as mudanças no uso e cobertura da terra da municipalidade mato-grossense de Juína, no período de 1985 a 2021, e os seus impactos nos serviços ecossistêmicos hídricos, no clima e na saúde e qualidade de vida das populações.

Material e Métodos

Área de estudo

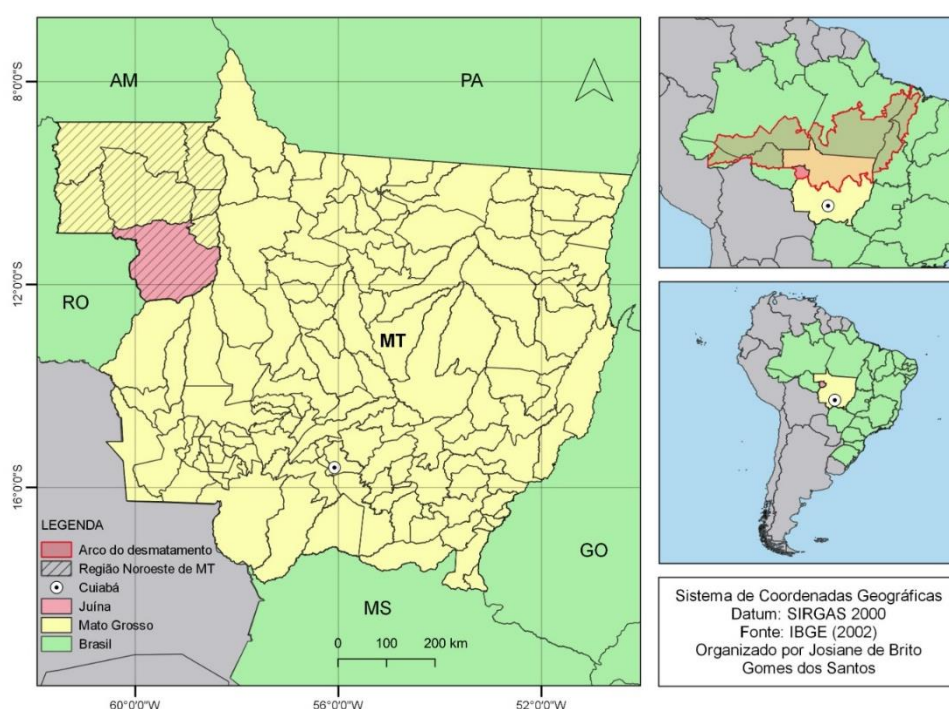


Figura 1. Município de Juína nos contextos sulamericano, brasileiro, matogrossense e municipal. Fonte: os autores (2024).

O município está situado em uma zona de transição entre os biomas Cerrado e Amazônia, sendo as vegetações de Floresta estacional semidecídua e a Savana arborizada, predominantes, apesar da forte antropização causada pelas atividades de pecuária e mineração (IBGE, 2019). O clima da região é do tipo Equatorial quente e úmido. De acordo com os dados da base Brazilian Daily Weather Gridded Data (BR-DWGD), a temperatura média anual é de $26 \pm 0,98$ °C, com temperatura máxima de $31,8 \pm 1,1$ °C e temperatura mínima média de $20,1 \pm 1,9$ °C. A precipitação média anual é de $1934,4 \pm$

O município de Juína está localizado na macrorregião noroeste mato-grossense, a 740 km da capital Cuiabá, na fronteira com o Estado de Rondônia (Figura 1), com a sede situada nas seguintes coordenadas $11^{\circ}22'52''$ latitude sul e $58^{\circ}44'20''$ longitude oeste, a uma altitude de 346 metros. Possui uma área de 26.397,2 km², sendo o segundo maior município em extensão territorial do estado de Mato Grosso, representando 3% da área do estado e 5,3% da área do arco do desmatamento. Apresenta uma população de 45.869 habitantes, com a presença de três povos indígenas, das etnias Cintalarga, Rikbatsa e Enawenê-nawê, que possuem reservas que ocupam 62% do território do município (IBGE, 2022).

129,5mm (Xavier et al., 2022). A região apresenta duas estações definidas, uma estação seca de maio a setembro e outra chuvosa de outubro a abril (Figura 2).

A área apresenta uma topografia com relevo plano e suavemente ondulado, pertencente ao Grupo Parecis, na unidade geomorfológica Planalto dos Parecis, subunidade Chapada dos Parecis. O solo característico na região é do tipo Latossolo vermelho-escuro, que são solos minerais não hidromórficos, com horizonte B latossólico, de cores vermelho-escuras, vermelhas ou bruno-avermelhado escuras. São bastante profundos, bem

drenados, friáveis ou muito friáveis, de textura argilosa ou muito argilosa e média. A hidrografia da região pertence à bacia Amazônica, sendo o rio

Juruena, com seus respectivos afluentes, os que drenam o município de Juína – MT (Brasil, 1982).

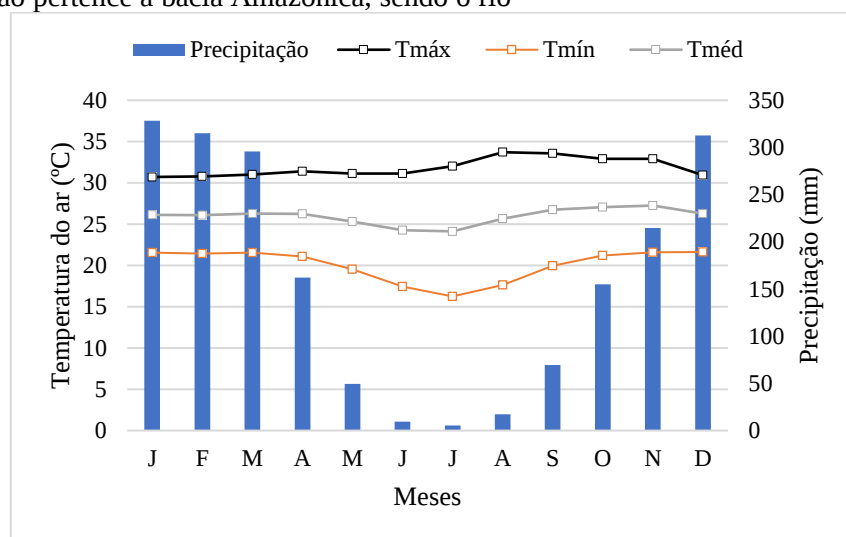


Figura 2. Normais climatológicas da precipitação e temperatura do ar do município de Juína – MT.

Procedimentos metodológicos

Para elaboração dos mapas espaço-temporal da cobertura e uso da terra da área de estudo foram utilizados os arquivos vetoriais dos anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2020, da coleção 7 do Projeto Anual de Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra (Projeto MapBiomias). O conjunto de imagens de satélite utilizado no projeto MapBiomias foi composto pelos sensores Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) e Operational Land Imager (OLI) Landsat, a bordo dos Landsat 5, Landsat 7 e Landsat 8, respectivamente, com resolução de 30m. (Projeto MapBiomias, 2023).

Fez-se uso do software livre QGis, versão 3.16.11, para recortar as imagens do MapBiomias dos anos de estudo por meio da máscara do município de Juína, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). Os dados classificados pelo Mapbiomas foram reprojatados para o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS, 2000). As 27 classes do mapeamento gerado pelo Mapbiomas foram reclassificadas em cinco, predominantes e representativas no município: floresta, cerrado, agropecuária, infraestrutura urbana e água, cujas áreas foram quantificadas em hectares (ha) e exportadas para serem analisadas em planilha eletrônica (xlsx.). Os resultados numéricos da reclassificação foram analisados para verificar as mudanças espaço-temporais no uso e cobertura da terra. O objetivo foi compreender o grau de perda e de antropização na área de estudo.

Para corroborar com as análises, empregou-se também dados anuais de área desmatada (ha) de Juína e do Mato Grosso, durante o período de 1987 a 2021, obtidos junto ao Projeto MapBiomias. Dados de concentração de material particulado fino (PM_{2,5}), durante o período de 2000 a 2019, que consiste na maior série histórica disponível, foram analisados para buscar evidências da ocorrência de queimadas no processo de mudança no uso e cobertura da terra e para avaliar os efeitos na qualidade do ar. Os dados de PM_{2,5} foram disponibilizados pelo Sistema de Informações Ambientais integrado à Saúde Ambiental (SISAM), organizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Para análise dos dados das séries temporais de uso e cobertura da terra, área desmatada e concentração de PM_{2,5}, foram calculadas as variações percentuais, valores mínimos, médios e máximos e desvio padrão e elaborados gráficos e tabelas. Buscou-se conhecer as possíveis tendências nas séries temporais, para isso foi realizado o teste estatístico de Mann-Kendall, ao nível de significância de $\alpha=0,05$, utilizando o software R, versão 4.3.1 (R Core Team, 2023).

O teste de Mann-Kendall é um teste não paramétrico de tendência em séries temporais e é utilizado para detectar possíveis tendências estatisticamente significativas em um determinado período (Cabral Júnior; Lucena, 2020). A magnitude das possíveis tendências foi obtida por meio do teste de Sen's slope, ao nível de confiança de 95%. O teste de Sen's slope, ou inclinação de Sen, é utilizado para calcular a inclinação da reta

de regressão dos dados (Sen, 1968). O valor positivo da inclinação de Sen indica uma tendência ascendente ou crescente e um valor negativo dá uma tendência descendente ou decrescente na série temporal (Panda; Sahu, 2019; Mehmood et al., 2024).

A fim de explorar os impactos nos serviços ecossistêmicos hídricos e climáticos, utilizou-se dados secundários de bases de dados oficiais, sendo eles: Precipitação e vazão, disponibilizados no Portal HidroWeb v. 3.2.7, que é uma ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) (ANA, 2023) como proxy de variabilidade hidrológica e de disponibilidade de recursos hídricos na área de estudo. Os dados de precipitação foram coletados na estação 115801 – Fontanillas, durante o período de 1979 a 2020. Para o cálculo da precipitação total anual foram desconsiderados os anos com falhas de dados, permanecendo a série histórica de 1980 a 2019. Os dados de vazão foram coletados na estação fluviométrica 17093000 – Fontanillas, durante o período de 1978 a 2020, com exceção do ano 1990 em que não há dados de vazão mínima e máxima. Estas estações foram selecionadas por terem as maiores séries temporais de dados de precipitação e vazão do município.

Dados de temperatura do ar mínima, média e máxima do período de 1980 a 2020 foram obtidos por meio da base de dados Brazilian Daily Weather Gridded Data (BR-DWGD) para análise da variabilidade temporal e das possíveis tendências de mudanças no clima. A base de dados BR-DWGD contém os dados climáticos do Brasil com uma resolução espacial de $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ e resolução temporal diária e foi escolhida para este estudo por apresentar a maior série temporal disponível para o município (Xavier et al., 2022).

Para análise temporal dos dados de precipitação, vazão e temperatura do ar foram calculadas as variações percentuais, valores mínimos, médios e máximos e desvio padrão. Para estes dados também foi realizada a análise de tendência das séries temporais por meio do teste de Mann-Kendall, ao nível de significância de $\alpha=0,05$ e Sen's slope, ao nível de confiança de 95%.

A fim de explorar os possíveis efeitos na saúde humana, empregou-se a análise temporal de indicadores de saúde. As doenças circulatórias e respiratórias foram escolhidas para este estudo por representarem as principais causas não-externas de óbitos na área de estudo e por serem reportadas na literatura como relacionadas às mudanças no uso e cobertura da terra. O indicador de mortalidade foi selecionado devido à sua maior série histórica de

dados e à capacidade de refletir os desfechos de saúde mais prevalentes no município (DATASUS, 2024).

Para tal, utilizou-se da base de dados do departamento de informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS) para ter acesso aos dados de mortalidade por doenças circulatórias e respiratórias disponibilizados pelo Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), durante o período de 2000 a 2022. Os dados foram referentes aos óbitos de pessoas residentes no município de Juína, classificados segundo os capítulos IX (doenças circulatórias) e X (doenças respiratórias) da Classificação Internacional de Doenças (CID). Os dados de doenças circulatórias abrangem toda população com idade superior a 5 anos. Já os dados de doenças respiratórias referem-se a crianças menores de 5 anos e idosos, com idade acima de 60 anos. Para o cálculo da taxa de mortalidade, utilizou-se dos dados de variabilidade populacional anual também disponibilizados pelo DATASUS (2024).

Com o intuito de analisar os impactos das mudanças no uso e cobertura da terra e alteração dos serviços ecossistêmicos hídricos e do solo e suas implicações na saúde, bem-estar e no clima, foi realizada pesquisa bibliográfica, priorizando os estudos publicados nos últimos 5 anos. As bases de dados utilizadas neste estudo foram: Web of Science, base internacional multidisciplinar de referenciais com resumo, produzida pela Thomson Reuters Scientific e atualmente editada pela Clarivate Analytics; Scopus, base de dados internacional multidisciplinar de referenciais com resumo, produzida e editada pela Elsevier (Portal de periódicos da Capes, 2020).

Resultados e discussão

Mudanças no uso e cobertura da terra em Juína

No ano de 1985 o município apresentava uma área de 2.584.130,5 ha de cobertura florestal, que ocupava cerca de 98% da área total. Assim, tratava-se de uma área com vegetação relativamente intocada que gradativamente foi convertida em formas de uso da terra, em decorrência do processo de ocupação e das atividades econômicas desenvolvidas. Em 2021, a área florestada era de 2.220.522,7 ha, observou-se uma perda florestal de 16% durante o período de estudo (Tabela 1). Os resultados obtidos no teste de Mann Kendall, ao nível de significância de $\alpha=0,05$, demonstraram uma tendência estatisticamente significativa de diminuição das áreas florestadas ao longo dos anos investigados. O

teste de Sen's slope, ao nível de confiança de 95%, corroborou que a tendência de diminuição é de 11.348,6 ha.ano⁻¹, oscilando entre valor mínimo de 13.642, ha.ano⁻¹ e o valor máximo de 10.043,7 ha.ano⁻¹ (Figura 3a e Figura 4) (p=0,0001).

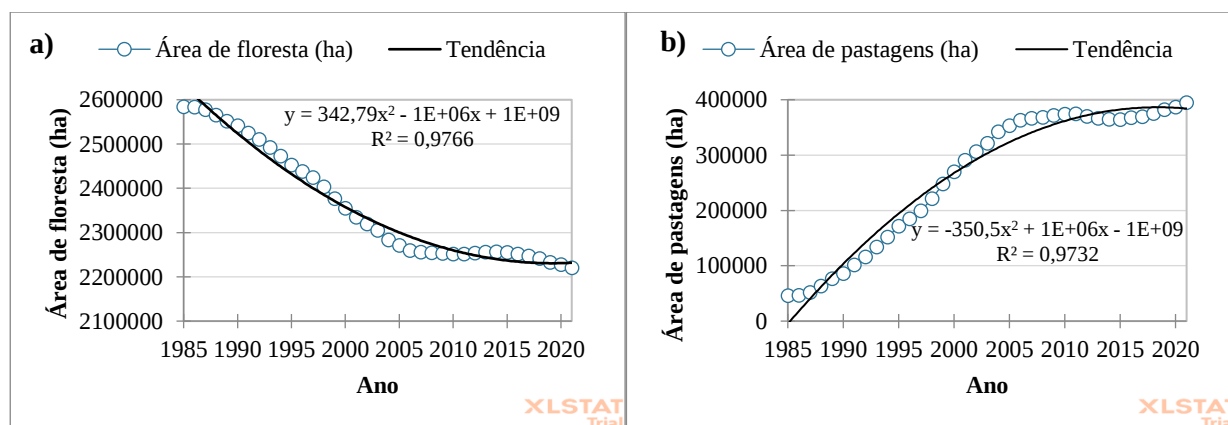
A partir da década de 90, observa-se um aumento nas áreas ocupadas por pastagens (Figura 3b e Figura 4), que em 1990 eram de 85.947,83 ha e em 2000 passaram a ser de 269.626 ha, resultando em um aumento de 32%. A expansão das pastagens impactou diretamente na cobertura florestal, que apresentou uma redução de 8% entre os anos de 1990 e 2000. Em 2021, o município apresentava

uma área de 394.630 ha ocupada por pastagens, com um aumento de 88% ao longo da série histórica. Constatou-se que a tendência de aumento das áreas ocupadas por pastagens é estatisticamente significativa, com base nos resultados do teste de Mann Kendall (p<0,0001). O teste de Sen's slope demonstrou que o aumento médio anual durante o período aqui estudado foi de 10.957,6 ha.ano⁻¹, oscilando entre o valor mínimo de 9.658,3 ha.ano⁻¹ e máximo de 13.362,3 ha.ano. As áreas ocupadas por pastagens representam 15% da área total do município, sendo o uso e cobertura predominante de origem antrópica.

Tabela 1. Variabilidade anual dos tipos de uso e cobertura da terra do município de Juína – MT (%) durante o período de 1985 e 2021.

Classe	1985	1990	2000	2010	2020	2021
Floresta	97,89	96,28	89,21	85,28	84,37	84,12
Cerrado	0,17	0,16	0,16	0,09	0,20	0,18
Áreas agrícolas	0,00	0,01	0,07	0,13	0,43	0,42
Pastagem	1,73	3,26	10,21	14,16	14,65	14,95
Infraestrutura urbana	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08
Mineração	0,00	0,03	0,06	0,07	0,07	0,07
Água	0,17	0,19	0,19	0,17	0,16	0,15
Outras	0,01	0,02	0,04	0,03	0,04	0,03
Total	100	100	100	100	100	100

Fonte: Projeto MapBiomias (2022). Elaboração: os autores.



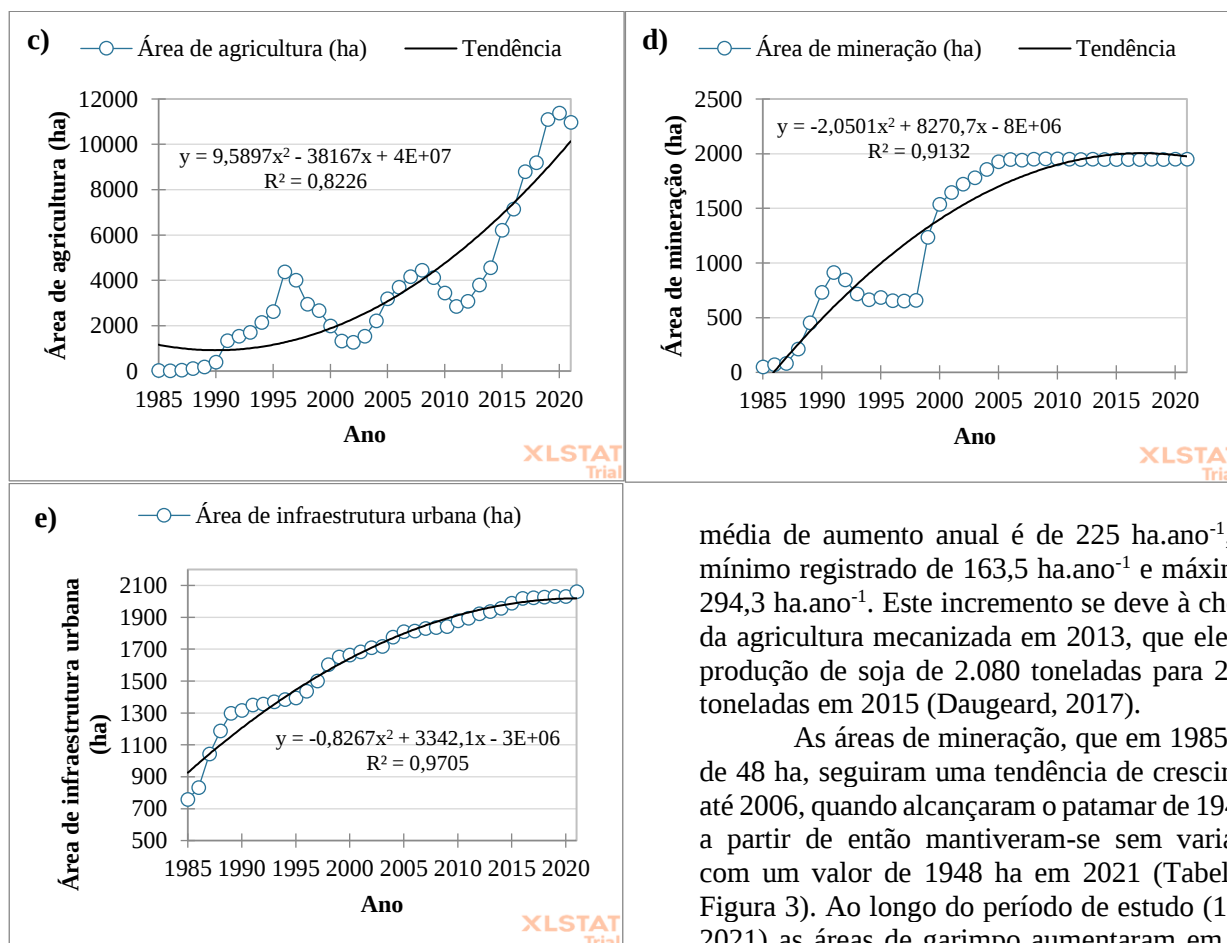


Figura 3. Evolução espaço-temporal (1985 a 2021) do uso e cobertura da terra (ha) no município de Juína – MT: a) Floresta; b) Agricultura; c) Pastagens; d) Mineração; e) Infraestrutura urbana. Fonte: Projeto MapBiomass (2022). Elaboração: os autores

Na última década, observa-se em 2020 o aumento nas áreas ocupadas por agricultura, com 11.368 ha (Figura 3c e Figura 4). O teste de Mann Kendall demonstrou uma tendência significativa de aumento das áreas agrícolas ao longo dos anos no município de Juína ($p < 0,0001$). Especificamente, a

média de aumento anual é de 225 ha.ano^{-1} , com mínimo registrado de $163,5 \text{ ha.ano}^{-1}$ e máximo de $294,3 \text{ ha.ano}^{-1}$. Este incremento se deve à chegada da agricultura mecanizada em 2013, que elevou a produção de soja de 2.080 toneladas para 25.000 toneladas em 2015 (Daugeard, 2017).

As áreas de mineração, que em 1985 eram de 48 ha, seguiram uma tendência de crescimento até 2006, quando alcançaram o patamar de 1947 ha, a partir de então mantiveram-se sem variações, com um valor de 1948 ha em 2021 (Tabela 1 e Figura 3). Ao longo do período de estudo (1985 – 2021) as áreas de garimpo aumentaram em 97%, com uma tendência de aumento médio anual de $55,3 \text{ ha.ano}^{-1}$, constatada no teste de Mann Kendall e Sen's slope ($p < 0,0001$) (Figura 2d).

Com relação às áreas de infraestrutura urbana, observa-se uma tendência significativa de crescimento ($p < 0,0001$) a partir do processo de ocupação, com uma média de crescimento anual de $26,9 \text{ ha.ano}^{-1}$ entre 1985 e 1987 (Tabela 1 e Figura 3). A partir do ano de 2005 as áreas ocupadas por infraestrutura urbana apresentaram baixa variabilidade, com um crescimento médio anual de 0,82% (Figura 3e). Durante o período de estudo foi constatado um aumento de 63% das áreas urbanas, com uma área de 2060 ha em 2021.

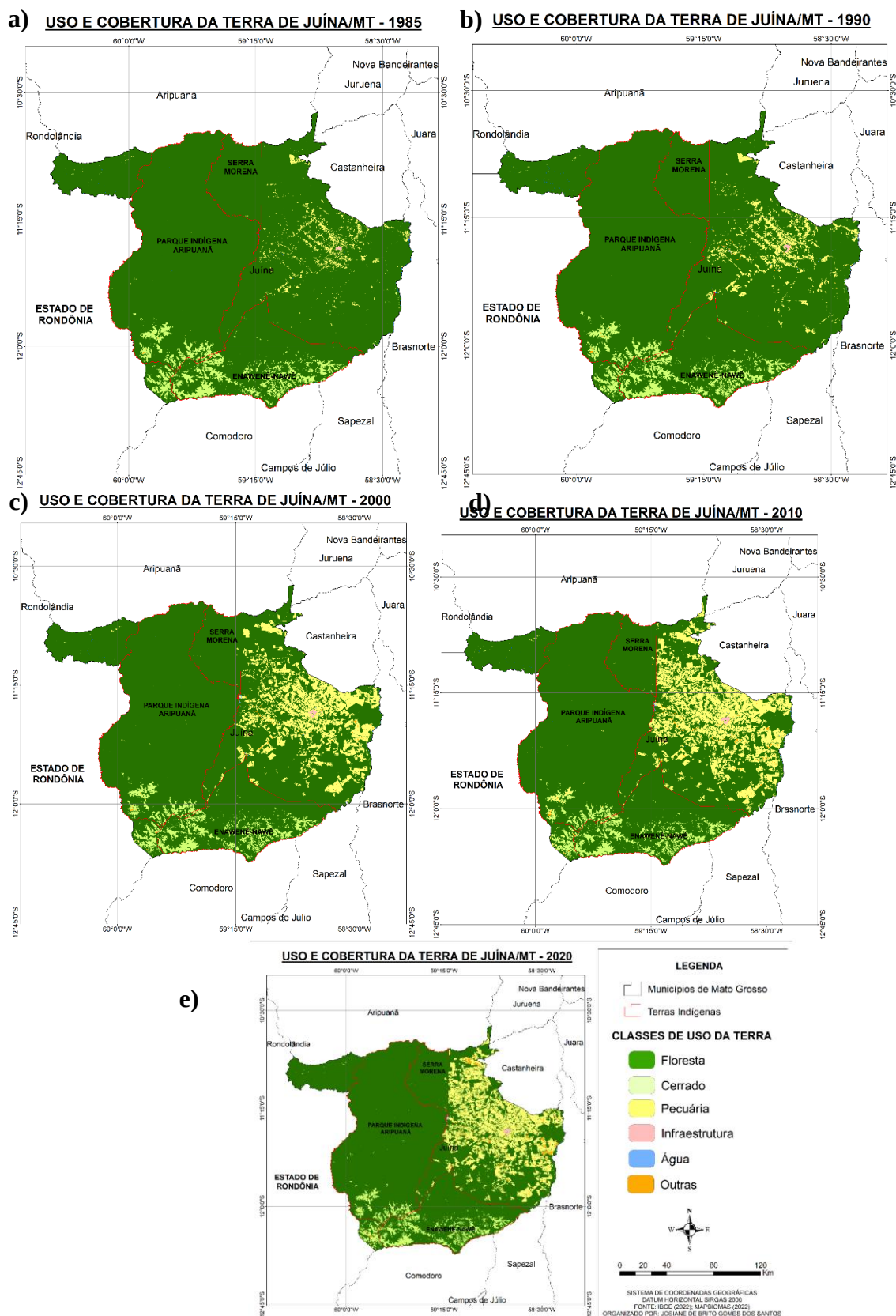


Figura 4. Uso e cobertura da terra do município de Juína – MT, nos anos: a)1985, b) 1990; c) 2000; d) 2010; e) 2020. *A classe de agricultura e a classe de mineração foram agrupadas na classe Outras, devido à suas pequenas áreas, o que não permite a visualização destas nos mapas.

Fonte: Projeto MapBiomas (2022). Elaboração: os autores

A redução da cobertura vegetal é reflexo do processo de ocupação do município de Juína, que seguiu os mesmos moldes dos projetos de colonização implantados na Amazônia a partir de 1970, que resultaram em uma rápida alteração da paisagem natural, com a conversão de áreas florestadas em outros usos da terra (Oliveira; Amaral, 2018). Os colonos recém-chegados na época eram orientados a derrubar a floresta e tornar os lotes produtivos, ao contrário perderiam a posse da terra (Fiori et al., 2013). Diante disso, houve um crescente aumento das áreas desmatadas (Figura 5). Entre os anos de 1985 a 1995, estima-se uma perda de 132 mil hectares de floresta, o que representa 5% da área do município e 2% do desmatamento ocorrido no Mato Grosso durante o mesmo período.

O projeto de ocupação foi concebido para que Juína fosse o polo de produção agrícola na região Noroeste de Planejamento do estado de Mato Grosso. O projeto foi bem-sucedido inicialmente, os lotes foram vendidos rapidamente e milhares de famílias instalaram-se na região, especialmente, no núcleo urbano e nas suas proximidades. No entanto, alguns anos depois, muitos colonos sofriam com as dificuldades de ausência de infraestrutura e assistência técnica, baixa produtividade das terras e dificuldades para comercializar a produção (Santos, 2012).

Diante disso, a atividade madeireira expandiu-se rapidamente, com a instalação de centenas de empreendimentos madeireiros de diferentes portes, desde serrarias pequenas a grandes agroindústrias, que exploravam os abundantes recursos naturais e empregavam a mão de obra local (Joanoni Neto; Guimarães Neto, 2019).

As atividades agrícolas no município se iniciaram na década de 80, com a agricultura familiar, em especial, no plantio de milho, arroz e café, mas não chegaram a ter o êxito almejado no planejamento da ocupação da região. Esta realidade é expressa nos dados de uso e ocupação da terra, que demonstram que em 1985, as áreas agrícolas ocupavam 15 ha (Tabela 1). Com a crise do café, a inflação no início dos anos 1990 e as dificuldades de comercializar os produtos, os agricultores familiares deram início à atividade da pecuária. A agricultura familiar é presente em 85,5% dos estabelecimentos rurais de Juína, porém ocupa uma área mínima de 9,6% da área total rural (Godard et al., 2019).

Outra forma de uso da terra observado no município são áreas ocupadas por mineração. Em 1975 iniciaram as pesquisas da mineradora sul-africana DeBeers, e a partir 1986, espalharam-se

notícias da existência de garimpos de diamantes, na área denominada Linha 3, que se inicia no km 210 da BR 174, estendendo-se até a reserva indígena Cinta Larga. Logo iniciou a chegada de garimpeiros de várias regiões brasileiras, bem como de vários colonos agricultores que deixaram o campo e enveredaram na mineração. Assim, surgiu uma nova classe de uso da terra, constituída pelos diversos garimpos que se formaram ao longo da rodovia BR 174 e Linha 3, localizados no quadrante sudoeste (SW)² do município de Juína. Foram vários garimpos formados, sendo os principais: Juíinha, Juína-Mirim, Juíão, Garimpo do 180, do Porcão, do São Luiz, do Chapadão, do Cinta Larga, do Sorriso, do Arroz e Duas Barras (Santos, 2012).

De acordo com o Informe da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e do Serviço Geológico do Brasil (SGB), Juína é o campo kimberlítico mais importante tanto em quantidade de corpos quanto em potencial diamantífero do estado de Mato Grosso (Nannini et al., 2017). O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) também corrobora que Juína é o principal município produtor de diamantes em termos quantitativos, respondendo por 78% da produção estadual e 52,50% da produção nacional (Lima; Neves, 2018).

Devido à intensa exploração ilegal ocorrida, sobretudo no período de 1987 a 1989, quando a área concentrou mais de 30 mil garimpeiros ilegais, não há dados quantitativos precisos da produção acumulada de diamantes na região de Juína. No entanto, estima-se que a produção tenha atingido valores em torno de 5 a 6 milhões ct/ano no início da década de 1990 (Kaminsky et al., 2001). Em 2014, a produção diamantífera declarada pelos dois maiores produtores nacionais, ambos situados em Juína, foram em torno de 40 mil ct (Nannini et al., 2017), o que demonstra o recente potencial mineral municipal.

A partir do ano de 1992, com o encerramento dos garimpos ilegais, as pessoas voltaram seus esforços para a exploração madeireira e formação de pastagens para a prática da pecuária, o que resultou em um aumento do desmatamento. O ano de 1994 corresponde ao maior desmatamento anual da história do município, quando se registrou a perda de 22,5 mil hectares de floresta em um único ano. Entre 1992 e 2005, houve uma perda florestal de 240 mil hectares em Juína. Esse mesmo padrão de intensificação do desmatamento foi observado em Mato Grosso, com o desmatamento em Juína representando 2% do total desmatado no estado.

A partir de 2005 observa-se uma tendência significativa de redução do desmatamento. Esta redução pode ser atribuída à implementação de políticas de controle e fiscalização ambiental mais rigorosas, visto que este período marca o início de esforços mais significativos para controlar o desmatamento. Em 2004 foi criado o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), e em 2008 o município de Juína foi incluído na lista dos municípios prioritários para prevenção, monitoramento e controle do desmatamento (Ministério do Meio Ambiente, 2020). O período de 2009 a 2015 corresponde ao menor desmatamento da história do município, com uma redução de 84%, o que reforça a importância das políticas de controle do desmatamento.

O teste de Mann Kendall e Sen's slope demonstraram uma tendência de redução do desmatamento ao longo da série histórica de 260,6 ha.ano⁻¹ (p<0,01). Apesar dessa redução no ritmo do desmatamento, ainda há a perda média de 6 mil hectares de florestas por ano no município. Isso implica também na perda dos serviços ecossistêmicos prestados a este sistema socioecológico. E ainda, observa-se um crescente aumento das áreas desmatadas a partir de 2016.

Um outro fator agravante das mudanças no uso e cobertura da terra é o emprego do fogo nas práticas de desmatamento. A maioria das florestas é tipicamente desmatada usando processos de corte e queima. Além disso, as queimadas são utilizadas no manejo das pastagens e representam uma importante ignição para incêndios florestais (Escobar, 2019b). A queima de biomassa resulta na emissão de poluentes atmosféricos, que incluem material particulado, carbono negro e compostos orgânicos voláteis, reconhecidos por seu potencial deletério à saúde humana (Yuan et al., 2022).

A Figura 6 apresenta a variabilidade temporal das concentrações médias de material particulado fino (PM_{2,5}) durante o período de 2000 a 2019 no município de Juína. A concentração média diária foi de 32,8 ± 60,9 µ.m⁻³ (±DP, desvio padrão), o valor mínimo foi de 0 µ.m⁻³, e o valor máximo foi de 495,8 µ.m⁻³ (Figura 6a). As menores concentrações foram sempre nos períodos chuvosos e as maiores foram sempre nos períodos secos, com maior ocorrência nos meses de agosto, setembro e outubro (Figura 6b). A concentração média anual também foi de 32,1 ± 26,1 µ.m⁻³, com média máxima de 96,3 µ.m⁻³, ocorrida no ano de 2002, e média mínima de 11,1 µ.m⁻³, ocorrida no ano de 2013.

As diretrizes globais da qualidade do ar publicadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS) em 2021, estabeleceram os valores limites de concentrações média diária de 15 µg.m⁻³ (média de 24 horas) e média anual de 5 µg.m⁻³ (WHO, 2021). Durante o período de estudo foram registrados no município de Juína 2597 dias com concentrações médias acima do limite estabelecido. As concentrações médias anuais mantiveram-se acima do valor limite durante todos os anos de estudo. A OMS alerta que exceder os níveis das diretrizes de qualidade do ar pode acarretar riscos significativos para a saúde humana (WHO, 2021).

Observa-se que, a variabilidade anual das concentrações de PM_{2,5} seguiu um padrão similar ao do desmatamento anual, o que reforça a conexão entre as mudanças no uso da terra e a poluição atmosférica. As concentrações foram mais elevadas entre os anos 2000 até por volta de 2008, que coincide com o período de redução do desmatamento. Entre 2009 e 2019, a concentração média anual de PM_{2,5} apresenta uma variabilidade mais estável, com flutuações menores. No entanto, observa-se uma tendência de aumento nos anos mais recentes, culminando em valores médios anuais de 22,3 µg.m⁻³ e diários de 384,1 µg.m⁻³, em 2017. Esta realidade reforça a necessidade de uma continuidade e aprimoramento das políticas ambientais para garantir a proteção das florestas e dos serviços ecossistêmicos associados. A revisão e o fortalecimento das estratégias de fiscalização e monitoramento são essenciais para evitar o retrocesso e para enfrentar os desafios emergentes.

A persistência e o aumento das emissões atmosféricas podem ocorrer devido à maior vulnerabilidade das áreas degradadas às queimadas (Escobar, 2019b), o que revela que os efeitos negativos das mudanças no uso e cobertura da terra se perpetuam ao longo do tempo, impactando nos sistemas socioecológicos. Para Oliveira Filho et al. (2022), a variabilidade dos focos de fogo no bioma Amazônia está diretamente ligada às atividades antrópicas, aos interesses econômicos e aos padrões climáticos, principalmente durante a estação seca.

As queimadas empregadas no desmatamento e manejo de pastagens levam à degradação severa dos ecossistemas e perdas de biodiversidade, impactando fortemente nas emissões de gases de efeito estufa, na erosão e perda de nutrientes do solo e na poluição atmosférica (Aragão et al., 2018; Durrer et al., 2021; Jakimow et al., 2023).

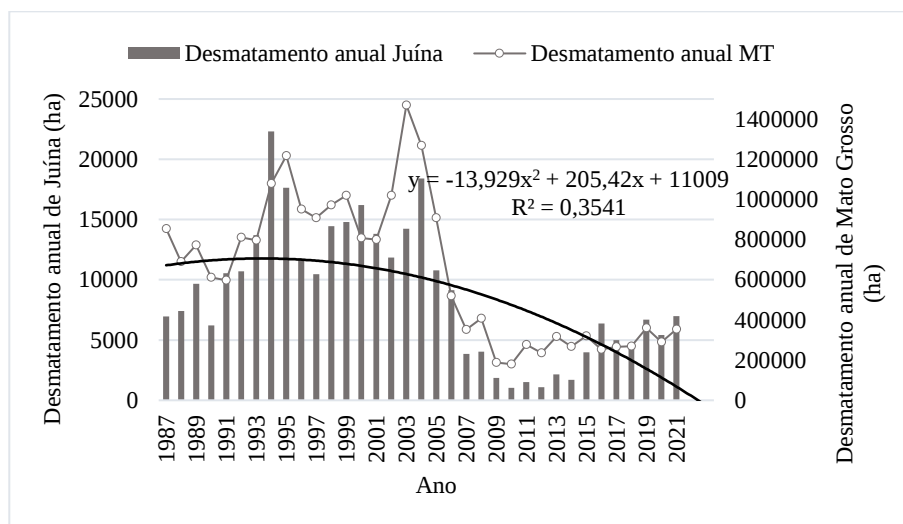


Figura 5. Área desmatada anual em Juína e no Mato Grosso durante o período de 1987 a 2021. Fonte: Projeto MapBiomass (2024). Elaboração: os autores.

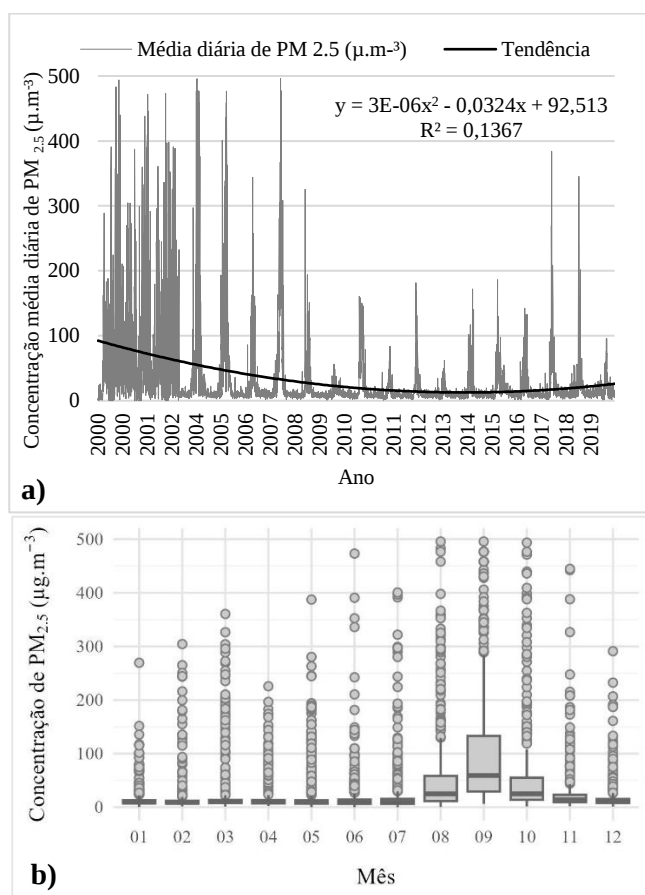


Figura 6. Variabilidade temporal da concentração média diária (a) e média diária mensal (b) de PM_{2,5} no município de Juína – MT, durante o período de 2000 a 2019. Fonte: SISAM (INPE, 2024). Elaboração: os autores

Em síntese, acerca das mudanças no uso e cobertura da terra de Juína, constatou-se que, apesar de o município ter passado por diferentes

atividades econômicas que resultaram em diferentes usos da terra, a mudança predominante é a conversão de áreas florestadas em pastagens para a prática da pecuária. Assim, o município acompanha a mesma tendência de outras áreas do bioma Amazônia, sendo a conversão de floresta em pastagem, a alteração no uso da terra mais difundida na Amazônia (França et al., 2021).

Apesar do crescente avanço das áreas de agricultura intensiva, a pecuária ainda se constitui a principal atividade econômica de Juína, que possui o quarto maior rebanho do estado de Mato Grosso, com um efetivo bovino de 832.043 (IBGE, 2021), estando entre os dez maiores municípios pecuários do Brasil, com um crescimento de 75% entre os anos de 2012 e 2022 (ABIEC, 2022). No entanto, o crescimento econômico decorrente desta atividade econômica não reflete as reais condições de vida da maior parte da população, visto que, apesar de o Produto Interno Bruto (PIB) ser crescente ao longo dos anos, o índice de Gini, que expressa a distribuição de renda em um território, aumentou de 0,59 em 1991 para 0,60 em 2010, denotando a progressiva desigualdade social no município (DATASUS, 2023).

Esta realidade demonstra que os ganhos econômicos decorrentes das mudanças do uso da terra são para uma minoria da população, enquanto os custos ambientais, a perda de capital natural e dos inestimáveis serviços ecossistêmicos e os potenciais impactos na saúde e bem viver são distribuídos para a coletividade, alcançando sobretudo, a parcela da população com maior vulnerabilidade social (Bustamante et al., 2019). Assim, mantém-se o princípio da internalização dos ganhos e externalização dos custos, que

incluem o valor de quaisquer serviços ecossistêmicos perdidos ou reduzidos, e que são pagos pela população com a própria saúde, bem-estar, qualidade e expectativa de vida.

Garret et al. (2021) corroboram que este modelo de desenvolvimento da Amazônia continua a impactar no declínio do vasto capital natural da região sem melhorias proporcionais no bem-estar das comunidades locais. Com isso, Amazônia continua sendo afetada pela perda e degradação florestal, assim como pela alta desigualdade e injustiça ambiental.

Serviços ecossistêmicos

Os resultados deste estudo apontam para alterações nos serviços ecossistêmicos de provisão e regulação hídrica, vitais para a manutenção da vida nos sistemas socioecológicos, afetando o regime, disponibilidade e qualidade das reservas de água. A Figura 7 apresenta a variação da área ocupada por corpos hídricos no município de Juína, segundo os dados do Mapbiomas (2022). Nota-se que a partir de 1985 houve aumento gradual das áreas ocupadas por mananciais superficiais, que seguiu até o ano de 1995.

Após a tendência de aumento do quantitativo hídrico, a partir do ano de 1996, há um decréscimo gradual, resultando em uma redução de 8,70% na disponibilidade hídrica durante o período analisado, sendo que em 1985 a área ocupada por corpos hídricos era de 4402 ha e em 2021 era de 4049 ha. De acordo com Linhares (2005), os impactos hidrológicos provenientes da mudança da cobertura da terra possuem um maior tempo de defasagem em bacias com maiores áreas, como é o caso da bacia do rio Juruena (área de 190.940 km²), onde o município de Juína está inserido, sugerindo um comportamento não linear com o tempo. Assim, o ciclo hidrológico poderá ser afetado somente anos após a mudança no uso e cobertura da terra.

O teste de Mann Kendall demonstrou uma tendência significativa de diminuição das áreas ocupadas por corpos hídricos no município, de em média 35,2 ha.ano⁻¹, oscilando entre uma redução mínima de 22,4 ha.ano⁻¹ e máxima de 50,4 ha.ano⁻¹, de acordo com os resultados obtidos no teste de Sen's slope ($p < 0,0001$).

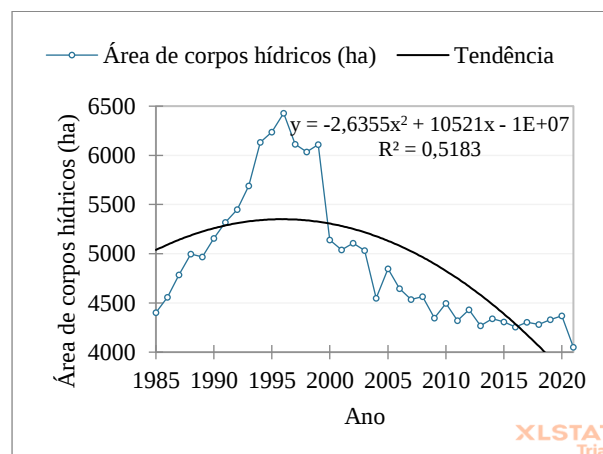


Figura 7. Evolução temporal (1985 a 2021) das áreas ocupadas por corpos hídricos (ha) no município de Juína – MT. Fonte: Projeto MapBiomas (2022). Elaboração: os autores.

A Figura 8 apresenta a variabilidade anual das vazões mínima, média e máxima do rio Juruena, medidas na estação fluviométrica do distrito de Fontanillas, no município de Juína, entre os anos de 1978 e 2021. Constatou-se uma tendência significativa de diminuição da disponibilidade hídrica ao longo da série histórica, por meio do teste de tendência de Mann-Kendall ($p < 0,001$). O teste de Sen's slope demonstrou que tal tendência de redução é em média de 6,11 m³.s⁻¹/ano, com o valor mínimo de 4,3 m³.s⁻¹/ano e máximo de 7,8 m³.s⁻¹/ano.

A alteração no regime hidrológico, que resultou em maior disponibilidade hídrica superficial nos anos iniciais, sugere uma possível resposta à exploração madeireira e ao intenso desmatamento. O que ocorre é que a presença de florestas influencia fortemente na ciclagem de água, propiciando a infiltração no solo, e consequentemente, a recarga de aquíferos e a evapotranspiração. Por outro lado, a remoção florestal, reduz a taxa de infiltração no solo e favorece o escoamento superficial, elevando as vazões dos corpos hídricos, sendo tal aumento diretamente proporcional à taxa de conversão de matas nativas em áreas antropogênicas (Souza et al., 2019). Linhares (2005) também constatou que a remoção de matas nativas na bacia do rio Ji-Paraná (Rondônia) gerou uma resposta rápida no escoamento superficial, na infiltração e consequentemente na vazão hídrica. No entanto, a médio e longo prazo há uma tendência de diminuição da vazão.

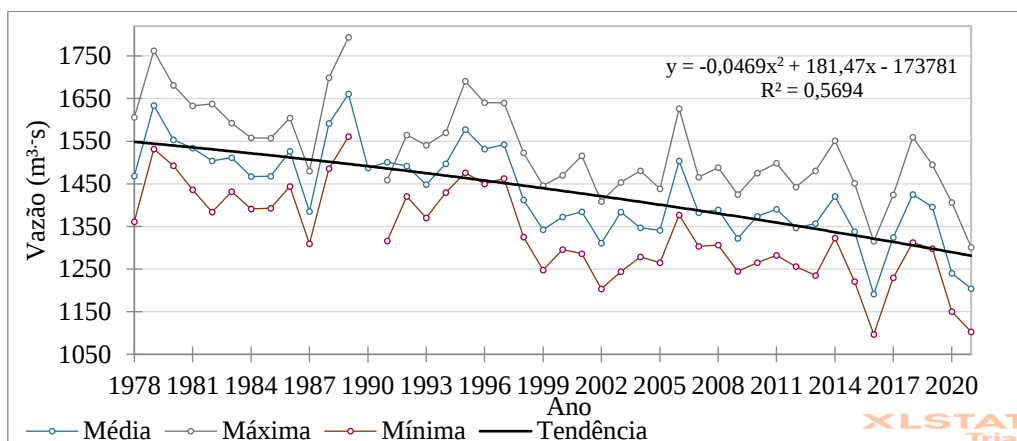


Figura 8. Evolução temporal (1978 a 2021) das vazões mínima, média e máxima ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) do rio Juruena, no município de Juína – MT. A falha no ano de 1990 é devido à ausência de dados de vazões mínima e máxima. Fonte: ANA (BRASIL, 2023). Elaboração: os autores.

A menor disponibilidade hídrica a médio e longo prazo pode estar associado às alterações no ciclo hidrológico decorrentes das mudanças no uso e cobertura do solo. Com a remoção de matas nativas, a taxa de infiltração de água no solo é reduzida, resultando em menores taxas de evapotranspiração, precipitação e, consequentemente, de recarga dos mananciais.

Na Figura 9 é demonstrada a variabilidade temporal da precipitação durante o período de 1980 a 2019. A precipitação média do período foi de $1822,1 \pm 233$ mm, a mínima foi de 1302 mm, registrada no ano de 2017, e a máxima foi de 2507,5 mm, registrada no ano de 1983. Constatou-se uma tendência pluviométrica negativa e significativa ao longo da série histórica, por meio do teste de tendência de Mann-Kendall ($p < 0,0001$). Especificamente, foi observada por meio do teste

de Sen's slope, uma diminuição média anual de 11 mm.ano^{-1} no quantitativo de chuvas no município, com o mínimo de $4,6 \text{ mm.ano}^{-1}$ e o máximo de $17,8 \text{ mm.ano}^{-1}$.

A análise da variabilidade interdecadal da precipitação anual total do município demonstraram uma redução gradual no quantitativo pluviométrico, sendo que no primeiro decênio (1980-1989), a média da precipitação anual total foi de $1665,3 \pm 233$ mm, enquanto no último decênio do período de estudo (2010-2019), a média foi de $1676,9 \pm 210$ mm. O teste de Mann Kendall corroborou que a tendência de diminuição ao longo das décadas é estatisticamente significativa ($p < 0,0001$), com uma redução de 108,1 mm por década, de acordo com o teste de Sen's slope.

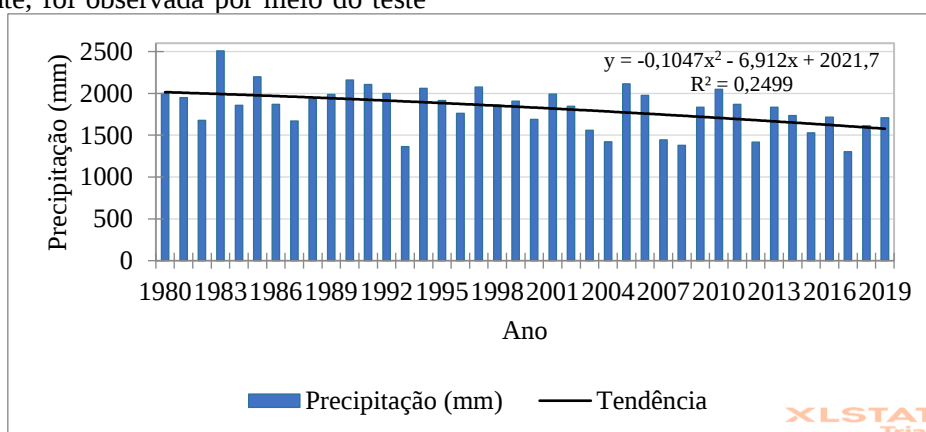


Figura 9. Evolução temporal (1980 a 2019) da precipitação total anual (mm) do município de Juína – MT. Fonte: ANA (Brasil, 2023). Elaboração: os autores

Além dos aspectos hidroclimáticos, é importante analisar a variabilidade temporal de outras variáveis do climáticas. Neste sentido, a Figura 10 apresenta a variabilidade das temperaturas médias, mínimas e máximas anuais

durante os anos de 1980 a 2020 no município de Juína. A temperatura média mínima do ar durante o período de estudo foi de $20,1 \pm 0,6$ °C, a temperatura média foi de $25,9 \pm 0,42$ °C, e a máxima foi de $31,8 \pm 0,6$ °C. Os resultados dos

testes de Mann Kendall e Sen's slope apontaram uma tendência significativa de aumento da temperatura mínima de 0,03 °C ao ano ($p < 0,001$) durante os 41 anos de dados. A temperatura média também apresentou uma tendência significativa de aumento de 0,02 °C ao ano ($p < 0,001$). Não foi constatada uma tendência significativa de aumento

da temperatura máxima. Estes resultados, juntamente com o menor índice pluviométrico aqui apontado, demonstram alterações nos serviços ecossistêmicos relacionados ao clima do município, que podem estar associadas às mudanças no uso e cobertura da terra.

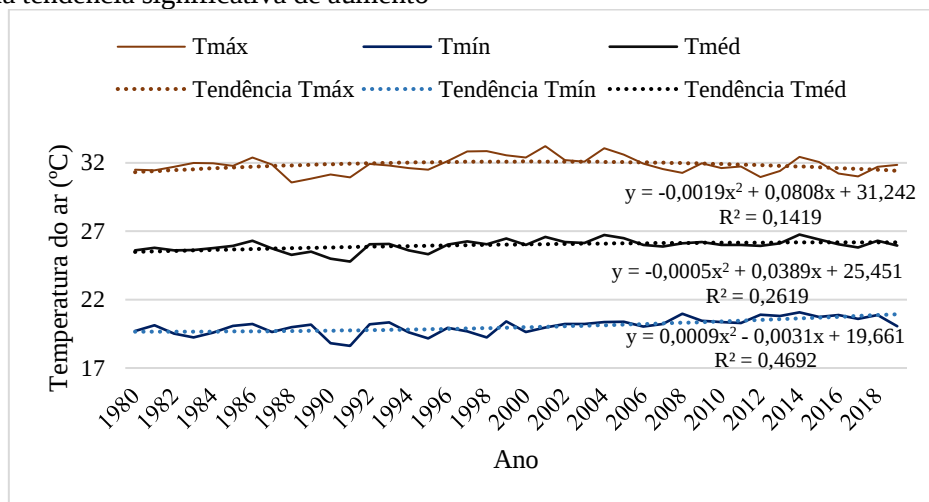


Figura 10. Variabilidade temporal das temperaturas mínimas, médias e máximas do município de Juína – MT, durante o período de 1980 a 2020. Fonte: BR-DWGD (Xavier, 2022). Elaboração: os autores.

As mudanças no clima aqui apontadas são condizentes aos achados apresentados por Bottino et al. (2024), que analisaram os efeitos separados e combinados das mudanças na cobertura vegetal sobre a Bacia Amazônica e o aquecimento global e constataram redução na precipitação e aumento da duração e da temperatura do ar da estação seca.

Os resultados aqui apresentados são consonantes com os demonstrados por recentes estudos desenvolvidos na região amazônica que também indicaram tendências pluviométricas negativas, relacionadas ao desmatamento e às mudanças no uso da terra, com uma redução média na precipitação de 5 mm por ano na Amazônia Legal (Lira et al., 2022; Mu; Jones, 2022). Moreira et al. (2023) evidenciaram uma tendência negativa de cerca de 56% na precipitação mensal no estado de Rondônia. Tais resultados sugerem mudanças substanciais no hidroclima amazônico e uma elevada vulnerabilidade a futuras mudanças na cobertura da terra.

Reygadas et al. (2023) analisaram os efeitos do desmatamento e da degradação florestal em indicadores de serviços ecossistêmicos no Sudoeste da Amazônia, e constataram que as taxas mensais de precipitação e evapotranspiração foram até 25% e de 15% a 48% respectivamente, menores em áreas desmatadas e degradadas do que em áreas de florestas intactas. Tais alterações refletem em

mudanças no regime hidrológico, como no aumento de vazões máximas, que resultam em inundações, e na diminuição de fluxos lentos, responsáveis pela recarga de mananciais subterrâneos e superficiais (Pontes et al., 2022).

Não obstante, é importante ponderar que a variabilidade espaço-temporal da precipitação e as tendências em todo o domínio amazônico são muito heterogêneas. No estudo desenvolvido por Haghtalab et al. (2020) na Bacia Amazônica durante os anos de 1982 a 2019 foi demonstrada esta variabilidade nas mudanças ocorridas na precipitação pluviométrica. As áreas com maior pluviosidade tornaram-se significativamente mais úmidas, com um aumento de 182 mm de precipitação por ano, enquanto, nas regiões leste e sul, onde o desmatamento é generalizado, há uma tendência significativa de seca. Em suma, ao longo do período de 37 anos, as áreas mais úmidas estão tendendo a ser ainda mais úmidas e as áreas mais secas estão tendendo a ser ainda mais secas.

Estas mudanças na pluviometria têm o potencial de causar riscos hidrológicos e climáticos, com secas e inundações mais extremas (Lira et al., 2022). Para Casagrande et al. (2021), preservar a extensão e a integridade das florestas tropicais é cada vez mais crucial para possibilitar o funcionamento regular dos ciclos hidrológicos em escala local, regional e global.

As mudanças no regime hidrológico, incluindo a redução de precipitação, induzidas pela perda florestal, têm implicações importantes para os sistemas socioecológicos e para a floresta tropical remanescente. A menor quantidade de chuvas aliada à menor taxa de infiltração de água no solo, característica em áreas de pastagens, pode impactar na menor disponibilidade hídrica nos reservatórios subterrâneos, afetando a sustentação de serviços ecossistêmicos dependentes deste importantíssimo recurso natural (Brito et al., 2022; Klove et al., 2014).

Além disso, os ecossistemas lóticos também são potencialmente afetados com mudanças na composição do substrato, na qualidade da água e na biodiversidade (Leitão et al., 2018; Benone et al., 2020). Soares et al. (2023) corroboram que em geral, há redução da vegetação ripária, que serve como habitat e recursos tróficos para organismos aquáticos, o que afeta negativamente o equilíbrio ecológico e ambiental. Essas mudanças afetam negativamente as comunidades aquáticas, reduzindo a riqueza e abundância de espécies e alterando sua composição taxonômica e funcional.

As mudanças na hidrologia amazônica são bastante preocupantes diante dos impactos em níveis local, regional e global, visto que a umidade desta região é essencial para o bem-estar humano e para a formação de chuvas no sudeste da América do Sul, mesmo na estação seca. Lovejoy e Nobre (2018) buscaram compreender o quanto de desmatamento seria necessário para fazer com que o ciclo hidrológico se degradasse a ponto de ser incapaz de suportar ecossistemas de floresta tropical. Os resultados evidenciaram que se essas sinergias negativas entre desmatamento, degradação e mudanças climáticas persistirem, com um ponto de inflexão de 20% a 25% de desmatamento, pode ser esperado um colapso da Amazônia Oriental, Meridional e Central, com a transição da floresta para uma vegetação propensa à seca, processo conhecido como savanização amazônica.

Para Marengo e Souza Júnior (2018), as mudanças climáticas na Amazônia estão acontecendo e produzindo impactos. Nos últimos 40 anos observou-se um aquecimento de 0,6-0,7 °C e, pode ser esperado um aumento de cerca de 5,8 °C até 2100. Quanto maior for o aquecimento, maiores serão os impactos futuros e riscos aos sistemas socioecológicos, incluindo possíveis danos irreversíveis em ecossistemas, na biodiversidade, na produtividade agrícola, na economia, na saúde e qualidade de vida. Os riscos sobre a Amazônia são decorrentes das interações

sinérgicas existentes entre as mudanças climáticas, o desmatamento, a fragmentação da floresta e as queimadas.

As florestas e solos amazônicos contêm cerca de 180 ± 30 Gt de carbono (GtC); aproximadamente metade deste carbono é armazenado sob a forma de biomassa vegetal e a outra metade permanece como reservas de carbono do solo. Assim, a remoção florestal e mudanças no uso da terra amazônica representam uma elevada liberação de carbono para a atmosfera, com consequências adversas que se estendem além da Amazônia para todo o sistema terrestre (SPA, 2021).

Gatti et al. (2023) constataram que as emissões de carbono da Amazônia aumentaram de uma média de $0,24 \pm 0,08$ PgC ano⁻¹ em 2010-2018 para $0,44 \pm 0,10$ PgC ano⁻¹ em 2019 e $0,52 \pm 0,10$ PgC ano⁻¹ em 2020, como resultado do aumento do desmatamento (82% e 77%) e da área queimada (14% e 42%) nos mesmos períodos estudados. As perdas de carbono durante 2019-2020, período a qual não houve um evento de seca extrema, foram comparáveis às do recorde de El Niño (2015-2016). Para os autores, esses resultados são reflexo do enfraquecimento na aplicação das políticas de proteção ambiental ocorrido no Brasil a partir do ano de 2019.

Os impactos das mudanças no uso da terra sobre a microbiota e o ciclo de carbono, têm sido reportados por diversos pesquisadores (Khan et al., 2019; Pedrinho et al., 2019; Meyer et al., 2020; Alves et al., 2022; Danielson; Rodrigues, 2022; Pedrinho et al., 2023), incluindo o metano (CH₄), que é o segundo gás de efeito estufa mais importante na atmosfera, com potencial de reter radiação infravermelha entre 25 e 34 vezes mais do que o CO₂ (Ciais et al., 2013).

Venturini et al. (2022) constataram que a mudança na cobertura da terra de floresta para pastagem aumentou significativamente as emissões de CH₄ do solo e causou alterações significativas na composição e diversidade de microrganismos envolvidos na sua ciclagem. Assim, a conversão de floresta em pastagem tem um impacto significativo nas comunidades microbianas do solo e pode afetar a capacidade do ecossistema de regular a emissão de gases de efeito estufa.

Diante do contínuo aumento do desmatamento da Amazônia, estas alterações nos fluxos de gases de efeito estufa são preocupantes quanto aos seus efeitos futuros e suas consequências em diferentes escalas. Além disso, os impactos das mudanças no uso da terra no ciclo

desses gases podem até ser amplificados pelas mudanças climáticas (Alves et al., 2022).

Com o intuito de compreender os impactos das mudanças climáticas no bem-viver de povos tradicionais amazônicos, Vasconcelos et al. (2022) analisaram a percepção dos moradores de quatro comunidades ribeirinhas do baixo Rio Negro, no estado do brasileiro do Amazonas, sobre as mudanças climáticas ocorridas na região frente aos registros meteorológicos históricos do local. Os resultados demonstraram que para o povo ribeirinho, as chuvas estão diminuindo e há unanimidade na percepção de que o aumento da temperatura é uma realidade que tem afetado seu modo de vida no trabalho, na educação, na saúde e na alimentação. As mudanças no clima podem impactar na produção agrícola, bem como na economia, devido à redução do tempo de trabalho e de produtividade, acarretando riscos de insegurança alimentar às populações que vivem de subsistência.

Efeitos na saúde humana e qualidade de vida

Albert et al. (2023) corroboram que as consequências do desmatamento e mudanças no uso da terra da Amazônia vão além das perdas de biodiversidade, e incluem consequências múltiplas e catastróficas para a saúde e bem-estar humano, incluindo a insegurança hídrica e alimentar generalizada, que podem levar a migrações em massa e instabilidade política.

A Figura 11 apresenta a evolução temporal das taxas anuais de mortalidade por doenças circulatórias e respiratórias, na população residente em Juína, durante o período de 2000 a 2022. Estas duas causas figuram entre as causas mais prevalentes de óbitos no município. As doenças do aparelho circulatório (CID I00-I99), que incluem as doenças hipertensivas, cardíacas e cerebrovasculares constituem-se a principal causa de óbitos no município.

Durante o período de 2000 a 2022 foram registrados 1431 óbitos por doenças circulatórias, na população com idade acima de 5 anos. A taxa média de mortalidade foi de $1,72 \pm 0,26$ óbitos/1000 hab., sendo superior à do estado de Mato Grosso, que é de $1,35 \pm 0,05$ óbitos/1000 hab., e similar à do Brasil, que é de $1,78 \pm 0,08$ óbitos/1000 hab.

O teste de Mann Kendall demonstrou uma tendência significativa de aumento da taxa de mortalidade por agravos circulatórios ($p < 0,005$) ao longo dos anos, sendo este aumento de 0,02 óbitos/1000 hab. por ano, de acordo com os resultados do teste de Sen's slope.

As doenças do aparelho respiratório (CID J00-J99) foram responsáveis por 378 óbitos de crianças (menores do que 5 anos) e idosos, durante o período de 2000 a 2022, com taxa média de mortalidade de $2,28 \pm 0,86$ óbitos/1000 hab. A taxa média do município é superior à do estado do Mato Grosso, que é de $2,09 \pm 0,32$ óbitos/1000 hab. Em comparação com o cenário nacional, a taxa média de mortalidade por doenças respiratórias em Juína é inferior à taxa média do Brasil, que é de $2,73 \pm 0,35$ óbitos/1000 hab., para os mesmos agravos, grupos etários e período.

Os resultados do teste de Mann Kendall, demonstraram a tendência significativa de aumento da taxa de mortalidade por doenças respiratórias em crianças e idosos no município de Juína ao longo dos anos ($p < 0,0001$). Estima-se que a cada ano ocorra o aumento de 0,10 óbitos/1000 hab., de acordo com os resultados do teste de Sen's slope.

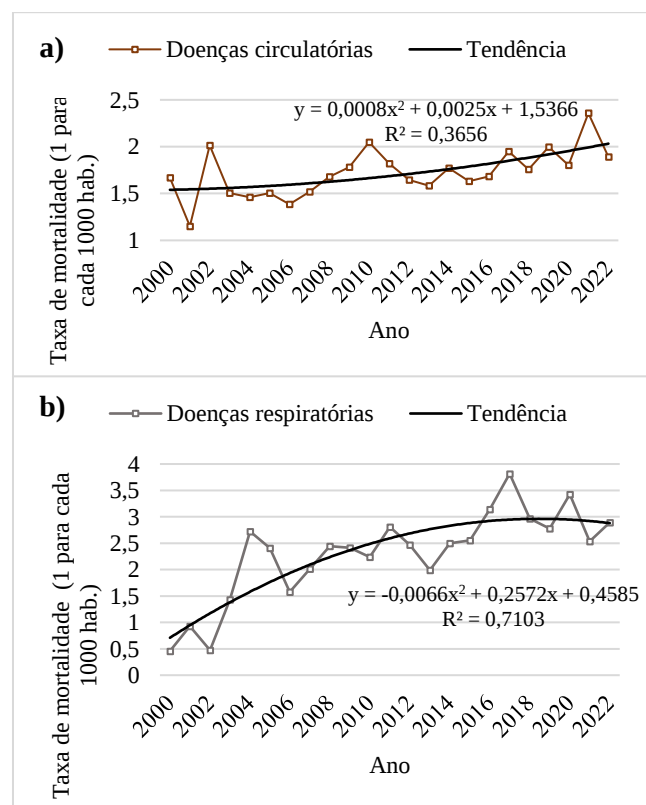


Figura 11. Evolução temporal das taxas anuais de mortalidade por: a) Doenças do aparelho circulatório, em indivíduos com idade acima de 5 anos e b) Doenças do aparelho respiratório, em crianças menores de 5 anos e idosos, no município de Juína – MT, durante o período de 2000 a 2022. Fonte: DATASUS (2024). Elaboração: os autores

Diversos estudos têm apontado o aumento do risco de morbidade e mortalidade por doenças cardiovasculares em decorrência dos efeitos

mudanças climáticas (Romero et al., 2022; Requia et al., 2023; Silveira et al., 2023; Vita et al., 2024).

Silveira et al. (2023) evidenciaram que as mudanças no clima amazônico têm implicações significativas na saúde pública. Em um estudo que incluiu 32 municípios da Amazônia brasileira, constatou-se que as ondas de calor aumentaram o risco de mortalidade por todas as causas não externas, sobretudo por doenças cardiovasculares. A intensidade da onda de calor demonstrou ser mais importante na determinação do risco do que a duração, e as pessoas idosas e as mulheres são as que apresentam maior vulnerabilidade aos riscos.

Em um estudo semelhante, Montenegro et al. (2022) constataram um elevado aumento nos riscos de mortalidade relacionados ao aumento do calor no Equador. Assim, o aumento do calor induzido pela remoção da cobertura florestal pode acarretar efeitos negativos e significativamente duradouros na saúde e bem-estar humano. Esses efeitos dependem de interações entre múltiplos fatores, incluindo a gravidade e a frequência de eventos de temperaturas extremas, bem como a vulnerabilidade biológica e social das populações expostas.

Alves de Oliveira et al. (2021) demonstraram isso, ao analisar dois cenários de mudanças climáticas (RCP4.5 e RCP8.5) e os riscos à saúde, considerando o índice de vulnerabilidade social (IVS) dos municípios brasileiros. Os resultados sugeriram que o estresse térmico decorrente dos efeitos da savanização amazônica pode exceder o limite de adaptação humana até o ano 2100 e a população mais afetada é a da região norte, que é a que apresentou maior vulnerabilidade social, refletida por fragilidades no sistema de saúde e educação, infraestrutura urbana, trabalho e renda. Isso reforça a relação entre o desmatamento e o aumento da desigualdade e da vulnerabilidade, que atuam sinergicamente com os efeitos das mudanças climáticas, aumentando ainda mais a demanda por serviços de saúde e de assistência social na região amazônica brasileira.

Para Romero et al. (2022), o aumento do calor eleva o risco de anos potenciais de vida perdidos (AVPP) a curto e médio, sendo necessária a inclusão de medidas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas como políticas públicas de proteção à saúde.

Além dos riscos relacionados ao aumento do calor, há os riscos da exposição à poluição atmosférica, decorrentes da queima de biomassa (Sheehan et al., 2024). O material particulado emitido pelas queimadas na região amazônica pode penetrar no alvéolo pulmonar, atingindo o sangue, acumular-se em outros órgãos

humanos, expondo a população a um risco aumentado de mutações genéticas, danos no DNA, doenças inflamatórias e cancerígenas (Oliveira Alves et al., 2017; Oliveira Galvão et al., 2018).

Ademais, a exposição à poluição do ar por material particulado está fortemente associada ao aumento das internações hospitalares por doenças respiratórias e cardiovasculares, com os efeitos mais pronunciados entre crianças e idosos (Roux et al., 2020; Fernandes et al., 2021; Jacobson et al., 2021; Caumo et al., 2022; Rocha; Sant'Anna, 2022). Os resultados do estudo desenvolvido por Ye et al. (2022) sugeriram que a exposição de curto prazo ao material particulado de incêndios florestais está associada ao aumento dos riscos de mortalidade por todas as causas, cardiovasculares e respiratórias, mesmo para populações que vivem mais longe das áreas queimadas.

A OMS, por meio de uma robusta revisão das evidências científicas sobre os efeitos da exposição aos poluentes atmosféricos na saúde humana, concluiu que a exposição a uma concentração média anual de $PM_{2.5}$ acima de $5 \mu g/m^3$ está associada a um aumento de 11% no risco de mortes por doenças circulatórias, de 10% no risco de mortes por câncer de pulmão e de 12% no risco de mortes por outras doenças respiratórias. Além disso, a exposição de curto prazo (24 horas) a concentrações maiores que $10 \mu g/m^3$ de $PM_{2.5}$, está associada ao aumento da mortalidade por doenças cardiovasculares, cerebrovasculares e respiratórias (WHO, 2021). Há ainda evidências de que essa associação persiste mesmo em níveis mais baixos de exposição (Orellano et al., 2020).

Estudos demonstraram que no ano de 2019 a incidência de doenças respiratórias na porção sul da Amazônia aumentou substancialmente em resposta ao elevado aumento dos focos de queimadas registrado neste ano (Barcellos et al., 2019; De Oliveira et al., 2020). Estima-se que em 2019 houve um total de 2.195 internações por doenças respiratórias ligadas à poluição do ar na Amazônia brasileira e um custo total de US\$ 1,4 milhão (Sant'Anna et al., 2020).

Butt et al. (2020) estimaram que a prevenção de incêndios na Bacia Amazônica seria capaz de evitar 16.800 mortes prematuras e 641.000 anos de vida ajustados por incapacidade (DALYs), que representam a soma dos anos de vida perdidos por mortalidade prematura mais os anos vividos com uma incapacidade devido a doenças ou condição de saúde em uma população.

É importante ponderar que o desmatamento na Amazônia impacta também na incidência de doenças infecciosas, como malária, leishmaniose, hantavirose, raiva,

paracoccidioidomicose e doença de Chagas. Os mecanismos envolvidos na incidência incluem, a perda de habitat, que leva ao transbordamento de patógenos, a inundação e contaminação da água por mudanças no ciclo hidrológico e o aumento de hospedeiros humanos e animais (Ellwanger et al., 2022).

As evidências aqui apontadas demonstram a indissociável relação entre o desmatamento, as mudanças no uso da terra e os impactos nos serviços ecossistêmicos. Ellwanger et al. (2020) corroboram que estes impactos aumentam as desigualdades socioeconômicas e afetam a saúde e qualidade de vida nos sistemas socioecológicos, sobretudo às populações mais vulneráveis, comunidades indígenas, ribeirinhas e urbanas, em escala local, alcançando até mesmo a saúde planetária, em uma perspectiva mais ampla.

As estratégias para reverter esse quadro destrutivo são bastante difundidas, porém pouco implementadas. Se a causa principal de todo este cenário é o desmatamento desenfreado, resultado deste modelo de desenvolvimento, a medida primordial para preservar a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos e proteger a saúde e bem-estar humano continua sendo o controle do desmatamento e a restauração florestal. É urgente que sejam priorizadas atividades econômicas que mantenham as florestas em pé, valorizando os seus inestimáveis serviços ecossistêmicos globais e regionais.

Para tal, é preciso que haja o apoio a economias e as práticas agropecuárias sustentáveis e igualitárias (De Oliveira et al., 2020), e isto requer o desenvolvimento de políticas e estratégias ambientais que envolvam comunidades locais e governos, empenhados no objetivo comum de promover o uso sustentável da terra, a restauração e a conservação florestal. Para Alves et al. (2021), a maior efetividade na conservação ambiental só é alcançada se estratégias participativas e inclusivas forem adotadas e implementadas pelos órgãos governamentais e não governamentais.

Algumas medidas práticas para o controle do desmatamento e de seus efeitos negativos são o fortalecimento dos órgãos ambientais, o aprimoramento das tecnologias para monitoramento dos programas de redução de desmatamento, a melhoria na integração das políticas agrárias e ambientais, a integração da fiscalização ambiental entre os governos federal, estaduais e municipais, a melhoria na transparência das cadeias globais de suprimentos (Carvalho et al., 2019), a implementação de estratégias de restauração florestal e recuperação de áreas degradadas e o fortalecimento da educação

ambiental, para despertar os consumidores a cobrarem por produtos e serviços ambientalmente adequados.

É de suma importância também continuidade e aprimoramento de estudos científicos que integrem as mudanças no uso e cobertura da terra, os serviços ecossistêmicos e indicadores de saúde, de modo a analisar as correlações existentes e os riscos relativos à saúde, considerando diferentes grupos vulneráveis, incluindo as vulnerabilidades institucionais, sociais, ambientais e econômicas

Várias instituições no Brasil têm responsabilidade nesse sentido, visto que o país é detentor do maior território amazônico, e, portanto, deve ter o compromisso de avançar institucionalmente, ambiental, tecnológica e socialmente pela gestão e melhoria contínua deste importante patrimônio (Ellwanger et al., 2020).

O governo brasileiro precisa urgentemente de um programa com abordagens abrangentes e integradas para enfrentar os desafios na região, tendo a restauração, conservação e preservação ambiental como prioridade, em escala municipal, estadual e federal. Não obstante, diante da enorme importância dos serviços ecossistêmicos prestados pela Amazônia para o equilíbrio climático global e para a saúde planetária, é imprescindível que haja a união dos esforços globais para a sua conservação.

Ravikumar et al. (2018) sugerem que a comunidade ambiental global precisa reconhecer detalhadamente as dimensões políticas da governança do uso da terra para que sejam estabelecidas coalizões para mudanças efetivamente transformadoras que reduzam o desmatamento e contribuam com as populações locais. A problemática do desmatamento e degradação florestal, e suas consequências para a justiça social, ambiental e econômica, é fundamentalmente política. Logo, as soluções para tais questões são também políticas. Albert (2023) corrobora que as políticas necessárias para evitar os piores desfechos foram identificadas, mas a implementação é uma questão de liderança e vontade política.

Para alcançar um desenvolvimento sustentável na Amazônia, faz-se necessária uma mudança de paradigma capaz de consolidar as mudanças culturais, sociais e econômicas que rompam a crença de que o desenvolvimento econômico na Amazônia depende do desmatamento. É preciso ampliar o entendimento de que este bioma tem um valor para a sociedade que é muito maior do que os lucros obtidos por

atividades econômicas destrutivas (Carvalho et al., 2019).

Os serviços ecossistêmicos precisam ser reconhecidos como determinantes em saúde, e valorizados por seu alto potencial para manter o equilíbrio socioecológico, climático, hídrico, cultural e ecológico, garantindo qualidade de vida e melhoria de saúde e bem-estar aos povos da região e do Brasil.

Para essa transformação estrutural acontecer é urgente a melhoria da governança florestal, socioambiental e fortalecimento da economia agroflorestal, reduzindo os incentivos ao desmatamento e à degradação, e criando novas oportunidades duradouras de restauração e melhoria dos meios de subsistência rurais e urbanos. Essas iniciativas devem ser inclusivas e equitativas, permitindo a participação e o empoderamento das comunidades locais, de modo a promover a justiça ambiental (Garret et al., 2021).

Conclusão

A cobertura vegetal no município de Juína, durante os anos de 1985 a 2021, vem sendo alterada por fortes pressões econômicas, evidenciando que o município segue o mesmo modelo de desenvolvimento das demais regiões da Amazônia Legal, que priorizam a exploração do capital natural, com um rápido retorno econômico, e negligenciam os benefícios obtidos pelos serviços ecossistêmicos da floresta, que refletem em saúde, bem-estar, qualidade e expectativa de vida nos sistemas socioecológicos.

Os usos da terra do município (pecuária, agricultura, mineração e infraestrutura urbana), demonstraram tendência significativa de aumento ao longo da série histórica, com maior destaque para as áreas de pastagens. Constatou-se que apesar de não apresentar grande representatividade no município, as áreas agrícolas têm apresentado uma significativa tendência de crescimento, resultado da nova frente agrícola, que busca expandir a agricultura intensiva e extensiva, principalmente de soja, na região noroeste do Mato Grosso, anteriormente marcada pela pecuária e agricultura familiar. As modificações no uso e cobertura da terra do município podem impactar importantes serviços ecossistêmicos vitais para a estabilidade ecológica, climática, ambiental e para a manutenção da vida humana com saúde e bem-estar.

Observou-se alterações nos serviços ecossistêmicos de provisão e regulação hídrica, com uma tendência significativa de redução da precipitação ao longo da série histórica, assim como na vazão hídrica e nas áreas ocupadas por

corpos hídricos. Este fato sugere que este sistema socioecológico já apresenta impactos na disponibilidade hídrica, que podem não ser tão percebidos pela população do município, diante da abundância ainda presente. No entanto, essa realidade é preocupante, visto que em 2023, a Amazônia experimentou uma das maiores secas já documentadas, e a literatura aponta que as secas prolongadas tendem a ser o “novo normal” se as emissões de gases de efeito estufa continuarem como no cenário atual. Estas mudanças na hidrologia podem comprometer e aumentar os riscos hidrológicos e climáticos, com secas e inundações mais severas, que resultaria em fortes impactos sociais, ambientais, econômicos e à saúde das populações da região e, principalmente, do município.

Observou-se ainda uma tendência de aumento da temperatura do ar mínima e média, que associada à redução observada na pluviometria, revela mudanças no clima do município.

Com relação à saúde, observou-se uma tendência significativa de aumento das taxas de mortalidade por doenças dos sistemas circulatório e respiratório ao longo dos anos no município de Juína, que sugere uma deterioração preocupante do quadro de saúde pública local.

Os resultados deste estudo, que incluem a diminuição da cobertura florestal, aumento de pastagens, alterações nos serviços ecossistêmicos e no clima e aumento das taxas de mortalidade por doenças circulatórias e respiratórias, reforça a necessidade de uma abordagem integrativa, interdisciplinar e intersetorial que transcenda as fronteiras tradicionais entre os setores de saúde e meio ambiente. É fundamental a implementação de políticas públicas que integrem a saúde ecossistêmica e humana, considerando os serviços ecossistêmicos como determinantes da saúde.

A necessidade eminente é de uma mudança de paradigma que quebre a dicotomia entre o desenvolvimento e a conservação ambiental, demandando a melhoria da governança do uso da terra e o fortalecimento da economia agroflorestal, de modo a reduzir a perda e degradação das florestas tropicais e a valorizar os seus inestimáveis serviços ecossistêmicos regionais e globais. Essa parece ser a única possibilidade de alcançarmos alguns dos propósitos dos ODS.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) e ao Instituto Federal de Educação,

Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) pela oportunidade de estudo. Ao Programa de Pós-graduação em Saúde Pública e Meio Ambiente da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (ENSP) da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) pela oportunidade de participar de disciplinas abertas a estudantes de pós-graduação de outras instituições. À Rede Clima e ao CNPq pelo suporte financeiro (convênio FINEP/Rede CLIMA 01.13.0353-00). SS. Hacon agradece ao CNPq pela Bolsa de Produtividade, processo número 312901/2021-6.

Referências

- ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. (2023). Beef Report: perfil da pecuária no Brasil. Brasília. Disponível em <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2023/>. Acesso em: 19 jun. 2024.
- AEM. Avaliação Ecosistêmica do Milênio, 2005. Ecosystems and human well-being: Synthesis; a report of the Millennium Ecosystem. Island Press - World Resources Institute, Washington.
- Albert, J.S., Carnaval, A.C., Flantua, S.G.A., Lohmann, L.G., Ribas, C.C., Riff, D., Carrillo, J.D., Fan, Y., Figueiredo, J.J.P., Guayasamin, J.M., Hoorn, C., Melo, G.H., Nascimento, N., Quesada, C.A., Ulloa, C.U., Val, P., 4arieira, J., Encalada, A.C., Nobre, C.A., 2023. Human impacts outpace natural processes in the Amazon. *Science* 379, 6630. doi: 10.1126/science.abo500.
- Albert, E., Anne, R.L.G., Glorennec, P., 2024. Leisure gardening and health: an overview of reviews in developed countries to inform integrated environmental health impact assessments. *Environmental Advances* 16, 100538. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2024.100538>.
- Alencar, A., Silvestrini, R., Gomes, J., Savian, G., 2022. Amazônia em chamas: o novo e alarmante patamar do desmatamento na Amazônia. Nota técnica nº 9. Amazônia em Chamas. IPAM, Brasília, pp. 1-21.
- Alves de Oliveira, B.F., Bottino, M.J., Nobre, P., 2021. Deforestation and climate change are projected to increase heat stress risk in the Brazilian Amazon. *Communications, Earth and Environmental* 2(207). <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00275-8>.
- Alves, K.J., Pylro, V.S., Nakayama, C.R., Vital, V.G., Taketani, R.G., Santos, D.G., Rodrigues, J.L.M., Tsai, S.M., Andreote, F.D., 2022. Methanogenic communities and methane emissions from enrichments of Brazilian Amazonia soils under land-use change. *Microbiological Research*, 265, 127178. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127178>.
- Alves, M.T.R., Piontekowski, V.J., Buscardo, E., Pedlowski, M.A., Sano, E.E., Matricardi, E.A.T., 2021. Effects of settlement designs on deforestation and fragmentation in the Brazilian Amazon. *Land Use Policy* 109, 105710. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105710>.
- ANA - Agência Nacional De Águas, 2023. Hidroweb: Sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: 03 fev. 2023.
- Aragão, L.E.O.C., Anderson, L.O., Fonseca, M.G., Rosan, T.M., Vedovato, L.B., Wagner, F.H., Silva, C.V.J., Silva Junior, C.H.L., Arai, E., Aguiar, A.P., Barlow, J., Berenguer, E., Deeter, M.N., Domingues, L.G., Gatti, L., Gloor, M., Malhi, Y., Marengo, J. A., Miller, J.B., Phillips, O.L., Saatchi, S., 2018. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nature Communications* 9(1), 536. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02771-y>.
- Artaxo, P., 2019. Working together for Amazonia. *Science* 363, 323-323. DOI:10.1126/science.aaw6986.
- Barbosa, V.R.F., Damasceno, R.M., Dias, M.A., Castelhamo, F.J., Roig, H.L., Requia, W.J., 2024. Ecosystem services provided by green areas and their implications for human health in Brazil. *Ecological Indicators* 161, 111975. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111975>.
- Barcellos, C., Xavier, D., Hacon, S., Artaxo, P., Gracie, R., Magalhães, M., Matos, V., Monteiro, A.M., Feitosa, P., 2019. Queimadas na Amazônia e seus impactos na saúde: A incidência de doenças respiratórias no sul da Amazônia aumentou significativamente nos últimos meses. 3º Informe técnico do Observatório de Clima e Saúde. Observatório de Clima e Saúde Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde (ICICT), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Disponível em: https://climaesaude.icict.fiocruz.br/sites/climaesaude.icict.fiocruz.br/files/informe_observatorio_queimadas.pdf. Acesso em: 04 set. 2023.
- Benone, N.L., Leal, C.G., dos Santos, L.L., Mendes, T.P., Heino, J., de Assis Montag, L.F., 2020. Unravelling patterns of taxonomic and functional diversity of Amazon stream fish.

- Aquatic Sciences, 82(75), 1-11. <https://doi.org.ez181.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00027-020-00749-5>.
- Bottino, M.J., Nobre, P., Giarolla, E., Silva Junior, M.B., Capistrano, V.B., Malagutti, M., Tamaoki, J.N., Oliveira, B.F.A., Nobre, C.A., 2024. Amazon savannization and climate change are projected to increase dry season length and temperature extremes over Brazil. *Scientific Reports* 14, 5131.<https://doi.org.ez181.periodicos.capes.gov.br/10.1038/s41598-024-55176-5>
- Brasil, 1982. Projeto RADAM Brasil. Folha SD.21. Rio de Janeiro. Ministério de Minas e Energia. 540p.
- Brasil. Presidência da República, 1974. II Plano Nacional de Desenvolvimento: 1975-1979. Biblioteca Digital do Ministério da Economia. Disponível em: <https://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/777/24>. Acesso em: 22 jul. 2024.
- Brito, G.Q., Sampaio, J.A.G., Luiz, G.P., de Melo, A.C.A., Simões, V.P., Martins, P.R., Neves, G.M., Mendonça Filho, J.R.M., Couto Junior, S.F., Vieira, A.F., Teixeira, L.C.G., Salemi, L.F., 2022. Efeitos da conversão de floresta riparia em pastagem sobre as propriedades físico-hídricas do solo. *Revista Espaço e Geografia* 22(1), 73-89. <http://www.lsie.unb.br/espacoegeografia/index.php/espacoegeografia/article/view/663/332>.
- Bustamante, M.M., Metzger, J.P., Scariot, A.O., Bager, A., Turra, A., Barbieri, A., Neves, A., Boesing, A.L., Agostinho, A.A., Marques, A.C., Dias, B., Grelle, C.E.V., Caixeta, D., Sawyer, D., Scarano, F., Sousa, F.D.R., Fernandes, G.W., Queiroz, H., Miranda, H.S., Schongart, J., Quintão, J.M.B., Martinelli, L.A., Gomes, L.C., Cunha, M.C., Piedade, M.T.F., Sato, M.N., Vale, M.M., Aquino, M.F.S., Vogt, N., May, P., Fearnside, P., Prado, R. B., Rodrigues, R. R., Thomaz, S. M., Pivello, V. R., Imperatriz Fonseca, V. L., Farjalla, V.F., 2019. Tendências e impactos dos vetores de degradação e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. In: Joly, C.A., Scarano, F.R., Seixas, C.S., Metzger, J.P., Ometto, J.P., Bustamante, M.M.C., Padgurschi, M.C.G., Pires, A.P.F., Castro, P.F.D., Gadda, T., Toledo, P. (Orgs.). 1º Diagnóstico brasileiro de biodiversidade e serviços ecossistêmicos. São Carlos, SP: Editora Cubo, São Carlos, pp. 93-213.
- Butt, E.W., Conibear, L., Reddington, C.L., Darbyshire, E., Morgan, W.T., Coe, H., Artaxo, P., Brito, J., Knote, C., Spracklen, D.V., 2020. Large air quality and human health impacts due to Amazon forest and vegetation fires. *Environmental Research Communications*, 2(9), 095001. DOI: 10.1088/2515-7620/abb0db
- Cabral Junior, J.B.; Lucena, R.L, 2020. Análises das precipitações pelos testes não paramétricos de Mann-Kendall e Kruskal-Wallis. *Mercator* 19, pp. 1-14. <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19001>.
- Carpenter, S.R., Mooney, H.A., Agard, J., Capistrano, D., Defries, R.S., Díaz, S., Dietz, T., Duraipapp, A. K., Oteng-Yeboah, A., Pereira, H.M., Perrings, C., Reid, W.V., Sarukhan, J., Scholes, R.J., Whyte, A., 2009. Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106(5), 1305-1312. <https://doi.org/10.1073/pnas.0808772106>.
- Carvalho, W.D., Mustin, K., Hilário, R.R., Vasconcelos, I.M., Eilers, V., Fearnside, P.M., 2019. Deforestation control in the Brazilian Amazon: A conservation struggle being lost as agreements and regulations are subverted and bypassed. *Perspectives in Ecology and Conservation* 17(3), 122-130. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.06.002>.
- Casagrande, E., Recanati, F., Rulli, M.C., Bevacqua, D., Melià, P., 2021. Water balance partitioning for ecosystem service assessment. A case study in the Amazon. *Ecological Indicators* 121, 107155. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107155>.
- Caumo, S., Gioda, A., da Silva Carreira, R., Jacobson, L.D.S.V., de Souza Hacon, S., 2022. Impactos na saúde humana causados pela exposição a incêndios florestais: as evidências obtidas nas últimas duas décadas. *Revista Brasileira de Climatologia* 30, 182-218. <https://doi.org/10.55761/abclima.v30i18.15130>
- Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J., Thornton, P., 2013. Carbon and other biogeochemical cycles. 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, Cambridge.
- Codeço, C.T., Dal'Asta, A.P., Rorato, A.C., Lana, R.M., Neves, T.C., Andreazzi, C.S., Barbosa, M., Escada, M.I.S., Fernandes, D.A., Rodrigues, D.L., Reis, I.C., Silva-Nunes, M., Gontijo, A.B., Coelho, F.C., Monteiro, A., 2021. Epidemiology, biodiversity, and

- technological trajectories in the Brazilian Amazon: from malaria to COVID-19. *Frontiers in public health* 9, 945. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.647754>.
- DurreDaily, G.C., 1997. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press- World Resources Institute, Washington.
- Danielson, R.E., Rodrigues, J.L.M., 2022. Impacts of land-use change on soil microbial communities and their function in the Amazon Rainforest. *Advances in Agronomy* 175, 179-258. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2022.04.001>
- DATASUS – Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. Índice de Gini da renda domiciliar per capita – Brasil, 2023. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/ibge/censo/cnv/ginibr.def>. Acesso em: 25 maio 2023.
- DATASUS – Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. Sistema de Informação de Mortalidade (SIM), 2024. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/obt10uf.def>. Acesso em: 01 jul 2024.
- DATASUS – Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. População residente, 2024. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?ibge/cnv/popsvsbr.def>. Acesso em: 01 jul 2024.
- Daugeard, M., 2017. Mudanças e adaptações na agricultura familiar, estudo de caso em comunidades rurais de Juína, Mato Grosso. *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia* 33. <https://doi.org/10.4000/confins.12516>.
- de Oliveira, G., Chen, J.M., Mataveli, G.A.V., Chaves, M.E.D., Seixas, H.T., Cardozo, F.S., Shimabukuro, Y.E., He, L., Stark, S.C., Santos, C.A.C., 2020. Rapid Recent Deforestation Incursion in a Vulnerable Indigenous Land in the Brazilian Amazon and Fire-Driven Emissions of Fine Particulate Aerosol Pollutants *Forests* 11, 8, 829. <https://doi.org/10.3390/f11080829>.
- Durrer, A., Margenot, A.J., Silva, L.C.R., Bohannan, B.J.M., Nusslein, K., van Haren, J., Andreote, F.D., Parikh, S.J., Rodrigues, J.L.M., 2021. Beyond total carbon: Conversion of amazon forest to pasture alters indicators of soil C cycling. *Biogeochemistry* 152(2–3), 179–194. <https://doi.org/10.1007/s10533-020-00743-x>.
- Ellwanger, J.H., Kulmann-Leal, B., Kaminski, V.L., Valverde-Villegas, J.M., Veiga, A.B.G., Spilki, F. R., Fearnside, P.M., Caesar, L., Giatti, L.L., Almeida, S.E.M., Borba, M.R., Hora, V.P., Chies, J.A.B., 2020. Beyond diversity loss and climate change: Impacts of Amazon deforestation on infectious diseases and public health. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020191375>.
- Ellwanger, J.H., Fearnside, P.M., Ziliotto, M., Valverde-Villegas, J.M., Veiga, A.B.G., Vieira, G.F., Bach, E., Cardoso, J.C., Muller, N.F., Lopes, G., Caesar, L., Kulmann-Leal, B., Kaminsky, V.L., Silveira, E.S., Spilki, F.R., Weber, M.N., Almeida, S.M., Hora, V., Chies, J.A.B., 2022. Synthesizing the connections between environmental disturbances and zoonotic spillover. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 94, 3. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220211530>.
- Escobar, H., 2019a. Bolsonaro's first moves have Brazilian scientists worried. *Science* 363, 330–330. DOI: 10.1126/science.363.6425.330.
- Escobar, H., 2019a. Amazon fires clearly linked to deforestation, scientists say. *Science* 365, 853. DOI: 10.1126/science.365.6456.853.
- Fearnside, P.M., 2019. Brazilian Amazon deforestation surge is real despite Bolsonaro's denial (commentary). Disponível em: <https://news.mongabay.com/2019/07/brazilian-amazondeforestation-surge-is-real-despite-bolsonaros-denialcommentary/>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- Fernandes, T., Hacon, S.S., Novais, J.W.Z., 2021. Mudanças climáticas, poluição do ar e repercussões na saúde humana: Revisão Sistemática. *Revista Brasileira de Climatologia* 28, 138-164. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rbclima.v28i0.72297>.
- Fiori, M.F., Fior, L.E., Nenevé, M., 2013. Colonização agrícola de Rondônia e (não)obrigatoriedade de desmatamento como garantia de posse sobre a propriedade rural. *Novos Cadernos NAEA* 16(1). <http://dx.doi.org/10.5801/ncn.v16i1.862>.
- Foley, J.A., Asner, G.P., Costa, M.H., Coe, M.T., DeFries, R., Gibbs, H.K., Howard, E.A., Olson, S., Patz, J., Ramankutty, N., Snyder, P., 2007. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(1), 25-32. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[25:ARFDAL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[25:ARFDAL]2.0.CO;2)

- França, F., Solar, R., Lees, A.C., Martins, L.P., Berenguer, E., Barlow, J., 2021. Reassessing the role of cattle and pasture in Brazil's deforestation: A response to "Fire, deforestation, and livestock: When the smoke clears". *Land Use Policy* 108, 105195. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105195>.
- Garrett, J.K., White, M.P., Elliott, L.R., Grellier, J., Bell, S., Bratman, G.N., Gascon, M., Löhms, M., Nieuwenhuijsen, M., Ojala, A., Roiko, A., van den Bosch, M., Thompson, C.W., Fleming, L.E., 2023. Applying an ecosystem services framework on nature and mental health to recreational blue space visits across 18 countries. *Scientific Reports* 13(1), 2209. <https://doi-org.ez181.periodicos.capes.gov.br/10.1038/s41598-023-28544-w>.
- Garrett, R.D., Cammelli, F., Ferreira, J., Levy, S.A., Valentim, J., Vieira, I., 2021. Forests and Sustainable Development in the Brazilian Amazon: History, Trends, and Future Prospects. *Annual Review of Environment and Resources* 46, 625-652. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012220-010228>.
- Gatti, L.V., Basso, L.S., Miller, J.B., Gloor, M., Domingues, L.G., Cassol, H.L.G., Tejada, G., Aragão, L.E.O.C., Nobre, C., Peters, W., Marani, L., Arai, E., Sanches, A.H., Corrêa, S.M., Anderson, L., Von Randow, C., Correia, C.S.C., Crispim, S.P., Neves, R.A.L., 2021. Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature* 595, 388–393. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03629-6>.
- Gatti, L.V., Cunha, C.L., Marani, L., Cassol, H.L.G., Messias, C.G., Arai, Denning, A.S., Soler, L.S., Almeida, C., Setzer, A., Domingues, L.G., Basso, L.S., Miller, J.B., Gloor, M., Correia, C.S.C., Tejada, G., Neves, R.A.L., Rajao, R., Nunes, F., Soares Filho, B.S., Schmitt, J., Nobre, C., Corrêa, S.M., Sanches, A.H., Aragão, L.E.O.C., Anderson, L.O., Von Randow, C., Crispim, S. P., Silva, F.M., Machado, G.B.M., 2023. Increased Amazon carbon emissions mainly from decline in law enforcement. *Nature* 621, 318–323. <https://doi-org.ez181.periodicos.capes.gov.br/10.1038/s41586-023-06390-0>.
- Godard, N., Daugeard, M., Dubreuil, V., 2019. Evolução da agricultura familiar amazônica. Estudo de caso em duas comunidades de Juína, Mato Grosso. *Amazônias Brasileiras. Situações locais e evoluções*. Projeto Duramaz (2007-2015) 141-164, 2978-85-88998-73-5.
- Haghtalab, N., Moore, N., Heerspink, B.P., Hyndman, D.W., 2020. Evaluating spatial patterns in precipitation trends across the Amazon basin driven by land cover and global scale forcings. *Theoretical and Applied Climatology* 140, 411–427. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-03085-3>
- Huang, Y., Gan, X., Feng, Y., Li, J., Niu, S., Zhou, B., 2024. A new framework for assessing ecosystem health with consideration of the sustainable supply of ecosystem services. *Landscape Ecology* 39, 37. <https://doi.org/10.1007/s10980-024-01834-y>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. *Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000*. Rio de Janeiro.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. *Pesquisa de Pecuária Municipal (PPM)*. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economica/s/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=resultados>. Acesso em: 13 fev. 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022. *Censo 2022 - Resultados*. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/resultados.html>. Acesso em: 6 set. 2023.
- INDEA – Instituto de Defesa Agropecuária de Mato Grosso, 2023. *Com novo recorde, MT se mantém na liderança com o maior rebanho bovino do país*. Disponível em: <https://www.indea.mt.gov.br/-/com-novo-recorde-mt-se-mant%C3%A9m-na-lideran%C3%A7a-com-o-maior-rebanho-bovino-do-pa%C3%ADs>. Acesso em: 03 jun. 2023.
- IMEA – Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária, 2021. *Agronegócio Agronegócio no Brasil e no Mato Grosso*. Disponível em: https://www.imea.com.br/imea-site/view/uploads/relatorios-mercado/Apresentacao_20180212.pdf. Acesso em: 03 jun. 2023.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Portal TerraBrasilis. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br>. Acesso em: 13 ago. 2023.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde Ambiental*. Disponível em: <https://dataserver->

- coids.inpe.br/queimadas/queimadas/sisam/. Acesso em: 20 ago. 2024.
- Jacobson, L.S.V., de Oliveira, B.F.A., Schneider, R., Gasparrini, A., Hacon, S.S., 2021. Mortality risk from respiratory diseases due to non-optimal temperature among Brazilian elderlies. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18 1, 5550. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115550>
- Jakimow, B., Baumann, M., Salomão, C., Bendini, H., Hostert, P., 2023. Deforestation and agricultural fires in South-West Pará, Brazil, under political changes from 2014 to 2020. *Journal of Land Use Science* 18, 176-195. DOI: 10.1080/1747423X.2023.2195420.
- Joanoni Neto, V., Guimarães Neto, R.B.G., 2019. Amazônia: Políticas governamentais, práticas de 'colonização' e controle do território na ditadura militar (1964-85). *Anuário IEHS* 34(1), 99-122.
- Kaminsky, F.V., Zakharchenko, O.D., Davies, R., Griffin, W.L., Khachatryan-Blinova, G.K., Shiryayev, A.A., 2001. Superdeep diamonds from the Juina area, Mato Grosso State, Brazil. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 140 (6), 734-753. <https://doi.org/10.1007/s004100000221>.
- Khan, M.W., Bohannan, B.J., Nüsslein, K., Tiedje, J.M., Tringe, S.G., Parlade, E., Barberán, A., Rodrigues, J.L., 2019. Deforestation impacts network co-occurrence patterns of microbial communities in Amazon soils. *FEMS microbiology ecology* 95(2), fiy230. doi: 10.1093/femsec/fiy230.
- Klove, B., Ala-Aho, P., Bertrand, G., Gurdak, J.J., Kup-Fersberg, H., Kværner, J., Muotka, T., Myrkka, H., Preda, E., Rossi, P., Uvo, C. B., Velasco, E., Pulido-Ve-Lazquez, M., 2014. Climate change impacts on groundwater and de-pendent ecosystems. *Journal of Hydrology* 518, 250-266. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.06.037>.
- Leitão, R.P., Zuanon, J., Mouillot, D., Leal, C.G., Hughes, R.M., Kaufmann, P.R., Villéger, S., Pompeu, P.S., Kasper, D., Paula, F.R., Ferraz, S.F.B., Gardner, T.A., 2018. Disentangling the pathways of land use impacts on the functional structure of fish assemblages in Amazon streams. *Ecography* 41, 219-232. <https://doi-org.ez181.periodicos.capes.gov.br/10.1111/ecog.02845>.
- Leite Filho, A.T., Soares-Filho, B.S., Oliveira, U., 2024. Climate risks to soy-maize double-cropping due to Amazon deforestation. *International Journal of Climatology* 44, 4, 1245-1261. <https://doi-org.ez181.periodicos.capes.gov.br/10.1002/joc.8381>.
- Lima, T.M., Neves, C.A.R., 2018. *Sumário Mineral*. Brasília: DNPM. 131 p.
- Linhares, C.A., 2005. *Influência do desflorestamento na dinâmica da resposta hidrológica na bacia do Rio Ji-Paraná/RO*. 220f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto), INPE, São José dos Campos, 2005.
- Lira, B.R.P., Fernandes, L.L., Ishihara, J.H., 2022. Pluviometric behavior and trends in the Legal Amazon from 1986 to 2015. *Theoretical and Applied Climatology*, 150(3-4), 1353-1367. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04200-7>.
- Lovejoy, T.L., Nobre, C., 2018. Amazon Tipping Point. *Science Advance* 4, 2, eaat2340. DOI:10.1126/sciadv.aat2340.
- Maekawa, L., Coelho, M.D.F.B., dos Santos Weber, O.L., 2020. Container volume and shading in *Parkia multijuga* Benth. propagation in nursery. *Iheringia, Série Botânica*, 75. <https://doi.org/10.21826/2446-82312020v75e2020012>.
- Marengo, J.A., Souza Junior, C., 2018. *Mudanças Climáticas: impactos e cenários para a Amazônia*. São Paulo: ALANA.
- Mehmood, K., Anees, S.A., Muhammad, S., Hussain, K., Shahzad, F., Liu, Q., Ansari, M.J., Alharbi, S.A., Khan, W.R., 2024. Analyzing vegetation health dynamics across seasons and regions through NDVI and climatic variables. *Scientific Reports* 14, 11775. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62464-7>.
- Meyer, K.M., Morris, A.H., Webster, K., Klein, A.M., Kroeger, M.E., Meredith, L.K., Brændholt, A., Nakamura, F., Venturini, A., Souza, L.F., Shek, K.L., Danielson, R., van Haren, J., Camargo, P.B., Tsai, S.M., Andreote, F.D., de Mauro, J.M.S., Barlow, J., Berenguer, E., Nüsslein, K., Bohannan, B.J., 2020. Belowground changes to community structure alter methane-cycling dynamics in Amazonia. *Environment International*, 145, 106131. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106131>.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente, 2020. *Municípios prioritários*. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/combate-ao-desmatamento/controle-de-desmatamento-e-incendios-florestais/municipios-prioritarios>. Acesso em: 10 jul. 2024.
- Montenegro M., Campozano, L., Urdiales-Flores, D., Maisincho, L., Serrano-Vincenti, S., Borbor-Cordova, M.J., 2022. Assessment of the

- Impact of Higher Temperatures Due to Climate Change on the Mortality Risk Indexes in Ecuador Until 2070. *Frontiers in Earth Science* 9, 794602. doi: 10.3389/feart.2021.794602.
- Moreira, R.M., Santos, B.C., Sanches, R.G., Bourscheidt, V., Sales, F., Sieber, S., Souza, P.H., 2023. Precipitation Variability for Protected Areas of Primary Forest and Pastureland in Southwestern Amazônia. *Climate* 11(2), 27. <https://doi.org/10.3390/cli11020027>
- Morpurgo, J., Kissling, W.D., Tyrrell, P., Negret, P. J., van Bodegom, P.M., Allan, J.R., 2023. The role of elections as drivers of tropical deforestation. *Biological Conservation* 279, 109832. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109832>.
- Moutinho, P., Azevedo-Ramos, C., 2023. Untitled public forestlands threaten Amazon conservation. *Nature Communications* 14, 1152. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-36427-x>.
- Mu, Y., Jones, C., 2022. An observational analysis of precipitation and deforestation age in the Brazilian Legal Amazon. *Atmospheric Research*, 271, 106122. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2022.106122>.
- Nannini, F., Cabral-Neto, I., Silveira, F. V., Cunha, L. M., Oliveira, R. G., Weska, R.K., 2017. Projeto Diamante Brasil. Áreas Kimberlíticas e Diamantíferas do Estado do Mato Grosso. Brasília: CPRM (Serviço Geológico do Brasil). 42p.
- Nava, A., Shimabukuro, J.S., Chmura, A.A., Luz, S.L.B., 2017. The Impact of Global Environmental Changes on Infectious Disease Emergence with a Focus on Risks for Brazil, *ILAR Journal* 58 (3), 393–400. <https://doi.org/10.1093/ilar/ilx034>.
- Nunes, F.S.M., Soares-Filho, B.S., Oliveira, A.R., Veloso, L.V.S., Schmitt, J., Van der Hoff, R., Assis, D.C., Costa, R.P., Börner, J., Ribeiro, S.M. C., Rajão, R.G.L., de Oliveira, U., Costa, M.A., 2024. Lessons from the historical dynamics of environmental law enforcement in the Brazilian Amazon. *Scientific Reports* 14, 1828. [https://doi-org.ez181.periodicos.capes.gov.br/10.1038/s41598-024-52180-7](https://doi.org/ez181.periodicos.capes.gov.br/10.1038/s41598-024-52180-7).
- Oliveira Alves, N., Vessoni, A.T., Quinet, A., Fortunato, R.S., Kajitani, G.S., Peixoto, M.S., Hacon, S.S., Artaxo, P., Saldiva, P., Menck, C.F.M., Batistuzzo de Medeiros, S.R., 2017. Biomass burning in the Amazon region causes DNA damage and cell death in human lung cells. *Scientific reports* 7(1), 10937. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11024-3>.
- Oliveira Filho, H., Oliveira-Júnior, J.F., Silva, M.V., Jardim, A.M.R.F., Shah, M., Gobo, J.P.A., Blanco, C.J.C., Pimentel, L.C.G., Silva, C., Silva, E.B., Machado, T.B., Pereira, C.R., Valappil, N.K.M., Hamza, V., Haq, M.A., Khan, I., Mohamed, A., Attia, E., 2022. Dynamics of Fire Foci in the Amazon Rainforest and Their Consequences on Environmental Degradation. *Sustainability* 14, 15, 9419. <https://doi.org/10.3390/su14159419>.
- Oliveira Galvão, M.F., Oliveira Alves N, Ferreira, P.A., Caumo, S., De Castro Vasconcellos P., Artaxo, P., Hacon, S.S., Roubicek, D.A., Batistuzzo Medeiros, S.R., 2018. Biomass burning particles in the Brazilian Amazon region: Mutagenic effects of nitro and oxy-PAHs and assessment of health risks. *Environmental Pollution* 233, 960-970. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.09.068>.
- Oliveira, G., Mataveli, G., Stark, S.C., Jones, M.W., Carmenta, R., Brunsell, N.A., Santos, C.A.G., Silva Júnior, C.A., Cunha, H.F.A., Cunha, A.C., Santos, C.A.C., Stewart, H., Fuchs, V.B., Hellenkamp, S., Artaxo, P., Alencar, A.A.C., Moutinho, P., Shimabukuro, Y.E., 2023a. Increasing wildfires threaten progress on halting deforestation in Brazilian Amazonia. *Nature, Ecology & Evolution* 7, 1945-1946. <https://doi.org/10.1038/s41559-023-02233-3>.
- Oliveira, I.N.D., Oliveira, B.F.A.D., Silveira, I.H.D., Machado, L.M.G., Villardi, J.W.R., Ignotti, E., 2023b. Air pollution from forest burning as environmental risk for millions of inhabitants of the Brazilian Amazon: An exposure indicator for human health. *Cadernos de Saúde Pública* 39. <https://doi.org/10.1590/0102-311XEN131422>.
- Oliveira, V., Amaral, J.J.O. 2018. Amazônia e o processo de colonização da fronteira agrícola: o caso de Rondônia. *Cadernos CERU* 29 (2). <https://doi.org/10.11606/issn.2595-2536.v29i2p%25>
- Orellano, P., Reynoso, J., Quaranta, N., Bardach, A., Ciapponi, A., 2020. Short-term exposure to particulate matter (PM10 and PM2.5), nitrogen dioxide (NO₂), and ozone (O₃) and all-cause and cause-specific mortality: Systematic review and meta-analysis. *Environment International* 142, 105876. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.10587>
- Panda, A., Sahu, N., 2019. Trend Analysis of Seasonal Rainfall and Temperature Pattern in

- Kalahandi, Bolangir and Koraput Districts of Odisha, India
- Pedrinho, A., Mendes, L.W., do Rêgo Barros, F. M., Merloti, L.F., Martins, M.M., Cotta, S.R., Andreote, F.D., Tsai, S.M., 2023. Impacts of deforestation and forest regeneration on soil bacterial communities associated with phosphorus transformation processes in the Brazilian Amazon region. *Ecological Indicators* 146, 109779. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109779>.
- Pedrinho, A., Mendes, L.W., Merloti, L.F., Da Fonseca, M.D.C., Cannavan, F.D.S., Tsai, S.M., 2019. Forest-to-pasture conversion and recovery based on assessment of microbial communities in Eastern Amazon rainforest. *FEMS microbiology ecology*, 95(3), fiy236. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiy236>.
- Pontes, P.R.M., Cavalcante, R.B.L., Giannini, T.C., Costa, C.P.W., Tedeschi, R.G., Melo, A.M.Q., Xavier, A.C.F., 2022. Effects of Climate Change on Hydrology in the Most Relevant Mining Basin in the Eastern Legal Amazon. *Water* 14, 1416. <https://doi.org/10.3390/w14091416>.
- Portal de Periódicos Da Capes, 2022. Listas de bases. Disponível: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez181.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/lista-a-z-bases.html>. Acesso: 20 abr. 2023
- Projeto MapBiomias – Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil, 2023. Coleção 7.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/estatisticas/>. Acesso em: 02 abr. 2023.
- R Core Team, 2023. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 17 jul. 2024.
- Ravikumar, A., Larson, A. M., Myers, R., Trench, T., 2018. Inter-sectoral and multilevel coordination alone do not reduce deforestation and advance environmental justice: Why bold contestation works when collaboration fails. *Environment and Planning C: Politics and Space* 36(8), 1437-1457. <https://doi-org.ez181.periodicos.capes.gov.br/10.1177/2399654418794025>.
- Requia, W.J., Vicedo-Cabrera, A.M., de Schrijver, E., Amini, H., Gasparrini, A., 2023. Association of high ambient temperature with daily hospitalization for cardiorespiratory diseases in Brazil: A national time-series study between 2008 and 2018. *Environmental Pollution* 331(Part 1), 121851. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121851>.
- Reygadas, Y., Spera, S.A., Salisbury, D.S., 2023. Effects of deforestation and forest degradation on ecosystem service indicators across the Southwestern Amazon. *Ecological Indicators* 147, 109996. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.109996>.
- Rocha, R., Sant'Anna, A.A., 2022. Winds of fire and smoke: Air pollution and health in the Brazilian Amazon. *World Development* 151, 105722. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105722>.
- Romero, L.S., Jacobson, L.D.S.V., de Castro, H.A., Hacon, S.S., 2022. Cambio climático y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal. *Revista Española de Salud Publica* 96, e202209067.
- Roux, E., Ignotti, E., Bègue, N., Bencherif, H., Catry, T., Dessay, N., Gracie, R., Gurgel, H., de Hacon, S.S., Magalhães, M.A.F.M., Monteiro, A.M.V., Revillion, C., Villela, D.A.M., Xavier, D., Barcellos, C., 2020. Towards an Early Warning System for Health Issues Related to Particulate Matter Exposure in Brazil: The Feasibility of Using Global PM_{2.5} Concentration Forecast Products. *Remote Sensing* 12(24), 4074. <https://doi.org/10.3390/rs12244074>.
- Sant'Anna, A.A., Alencar, A., Téllez-Chávez, L., Carvalho, A., Guimarães, A., Moutinho, P., Lago, M., Wilkinson, D., Horne, F., Canineu, M.L., Muñoz, C., 2020. O ar é insuportável”: os impactos das queimadas associadas ao desmatamento da Amazônia brasileira na saúde. *Human Rights Watch*. Disponível: brasil0820port_reportcover_8.5x11 (hrw.org). Acesso em: 30 jun. 2023.
- Santos, J.C., 2012. Garimpos de Juína: entre história, relatos e memórias (1986-1994). 166 f. Dissertação (Mestrado em História) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Cuiabá
- SEDEC – Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, 2022. Mato Grosso lidera produção agropecuária brasileira por 4 anos consecutivos. Disponível: <https://www.sedec.mt.gov.br/-/18778693-mato-grosso-lidera-producao-agropecuaria-brasileira-por-4-anos-consecutivos#:~:text=Mato%20Grosso%20%C3%A9%20o%20maior,R%24%20180.571%2C02%20bilh%C3%B5es>. Acesso em: 03 jun. 2023

- Sen, P.K., 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American statistical association* 63(324), 1379-1389.
<https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934>.
- Sheehan, D., Mullan, K., West, T.A.P., Semmens, E.O., 2024. Protecting life and lung: Protected areas affect fine particulate matter and respiratory hospitalizations in the Brazilian Amazon biome. *Environmental and Resource Economics* 87, 45-87.
<https://doi.org/10.1007/s10640-023-00813-2>.
- Silgueiro, V., Cardoso, B.D.; Valdiones, A.P., Batista, L., 2021. Mapeamento da ilegalidade na exploração madeireira em Mato Grosso em 2020. *Boletim Transparência Florestal do Instituto Centro Vida* 9, 1-13.
- Silveira, I.H., Hartwig, S.V., Moura, M.N., Cortes, T.R., Junger, W.L., Cirino, G., Ignotti, E., de Oliveira, B.F.A., 2023. Heat waves and mortality in the Brazilian Amazon: Effect modification by heat wave characteristics, population subgroup, and cause of death. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 248, 114109.
<https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2022.114109>.
- Soares, B.E., Benone, N.L., Lobato, C.M.C., Montag, L.F.A., 2023. Pasture areas reduce the abundance and trophic niche width, but not the body condition of the Amazonian whale catfish. *Aquatic Ecology* 57, 187–198. <https://doi.org/ez181.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10452-023-10006-0>
- Soltangheisi, A., de Moraes, M.T., Cherubin, M. R., Alvarez, D.O., de Souza, L.F., Bieluczyk, W., Navroski, D., Teles, A.P.B., Pavinato, P.S., Martinelli, L.A., Tsai, S.M., Camargo, P.B., 2019. Forest conversion to pasture affects soil phosphorus dynamics and nutritional status in Brazilian Amazon. *Soil and Tillage Research*, 194, 104330.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104330>.
- Souza, V.A.S., Rotunno Filho, O.C., Moreira, D.M., Rudke, A.P., Sá, M.R.T., 2019. Dinâmica do desmatamento na Amazônia e seus impactos na hidrologia: bacia do Rio Machadinho – Rondônia/Brasil. *Ciência Florestal* 29(3), 1004–1018.
<https://doi.org/10.5902/1980509835333>.
- SPA. Science Panel for the Amazon, 2021. Executive Summary of the Amazon Assessment Report 2021. United Nations Sustainable Development Solutions Network. Nova York.
- Tejada, G., Gatti, L.V., Basso, L.S., Cassol, H.L.G., Silva-Junior, C.H.L., Mataveli, G., Marani, L., Arai, E., Gloor, M., Miller, J.B., Cunha, C.L., Domingues, L.G., Ipia, A., Correia, C.S.C., Crispim, S.P., Neves, R.A.L., Von Randow, C., 2023. CO₂ emissions in the Amazon: Are bottom-up estimates from land use and cover datasets consistent with top-down estimates based on atmospheric measurements? *Frontiers in Forests and Global Change* 6, 1107580.
<https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1107580>.
- Vasconcelos, M.A., Pereira, H.S., Lopes, M., Guimarães, D.F.S., 2022. Impacts of Climate Change on the Lives of Riverine Farmers on the Lower Rio Negro, Amazon. *Atmosphere* 13(11), 1906.
<https://doi.org/10.3390/atmos13111906>.
- Venturini, A.M., Dias, N.M., Gontijo, J.B., Yoshiura, C.A., Paula, F.S., Meyer, K.M., Nakamura, F.M., França, A.G., Borges, C.D., Barlow, J., Berenguer, E., Nüsslein, K., Rodrigues, J.L.M., Bohannan, B.J.M., Tsai, S.M., 2022. Increased soil moisture intensifies the impacts of forest-to-pasture conversion on methane emissions and methane-cycling communities in the Eastern Amazon. *Environmental research* 212, 113139.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113139>
- Vieira, I.C.G., Toledo, P.M., Higuchi, H., 2018. A Amazônia no antropoceno. *Ciência e cultura* 70, 56-59. <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602018000100015>
- Vita, A., Belmusto, A., Di Perna, F., Tremamunno, S., De Matteis, G., Franceschi, F., Covino, M., 2024. The impact of climate change and extreme weather conditions on cardiovascular health and acute cardiovascular diseases. *Journal of Clinical Medicine* 13, 3, 759.
<https://doi.org/10.3390/jcm13030759>.
- WHO - World Health Organization, 2021. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. Disponível em: <https://iris.who.int/handle/10665/345329>. Acesso em: 30 jul. 2024
- Wilkinson, D.A., Marshall, J.C., French, N.P., Hayman, D.T., 2018. Habitat fragmentation, biodiversity loss and the risk of novel infectious disease emergence. *Journal of the Royal Society Interface* 15(149), 20180403.
<https://doi.org/10.1098/rsif.2018.0403>.
- WWF - World Wide Fund for Nature, 2011. Desenvolvimento Sustentável no Noroeste de Mato Grosso. Comunidade/Sustentabilidade.

- Projeto BR 2012. WWF – Brasil. Brasília. Disponível:
<https://www.wwf.org.br/?31508/Desenvolvimento-Sustentavel-no-noroeste-do-Mato-Grosso>). Acesso: 01 jun. 2023.
- Xavier, A.C., Scanlon, B.R., King, C.W., Alves, A.I., 2022. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). *International Journal of Climatology* 42(16), 8390–8404. <https://doi.org/10.1002/joc.7731>
- Yanai, A.M., de Alencastro Graça, P.M.L., Ziccardi, L.G., Escada, M.I.S., Fearnside, P.M., 2022. Brazil's Amazonian deforestation: the role of landholdings in undesignated public lands. *Reg Environ Change* 22, 30. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01897-0>.
- Ye, T., Xu, R., Yue, X., Chen, G., Yu, P., Coêlho, M.S.Z.S., Saldiva, P.H.N., Abramson, M.J., Guo, Y., Li, S., 2022. Short-term exposure to wildfire-related PM2.5 increases mortality risks and burdens in Brazil. *Nature Communications* 13 7651. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35326-x>.
- Yuan, S., Bao, F., Zhang, X., Li, Y., 2022. Severe biomass-burning aerosol pollution during the 2019 Amazon wildfire and its direct radiative-forcing impact: A space perspective from MODIS retrievals. *Remote Sensing* 14(9), 2080. <https://doi.org/10.3390/rs14092080>.