

ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO AMBIENTAL: análise espaço-temporal do uso do solo e suas implicações climáticas no norte de Mato Grosso

Science Teaching and Environmental Education: spatio-temporal analysis of Land Use and its Climatic implications in Northern Mato Grosso

Jean Reinildes Pinheiro¹

Cindy Lauper Ferreira Silva²

Nayla Gabriela Sales de Campos Curado¹

¹Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT
Sinop – Mato Grosso

²Escola Estadual Nivaldo Fracarolli – SEDUC/MT
Juara – Mato Grosso

Como citar ABNT:

PINHEIRO, J. R.; SILVA, C. L. F.; CURADO, N. G. S. C. Ensino de Ciências e Educação Ambiental: análise espaço-temporal do Uso do Solo e suas Implicações Climáticas no Norte de Mato Grosso In: REIS, C. dos; BARBOSA, E. P.; REINA, L. D. C. B.; FEISTEL, R. A. B. (Orgs.). **Ciências da Natureza e Matemática: relatos de Ensino, Pesquisa e Extensão**. Sinop: KGM Editora, 2026. v. 6, cap. 9, p. 187-203. DOI: doi.org/10.29327/5790880.6-9

RESUMO

O estudo analisou a dinâmica espaço-temporal do uso do solo no norte de Mato Grosso (Amazônia Meridional) e suas implicações climáticas e educativas. Utilizando imagens orbitais do Earth Explorer (USGS) com correção radiométrica e temperaturas de superfície, aplicou-se classificação supervisionada por máxima verossimilhança no *ArcGIS*, gerando mapas que evidenciaram intensas conversões de florestas em áreas agrícolas, pastagens e urbanas nas últimas décadas. Dados climatológicos do BDMEP/INMET, referentes à temperatura do ar e umidade relativa, revelaram correlação entre o avanço agrícola e o aumento das temperaturas superficiais, acompanhado da redução da umidade em áreas desmatadas, reflexo da diminuição da evapotranspiração e de mudanças no balanço de calor. Esses resultados corroboram estudos que apontam a formação de “baixas térmicas” em regiões de uso intensivo do solo. No campo da educação ambiental, o trabalho propôs metodologias participativas, trilhas interpretativas e uso pedagógico de imagens de satélite, como estratégias para sensibilizar comunidades e estudantes quanto à importância da sustentabilidade. Conclui-se que a expansão antrópica no norte mato-grossense impacta significativamente o clima local, reforçando a necessidade de integrar o monitoramento ambiental a práticas educativas e políticas públicas voltadas ao desenvolvimento regional sustentável.

Palavras-chave: Imagens Orbitais. Amazônia Meridional. Mudanças Climáticas. Ensino de Ciências.

ABSTRACT

The study analyzed the space-time dynamics of land use in northern Mato Grosso (Southern Amazon) and its climatic and educational implications. Using orbital images from Earth Explorer (USGS) with radiometric correction and surface temperatures, a supervised maximum likelihood classification was applied in ArcGIS, producing maps that revealed intense conversions of forests into agricultural areas, pastures, and urban zones over recent decades. Climatological data from BDMEP/INMET, regarding air temperature and relative humidity, showed a correlation between agricultural expansion and increases in surface temperatures, accompanied by reductions in humidity in deforested areas — a reflection of decreased evapotranspiration and changes in the heat balance. These results support studies indicating the formation of “thermal lows” in regions of intensive land use. In the field of environmental education, the work proposed participatory methodologies, interpretative trails, and pedagogical use of satellite imagery as strategies to raise awareness among communities and students about the importance of sustainability. It is concluded that anthropogenic expansion in northern Mato Grosso significantly impacts the local climate, reinforcing the need to integrate environmental monitoring with educational practices and public policies aimed at sustainable regional development.

Keywords: Agroecology. Family farming. Public policies. Healthy eating.

INTRODUÇÃO

O solo é um elemento fundamental para a existência do ser humano, especialmente diante do crescimento da população mundial e do aumento da demanda por alimentos. Para suprir essas necessidades, utilizam-se técnicas de agricultura e pecuária cada vez mais avançadas. Essas práticas transformam o espaço e alteram a cobertura do solo, conforme a cultura introduzida em cada local. No entanto, é essencial ter atenção aos possíveis impactos dessas alterações nos sistemas que dependem do solo para sua manutenção.

Além disso, a intensificação das atividades agrícolas e a expansão urbana desordenada têm provocado alterações significativas nos regimes hidrológicos e na qualidade dos recursos hídricos. Estudos demonstram que a substituição da vegetação nativa por áreas agrícolas ou urbanizadas reduz a capacidade de infiltração do solo, aumentando o escoamento superficial e a erosão, o que resulta no assoreamento de corpos d'água e na degradação da qualidade da água devido ao transporte de sedimentos e poluentes. Essas transformações não apenas impactam os ecossistemas aquáticos, mas também têm implicações significativas para o clima local e regional, evidenciando a necessidade de práticas de uso do solo mais sustentáveis e integradas à gestão dos recursos hídricos (Perazzoli; Pinheiro; Kaufmann, 2013; Jovino et al., 2022).

Quando retiramos ou substituímos a cobertura do solo, devemos nos ater que haverá modificações significativas na relação solo, planta e atmosfera. Isso ocorre porque os níveis de reflectância (albedo) da luz solar são alterados, assim como a produção de umidade a partir da transpiração da vegetação, o que afeta diretamente o ciclo hidrológico. Sendo assim, quando a cobertura do solo é modificada em regiões da Amazônia continental, observa-se que há alterações diretas no clima local e regional. (Tarifa, 1994).

Pondera-se que, a relação Homem e Natureza é um importante viés de pensamento quando tratamos problemas socioambientais, sendo importante trazer o ser humano de volta ao seu estágio de pertencente à natureza, enfatizando que a ideia de ser alheio ao sistema natural nos levou a uma dinâmica social perigosa, que nos iludi a enxergar a natureza apenas como uma gama de recursos disponíveis para o consumo crescente como argumenta Rodrigues (2009, p. 32).

O desafio é tratar o ser humano como pertencente ao meio natural, ou seja, ao meio ambiente, rompendo com a lógica cartesiana de separação entre meio ambiente, meio social, cultural e econômico, pois como afirmam e Santos (2005, p. 2), esta lógica impede que o aluno construa um ponto de vista interpretativo do meio ambiente (Grün 1996, p. 54)

Neste contexto, a Educação Ambiental proporciona, a partir da criticidade, a possibilidade de que todos os indivíduos participem de forma cidadã do diálogo sobre os impactos ambientais ocasionados pela retirada ou substituição da cobertura vegetal. Isso se dá através do acesso ao

conhecimento, levando em consideração a história dos povos ocupantes de um território e o contexto do uso de determinadas técnicas de exploração do meio ambiente.

Considerando que determinadas práticas podem futuramente influenciar a disponibilidade de recursos naturais, assim como a qualidade de vida de toda uma sociedade, a Educação Ambiental trabalha na conscientização e na mudança de comportamentos. Seu objetivo é promover atitudes sustentáveis que garantam o equilíbrio ambiental e o bem-estar da presente e futuras gerações. É este o viés de Educação Ambiental que norteou a presente abordagem no que diz respeito ao processo de uso do solo e as mudanças climáticas locais.

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de abordar o tema transversal “Meio Ambiente” a partir dos conceitos de umidade e temperatura, tomando como ponto de partida a transformação do uso do solo em regiões da Amazônia, com ênfase no município de Juara – MT. Essa abordagem visou proporcionar uma compreensão concreta dos fenômenos ambientais, integrando-os ao contexto da educação básica e pública.

A ambição aqui, volta-se na tentativa de estabelecer uma relação causa e efeito entre ocupação do solo no que diz respeito à retirada da vegetação nativa e a introdução de novas culturas, e como isso pode interferir diretamente na disponibilidade de umidade e temperaturas de superfície nestas áreas ocupadas, para o mesmo, fez-se uso das imagens orbitais na validação das hipóteses aqui apresentadas, de modo que, usando imagens orbitais da área de estudo, foram analisadas e comparadas a dinâmica de transformação em diferentes anos, proporcionando aos alunos a possibilidade de acompanhar as mudanças do espaço a partir de algo histórico e concreto como tratado por Melo et al. (2004), construindo assim, um conhecimento técnico científico acessível a todos, dando novas perspectivas e significações ao espaço observado e vivido.

A pesquisa também evidenciou a importância de contextualizar esses fenômenos dentro do ambiente escolar, permitindo que os alunos compreendam as interações entre atividades humanas e alterações ambientais em sua própria comunidade. Ao relacionar conceitos científicos com a realidade local, o trabalho contribuiu para uma aprendizagem mais significativa e engajada, promovendo a conscientização sobre a importância da sustentabilidade e do equilíbrio ambiental.

Em suma, o estudo alcançou seus objetivos ao proporcionar uma análise concreta das transformações ambientais em Juara, integrando conhecimentos científicos ao cotidiano dos estudantes e destacando a relevância da educação ambiental no contexto da Educação Básica.

METODOLOGIA

As imagens orbitais foram obtidas no sítio do *Earth Explorer* operado pelo USGS (*United States Geological Survey*), que fornece a refletância radiometria corrigida para os efeitos atmosféricos e a temperatura da superfície.

As imagens da área de estudo foram escolhidas levando em consideração a disponibilidade de dias sem a cobertura de nuvens ou presença de fumaça (condições de céu claro), com o objetivo de tornar uma análise temporal consistente, que compreende o período seco, bem como a disponibilidade de dados micrometeorológicos.

Neste estudo foram utilizados 1 imagem dos sensores OLI e TIRS a bordo do satélite Landsat 8, para o ano de 2020, e 4 imagens do sensor TM (*Thematic Mapper*) do satélite *Landsat 5*, obtidas na plataforma ESPA (*EROS Science Processing Architecture*) do Serviço Geológico Americano (USGS). A plataforma ESPA permite o download de produtos de refletância da superfície, refletância no topo da atmosfera e temperatura de brilho dos sensores a bordo dos satélites *Landsat*, AQUA e TERRA.

Os produtos de refletância da superfície corrigidos do sensor OLI foram processados pelo software LEDAPS (*Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System*) hospedado na plataforma ESPA. O LEDAPS consiste em um complexo algoritmo que integra dados internos dos sensores (metadados) com dados externos (NCEP, NOAA e NASA) para alcançar três objetivos chaves: i) converter número digital em refletância TOA; ii) detectar pixel com nuvens a partir da refletância TOA e; iii) obter a refletância da superfície corrigida a partir da refletância TOA (Schmidt et al., 2013).

Após a aquisição das imagens foi realizada o pré-processamento realizando as seguintes etapas: empilhamento das imagens compostas pelas bandas (1 a 7) do satélite Landsat 5/TM e das bandas (1 a 9) do satélite Landsat 8 (TIRS); recorte das imagens de acordo com os limites da área de estudo, que nesse caso usou-se o Datum WGS84 (World Geodetic System 84) como padrão. Todas as etapas citadas anteriormente foram realizadas utilizando um software de Sistema de Informações Geográficas (SIG) gratuito e de código aberto, QGIS 3.40.3.

A função básica do processamento digital é fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas imagens, para posterior interpretação.

O resultado desse processo é a produção de outras imagens, contendo informações específicas, extraídas e realçadas a partir das imagens brutas (Crósta, 1992). Nesse contexto, o processamento digital é uma etapa preparatória e quase sempre obrigatória, da atividade de interpretação das imagens de sensoriamento remoto.

O processamento das imagens selecionadas e a obtenção da temperatura de superfície foram realizados na versão profissional do software Erdas 2014, em versão gratuita para testes. Foram aplicadas as metodologias descritas por Chander, Markham e Helder (2009), bem como por Allen, Tasumi e Trezza (2007).

A umidade do ar foi estimada a partir da metodologia de Fries et al. (2012), que propõe representar graficamente a umidade relativa em áreas de difícil monitoramento. A abordagem baseia-se em técnicas de regressão linear para estimar dados meteorológicos, considerando latitude, longitude e altitude dos pontos de coleta. O procedimento mostrou-se eficiente na regionalização da umidade relativa do ar no Vale do Rio São Francisco e cordilheira oriental dos Andes equatorianos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Levando em conta a eficácia desse recurso didático na Educação Básica, decidimos oferecer aos estudantes uma representação visual do processo de ocupação do perímetro urbano de Juara-MT. Nas páginas seguintes, apresentaremos também os dados de temperatura da superfície e umidade do ar extraídos das imagens (Tabela 1).

Tabela 1 - Dados de Temperatura e Umidade do ar obtidos através das imagens orbitais.

Ano	Data	Satélite	Composição de banda	Temperatura de superfície (°C)	Umidade do ar (%)
1985	01/jul	Landsat 5	R5G4B3	22,8	75,6
1990	31/jul	Landsat 5	R5G4B3	20,7	76,8
2000	26/jul	Landsat 5	R5G4B3	25,6	72,0
2010	20/jun	Landsat 5	R5G4B3	27,5	61,3
2020	02/ago	Landsat 8	R6G5B4	28,8	57,8

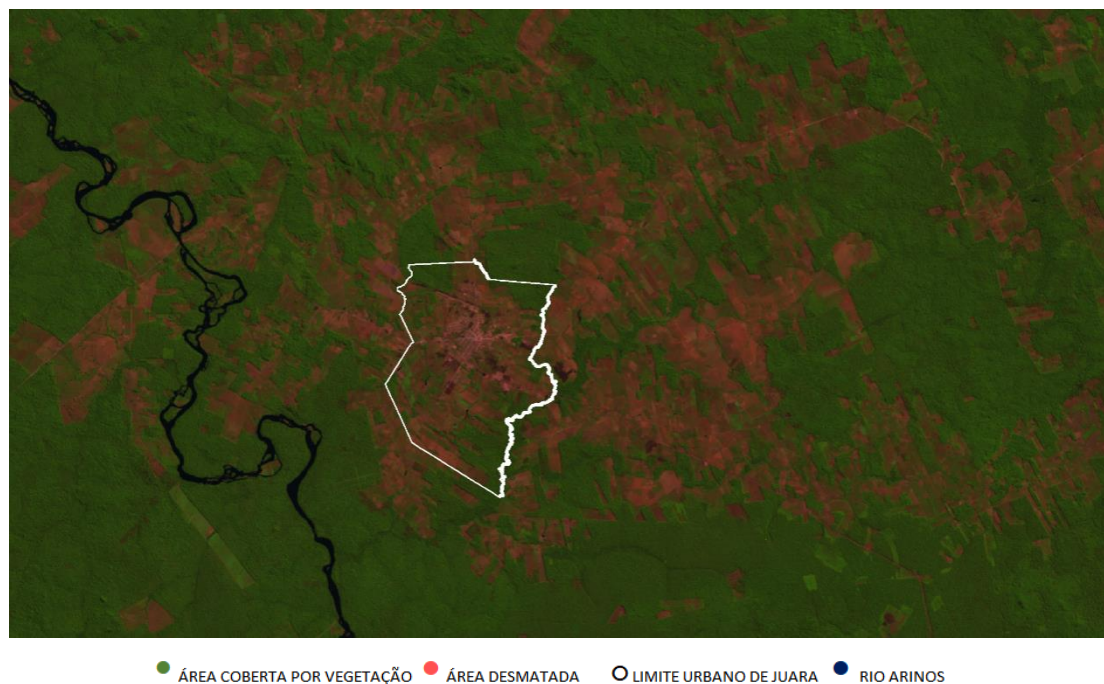
Fonte: Adaptado de *Earth Explorer* operado pelo USGS, 2021.

A vinda de famílias camponesas para essa região se dá sob a ótica de fatores repulsivos e atrativos; a migração se constituiu nesse emaranhado de interesses e necessidades, pois, ao passo que era anunciado o El Dourado, a Terra Prometida, famílias estavam negligenciadas no campo, empobrecidas e com dificuldades em acompanhar a crescente mecanização (Oliveira, 1997; Sant'ana, 2015).

O empresariado do Sul e Sudeste e a mão de obra do Nordeste eram vistos como parceiros ideais para o desenvolvimento da região Amazônica, mas o colono gaúcho era vislumbrado como aquele que detinha o conhecimento técnico no campo; tendo experiência em técnicas modernas, era ele o perfil ideal para o projeto da região Amazônica, onde justamente se almejava a agricultura intensiva e mecanizada, que necessitava de trabalhadores com conhecimento técnico a fim de tornar a região altamente produtiva (Oliveira, 1997).

Entre 1985 e 1990, quando o município de Juara, recém-criado, começou a receber fluxos migratórios de famílias sobretudo das regiões Sul e Nordeste, observou-se uma significativa transformação na cobertura do solo (conforme ilustrado nas Figuras 1 e 2). Esses novos moradores, muitas vezes motivados pela busca de melhores condições econômicas e pela promessa de terra fértil, associada ao incentivo de programas federais de colonização e à “terra prometida”, deram origem a ramificações urbanas, expansão de áreas agrícolas e desmatamento para pastagens.

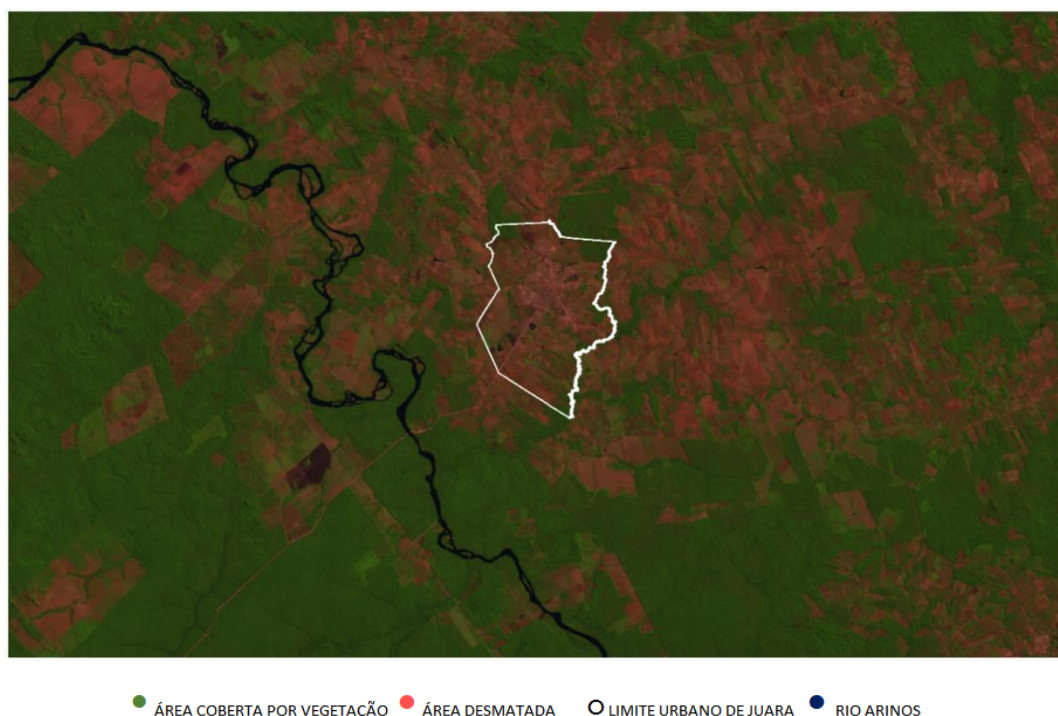
Figura 1 - Juara: Área ao redor do perímetro urbano 1985



Fonte: Adaptado de *Earth Explorer* operado pelo USGS, 2021.

A ocupação de toda essa região pertencente à Amazônia Meridional se deu a exemplo da Revolução Verde: o campo passou a exigir alta tecnologia, ampliação das áreas agrícolas e aumento significativo da produção. Assim, foram atraídos para essa região, além dos pequenos produtores, grandes empreendimentos agropecuários, que ampliaram sua potência ao passo que muitos dos pequenos produtores fracassaram.

Ressaltamos que, embora a tecnologia estivesse adentrando o campo e promovendo grandes transformações, no início do projeto colonizador e principalmente em pequenas propriedades as técnicas de extração de madeira colocavam em risco a vida dos trabalhadores, enquanto na agricultura a produção não atingiu os patamares necessários para que as famílias se mantivessem em suas propriedades (Alves; Fisch; Vendrame, 1999; Nepstad et al., 2001; Laurance et al., 2001; Roberts; Keller; Soares, 2003; Bonini; Pessoa; Júnior, 2013).

Figura 2 - Juara: Área ao redor do perímetro urbano 1990.

Fonte: Adaptado de *Earth Explorer* operado pelo USGS, 2021.

Nesse modelo de expansão da fronteira agrícola, a cobertura vegetal do solo foi rapidamente retirada e substituída por plantações e pastagens. Além dos impactos sociais dessa dinâmica de reprodução do espaço e produção do capital, que afeta diretamente o interesse de diversos indivíduos, existem os impactos ambientais resultantes desse processo.

Essa perspectiva de desenvolvimento embalou a política nacional entre os anos de 1996 e 2003. Mesmo com essa nova roupagem, a geopolítica militar continuou prevalecendo na Amazônia. Debates importantes sobre os serviços ambientais prestados pela floresta em pé, a demarcação dos territórios indígenas e o reflorestamento estavam em pauta; no entanto, na prática, os programas Brasil em Ação e Avança Brasil promoveram a expansão da fronteira agrícola, impulsionaram a monocultura — especialmente a da soja — e ampliaram as possibilidades de crescimento da pecuária nas regiões Centro-Oeste e Norte (Oliveira, B., 2005).

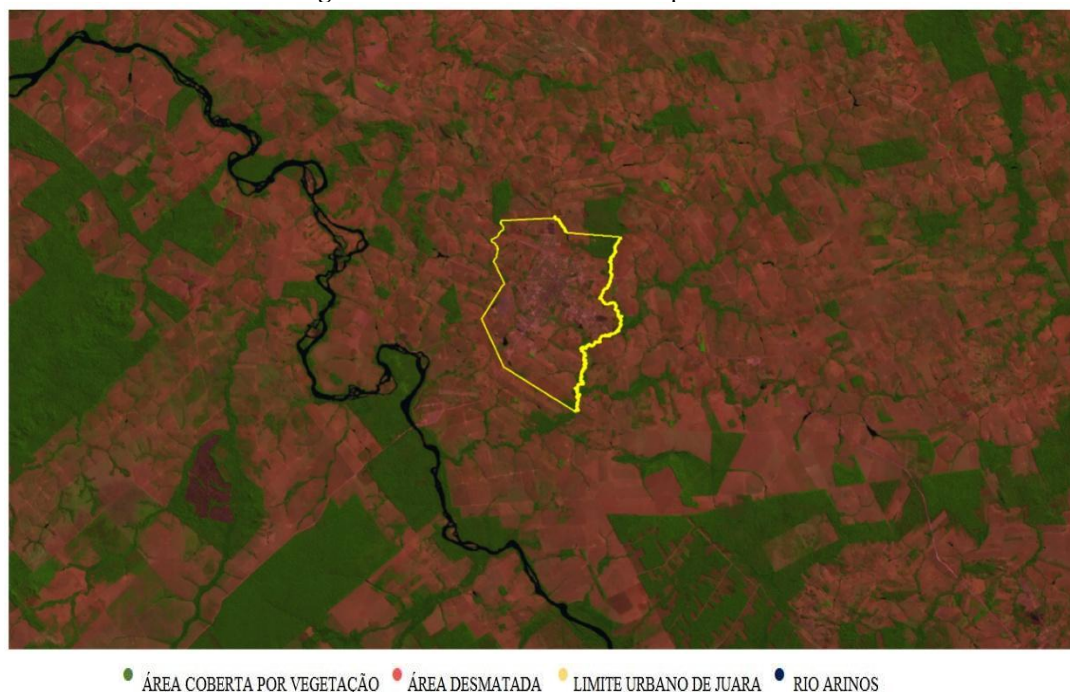
Medidas deveriam ser tomadas para contenção do desmatamento nessas áreas de colonização recente, a expansão do extrativismo vegetal e da fronteira agrícola deveriam ser mais bem planejadas, o país adotou uma série de medidas para conter tal avanço do desflorestamento, mas no início do século XXI o desmatamento já alcançava os 60 milhões de hectares. Embora as questões ambientais já tenham ganhado palco nos debates internacionais e no legislativo brasileiro, no Brasil não houve grande efetividade na redução do avanço do desmatamento (Oliveira, 2005).

A partir das Figuras 3, 4 e 5, podemos observar as transformações ocorridas no espaço ao longo dos anos, além de extrair informações relevantes sobre a área, como demonstrado na Tabela 1. Estudos e modelos climáticos recorrem às ferramentas de sensoriamento remoto – técnicas que permitem captar informações sobre a superfície terrestre por meio da interação da radiação eletromagnética com sensores instalados em plataformas orbitais, aéreas ou terrestres. Com imagens obtidas por satélites, é possível conhecer a dinâmica de uso da terra, mudanças na vegetação, emissão de calor e até modelar a evapotranspiração.

Essa abordagem viabiliza estudos ambientais complexos em escalas espaço-temporal amplas, como a análise de toda a bacia hidrográfica do Rio Amazonas no Brasil. Essa bacia se estende aproximadamente entre as longitudes 47° e 75° O e latitudes 6° N e 17° S. O município de Juara (Mato Grosso), localizado a cerca de 11° 15' S e 57° 31' W, está inserido nessa bacia.

Na Figura 3, é possível observar que grande parte da cobertura vegetal que existia ao redor do perímetro urbano de Juara, foi retirada. Isso pode ser explicado pelo avanço e crescimento do potencial econômico das madeireiras na década de 1990 e pelo avanço da pecuária extensiva na região nesta mesma década.

Figura 3 - Juara: Área ao redor do perímetro urbano 2000.



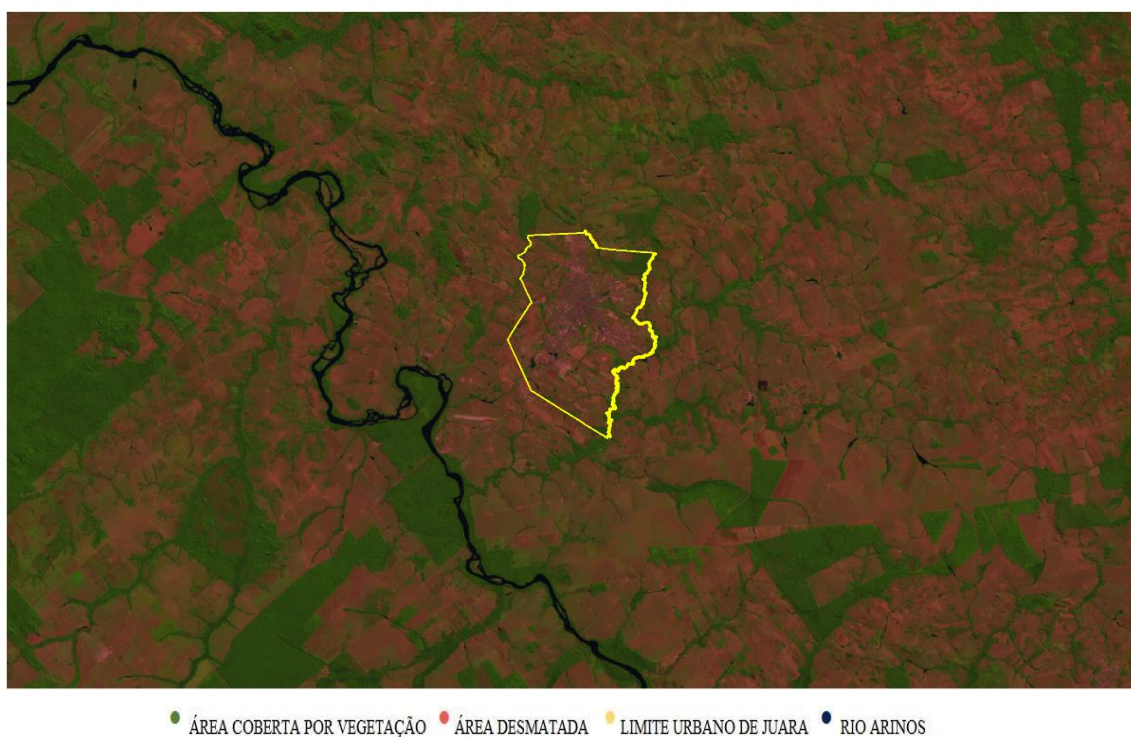
Fonte: Adaptado de *Earth Explorer* operado pelo USGS, 2021.

A exploração da madeira em Juara nos anos de 1970 a 1990, foi uma das principais fontes de renda do município, o desmatamento se deu de forma acelerada bem como o povoamento e o

avanço da agricultura e posteriormente da pecuária, a retirada da madeira se deu concomitante e vinculada às outras culturas econômicas. Não havia para o momento nenhuma política de reflorestamento, isso fez com que faltasse matéria prima para essa atividade, às chamadas madeiras nobres ficaram raras (Pereira, 2011).

O município de Juara tem, atualmente, sua economia baseada na extração de madeira, na agricultura e na pecuária. Embora a atividade madeireira tenha exercido um importante impacto econômico, como supracitado, a exploração intensa resultou no esgotamento das chamadas madeiras nobres. Enquanto isso, a pecuária foi ganhando força, tornando-se o principal pilar da economia local. O destaque é para a criação de gado: em 2017, o rebanho era de aproximadamente 950 mil cabeças, sendo o terceiro maior do estado (IBGE, 2018; Oliveira; Jasper, 2018).

Figura 4 - Juara: Área ao redor do perímetro urbano 2010



Fonte: Adaptado de *Earth Explorer* operado pelo USGS, 2021.

Nas Figuras 4 e 5, podemos observar dentro e fora da área delimitada a consolidação das transformações ocorridas no uso do solo para o município de Juara. Esses dados obtidos através das imagens orbitais, servem de ilustração aos processos de ocupação e os impactos dele decorrente. As imagens foram capturadas nos meses de junho, julho e agosto, e o critério de seleção foi período de estiagem, com maior visibilidade do solo, ou seja, dias com mais baixo nível de nebulosidade. Por essas imagens podemos obter representações das condições meteorológicas instantâneas de

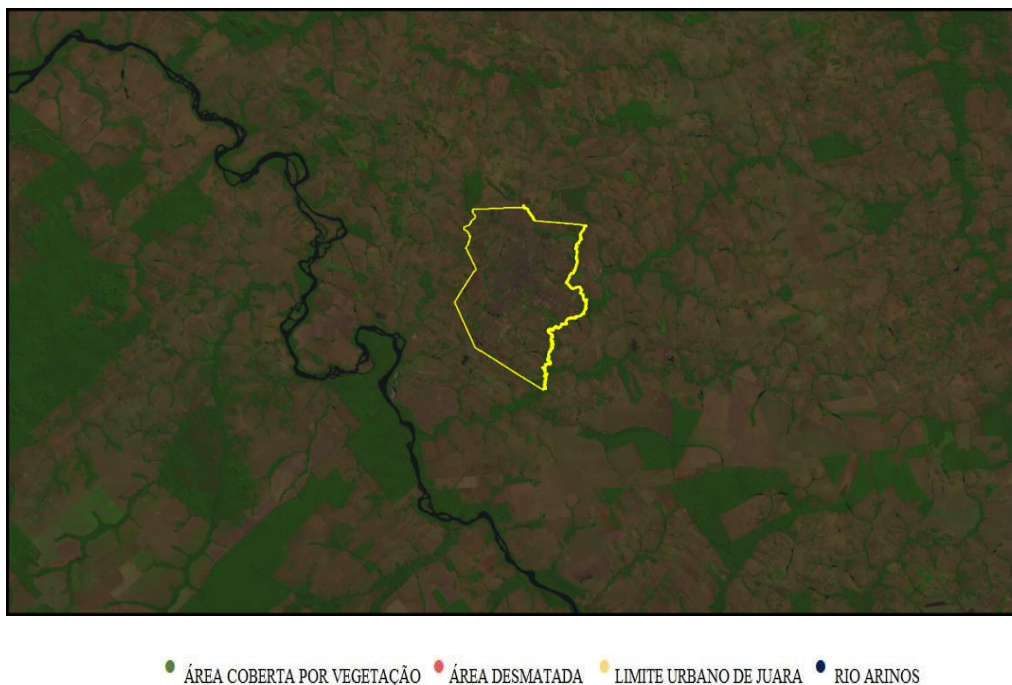
temperaturas de superfície e umidade do ar, do período em que o satélite capturou a imagem, configurando assim o estado do tempo meteorológico para o lugar, dia, momento.

O presente estudo se materializa em uma área de abrangência da Amazônia, necessitamos compreender a dinâmica climática desta região, na qual o ciclo hidrológico exerce um papel fundamental, sendo a vegetação uma das maiores responsáveis pela abundância de água na região.

A primeira característica fundamental da Amazônia é sua enorme extensão de terras baixas junto ao Equador, recebendo diariamente uma razoável porcentagem de calor global que chega à Terra. Em segundo, a existência de uma considerável massa oceânica quente justamente na trajetória dos ventos de Nordeste e Leste que sopram o ano todo dentro da Bacia. E em terceiro, o papel importante desempenhado pela Cordilheira dos Andes, barrando toda circulação zonal (dos baixos níveis) e afunilando a umidade para o interior, num verdadeiro anfiteatro, sem saída para o vento que sopra do quadrante leste. E por último e não menos importante, a extensa cobertura vegetal associada às diversas fases do ciclo hidrológico. Na realidade, todas essas características se combinam para interagir e modificar a própria circulação atmosférica. Assim, a gênese das chuvas na Amazônia depende fundamentalmente da interação desses fatores. (Tarifa, 1994, p. 19)

Como tratado pelo autor, o clima da região amazônica é resultado de interações diversas. A floresta como um elemento de interação possui grande valor em serviços ambientais no que diz respeito ao clima, pois promove a reciclagem da água e o armazenamento de carbono, além de manter o solo drenado e nutrido.

Figura 5: - Juara: Área ao redor do perímetro urbano 2020



Fonte: Adaptado de *Earth Explorer* operado pelo USGS, 2021.

Aqui abre-se um parêntese para distinguirmos, clima e tempo meteorológico, pois, apesar de representarem o mesmo sistema, o sistema climático, as escalas temporais são diferentes. O clima configura-se como a média dos valores dos diferentes elementos meteorológicos predominantes em

uma região e suas variabilidades, durante um longo intervalo de tempo, de pelo menos 30 anos. Enquanto o tempo meteorológico se refere a condições momentâneas da atmosfera, estando sujeito a sofrer ao longo do dia variações de pluviosidade, umidade relativa do ar, disponibilidade de nuvens e radiação solar (Andrade; Basch, 2012).

A complexa relação existente entre Solo-Planta-Atmosfera faz com que o fluxo de movimento da água seja elevado, devido a altos valores de energia que incide na superfície, por se tratar de uma zona climática equatorial cerca de 25% da água precipitada evapora antes que atinja o solo, fazendo com que ocorra a formação de nuvens baixas logo após a ocorrência das chuvas. (Tarifa, 1994; Fisch; Morengo; Nobre, 1998; Borma; Gitirana JR; Luiz, 2015)

Quanto maior a densidade da cobertura vegetal, menor é a reflectância da energia solar (albedo) e menor é também a temperatura da superfície, pois a energia advinda dos raios solares é utilizada prioritariamente no processo de evapotranspiração. A floresta possui grande capacidade de reter a radiação solar, devido a folhagem ser agrupada na copa, a vegetação de diferentes alturas aprisiona a radiação devido às múltiplas reflexões no profundo dossel, ou seja, grande quantidade da radiação recebida penetra dentro da floresta sendo refletida apenas 13% da energia recebida. (Pavão et al., 2017; Liberato; Nascimento, 2011)

A substituição de florestas por pastagens ou áreas agrícolas e a constante mudança no uso do solo na Amazônia, altera a capacidade da superfície refletir radiação de onda curta, e afeta diretamente o albedo da superfície, ficando a pastagem responsável pelo maior albedo. Esse aumento no albedo da região indica, nesse caso, que a superfície após a substituição de sua cobertura natural, retém menos energia. Com isso a uma menor quantidade de energia para os processos atmosféricos que inicia próximo da superfície, por exemplo, convecção. Podendo acarretar mudanças climáticas, e gerar modificações na vida das pessoas. (Liberato; Nascimento, 2011, p. 6116)

Embora os dados extraídos das imagens sejam referentes ao tempo meteorológico, modelos climáticos e estudos in loco, sugerem que o processo de aumento da temperatura na região amazônica está ocorrendo, bem como a diminuição dos índices de umidade, uma vez que estes fatores estão diretamente ligados ao processo de reciclagem da água e exposição do solo que tem sofrido alterações em decorrência do desmatamento (Gash; Nobre, apud Santos, 2017; Gomes; Leite; Soares, 2021; Marengo; Souza, 2018).

Estudos realizados por Gash; Nobre, (apud Santos, 2017), in loco em áreas específicas da Amazônia, como a fazenda Dimona, nos arredores de Manaus entre 1990 e 1991, em seguida a fazenda Nossa Senhora, próxima a Ji-Paraná (RO) entre 1992 e 1993, e uma campanha curta em Marabá em 1993, apontam efeitos perceptíveis do desmatamento em escala local. Eles observaram um aumento significativo no albedo da pastagem, na faixa de 0,13 a 0,18.

Com o solo descoberto e com pouca umidade, o saldo de radiação da superfície também se altera: boa parte da energia passa a ser canalizada para o fluxo de calor sensível, elevando a

temperatura da superfície. O estudo mostrou, ainda, que a pastagem recebe, em média, 11% menos radiação do que a floresta (Gash; Nobre, apud Santos, 2017)

Como consequência das alterações no albedo, o solo exposto passa a refletir mais a luz solar, reduzindo o calor latente que antes estaria disponível para evapotranspiração. Isso provoca maior aquecimento da superfície, elevando as temperaturas próximas ao solo (Gomes; Leite; Soares, 2021)

Quando o solo aquecido pela radiação solar se torna mais quente que a atmosfera, ocorre transferência de calor para o ar. Isso dá origem a um movimento convectivo: a camada limite diurna se caracteriza por turbulência térmica e mecânica, formando, enfim, a camada limite convectiva. (Leite; Lyra; Amorim, 2017).

Os dados de temperatura de superfície e umidade do ar obtidos por satélites, quando comparados com outras pesquisas na Amazônia, mostram claramente que o desmatamento causado pela ocupação acelerada tem grande influência no albedo, na disponibilidade de água no solo e, por consequência, na reciclagem hídrica. Tudo isso afeta diretamente a temperatura da superfície e a umidade do ar.

Estudos na bacia amazônica revelam que entre 30% e 50% da precipitação é resultado da evapotranspiração. À medida que o desmatamento avança, o ciclo hidrológico é afetado, alterando os índices de umidade do ar relacionados à evapotranspiração. (Gomes; Leite; Soares, 2021)

De 1949 a 2017, observou-se na Amazônia um aquecimento entre 0,6 °C e 0,7 °C, com concentrações maiores nas últimas décadas, sendo 2017 o ano mais quente desde meados do século XX. Projeções futuras indicam que até 2040 as temperaturas na bacia amazônica devem aumentar entre 1 °C e 1,5 °C, com redução da precipitação na ordem de 25% a 30%. Até o final do século XXI, a temperatura tende a ultrapassar 4 °C, com queda de chuva entre 40% e 45%. (Marengo; Souza, 2018).

Em contrapartida, os dados de Juara, obtidos por imagens orbitais, mostram um aumento de cerca de 6 °C em 35 anos—ainda que as projeções para a Amazônia inteira indiquem um acréscimo de 4 °C até 2100. Isso se deve ao fato de Juara ser uma área urbana, onde se somam ações antrópicas: desmatamento, liberação de CO₂ pela queima da biomassa, crescimento urbano, emissão de gases de efeito estufa por combustíveis fósseis e pavimentação das áreas urbanas.

Devido à carência de estações meteorológicas na região amazônica — inclusive em Juara, não é possível confrontar diretamente dados satelitais com dados locais. Por isso, recorreremos a estimativas dos estudos de abrangência do bioma e a projeções climáticas. Vale lembrar que, em uma área tão extensa quanto a Amazônia, ocorrem variações regionais quando comparamos áreas específicas ao todo.

A convergência de dados *in loco*, de modelos climáticos e das imagens urbanas de Juara revela um padrão claro: ao longo dos anos, há aumento da temperatura da superfície e queda da umidade do ar. Esse fenômeno se confirma em nossos dados e em outros estudos robustos, mostrando com segurança a influência da ação humana nesse processo.

A utilização de imagens orbitais e das informações extraídas delas possui grande valor educacional. Permitem ao estudante visualizar, no contexto local, as mudanças ocorridas em seu município ao longo do tempo, demonstrando que as mudanças climáticas globais se manifestam também no local.

A substituição de florestas por pastagens ou áreas agrícolas, bem como a constante alteração do uso do solo na Amazônia, modifica a capacidade de reflexão de radiação de onda curta, e afeta diretamente o albedo. As pastagens possuem maior albedo, retendo menos energia, o que reduz o suprimento energético para os processos atmosféricos de convecção. Isso pode acarretar mudanças climáticas e afetar a vida das pessoas (Liberato; Nascimento, 2011, p. 6116).

Ao integrar os dados de aumento de temperatura e queda da umidade na Amazônia com os registros locais de Juara, constata-se um panorama alarmante: as alterações no uso do solo, desmatamento, expansão urbana e emissões antrópicas intensificam o aquecimento local, que já ultrapassa em até 6 °C o observado pelo modelo para o bioma até 2100. Esse aumento é consistente com estudos regionais que mostram que áreas com 50 % de perda florestal aquecem cerca de 4,4 °C, comparado a apenas 0,3 °C em locais pouco desmatados. Com menos evapotranspiração e mais calor sensível, observa-se um ciclo vicioso: solo exposto refletem mais radiação (albedo elevado), reduz a umidade, eleva a camada convectiva e fortalece o calor, repercutindo em estresse térmico, tanto para a vegetação quanto para a população (XU et al., 2022).

Em consequência, a Amazônia caminha para um ponto crítico, onde a perda de floresta compromete a capacidade de gerar chuvas, entre 30 % e 50% da precipitação são oriundas da própria evapotranspiração. As projeções falam por si: um aumento de até 6 °C na temperatura média e redução de 40 a 45% da chuva até o fim do século. Juara, assim, funciona como um microcosmo dessas mudanças globais, evidenciando que fenômenos climáticos escritos em escala continental se refletem das raízes às ruas. Portanto, reforça-se a urgência em políticas que revertam o desmatamento, restaurem a cobertura vegetal e promovam uma gestão territorial que garanta a conservação hídrica e térmica da região, cruciais não apenas para a Amazônia, mas para todo o ciclo climático que sustenta a vida na parte central e Sudeste do Brasil (Lovejoy; Nobre, 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo comprovou, de forma clara e integrada, a associação direta entre a expansão antrópica em Juara, e as alterações climáticas locais. O uso de imagens de satélite (Landsat 5 e 8),

aliado à análise de temperatura de superfície e estimativas de umidade, evidenciou o desmatamento crescente das últimas décadas, acompanhando o surgimento de áreas agrícolas, pastagens e zonas urbanas. Entre 1985 e 2020, observou-se um aumento de aproximadamente 6 °C na temperatura de superfície e queda significativa na umidade do ar, reflexo da redução da evapotranspiração e mudanças no balanço térmico, corroborando os dados de outras pesquisas na Amazônia.

Ao integrar sensoriamento remoto, dados climáticos e Educação Ambiental, o trabalho evidenciou uma abordagem didática potente. Estudantes puderam visualizar, analisar e discutir os efeitos ambientais de forma contextualizada, aproximando teoria e realidade local. A aplicação de metodologias participativas, como trilhas interpretativas e uso de imagens orbitais, mostrou-se eficaz para fomentar a conscientização e estimular práticas mais sustentáveis.

Portanto, além de trazer contribuições científicas relevantes ao mapear e quantificar as mudanças no uso do solo e suas implicações climáticas, o estudo também oferece um caminho promissor para a Educação Ambiental no ensino básico. Reitera-se a necessidade urgente de políticas públicas que promovam o monitoramento contínuo do uso do solo, restauração da vegetação e adoção de estratégias territoriais sustentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, Richard G.; TASUMI, Masahiro; TREZZA, Ricardo. Balanço de energia baseado em satélite para mapeamento de evapotranspiração com calibração internalizada (METRIC)—Modelo. **Revista de Engenharia de Irrigação e Drenagem**, v. 133, n. 4, p. 380–394, 2007. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2007\)133:4\(380\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2007)133:4(380)). Acesso em: 4 set. 2025.

ALVES, Francisco Sérgio Maia; FISCH, Gilberto; VENDRAME, Íria Fernandes. Modificações do microclima e regime hidrológico devido ao desmatamento na Amazônia: estudo de um caso em Rondônia (RO), Brasil. **Acta Amazônica**, v. 29, n. 3, p. 395–406, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-43921999293409>. Acesso em: 4 set. 2025.

ANDRADE, José; BASCH, Gottlieb. Clima e estado do tempo. Factores e elementos do clima. Classificação do clima. In: SHAHIDIAN, S. et al. (org.). **Hidrologia prática**. Évora: ICAAM-ECT – Universidade de Évora, 2012. p. 23–80. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10174/23928>. Acesso em: 5 set. 2025.

BONINI, Isabelle; PESSOA, Marcos José Gomes; JÚNIOR, Santino Seabra. Faces da produção agrícola na Amazônia mato-grossense: tipos de exploração, origem dos agricultores e impactos na conservação ambiental no município de Alta Floresta (MT). **Novos Cadernos NAEA**, v. 16, n. 1, p. 173–190, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5801/ncn.v16i1.975>. Acesso em: 4 set. 2025.

BORMA, Laura de Simone; GITIRANA JR, Gilson de Farias Neves; LUIZ, Gislaine Cristina. Interação solo-planta-atmosfera e o papel dos solos não saturados. In: CARVALHO, I. J. et al. (org.). **Solos não saturados no contexto geotécnico**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. p. 327–360. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/978-65-992098-3-3.cap14>. Acesso em: 5 set. 2025.

CHANDER, Gyanesh; MARKHAM, Brian L.; HELDER, Dennis L. Resumo dos coeficientes de calibração radiométrica atuais para sensores Landsat MSS, TM, ETM+ e EO 1 ALI. **Sensoriamento**

Remoto do Ambiente, v. 113, n. 5, p. 893–903, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.01.007>. Acesso em: 4 set. 2025.

CRÓSTA, Alvaro Penteado. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Edição revisada. Campinas, SP: Instituto de Geociências, UNICAMP, 1992. 170 p.

FISCH, Gilberto; MARENGO, José A.; NOBRE, Carlos A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 28, n. 2, p. 101–126, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-43921998282126>. Acesso em: 20 abr. 2021.

FRIES, Andreas et al. Near surface air humidity in a megadiverse Andean mountain ecosystem of southern Ecuador and its regionalization. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 152, p. 17–30, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.08.004>. Acesso em: 4 set. 2025.

GASH, J. H. C. et al. **Amazonian deforestation and climate**. Chichester: Wiley, 1997. 611 p. Disponível em: <https://archive.org/details/amazoniandefores0000unse>. Acesso em: 5 set. 2025.

GOMES, Welison Wendel Eufrásio; LEITE-FILHO, Argemiro Teixeira; SOARES-FILHO, Britaldo Silveira. Simulação dos impactos das mudanças climáticas globais na evapotranspiração de referência da Bacia Amazônica Brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 28, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/rbclima.v28i0.74046>. Acesso em: 5 set. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa da Pecuária Municipal: efetivo de bovinos por municípios – 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso em: 5 set. 2025.

JOVINO, E. S. et al. Impactos do uso e cobertura do solo na produção de sedimentos em área de manancial periurbano tropical. **Sociedade & Natureza**, v. 34, n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-64640>. Acesso em: 4 set. 2025.

LAURANCE, William F. et al. The future of the Brazilian Amazon. **Science**, v. 291, n. 5503, p. 438–439, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.291.5503.438>. Acesso em: 4 set. 2025.

LEITE, Christiane Cavalcante; DA FONSECA LYRA, Roberto Fernando; DE AMORIM, Ranieri Carlos Ferreira. Características da camada-limite convectiva durante a transição da estação seca para chuvosa na Amazônia: comparação floresta/pastagem. **Nature and Conservation**, Curitiba, v. 10, n. 2, p. 6–14, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2017.002.0001>. Acesso em: 5 set. 2025.

LIBERATO, Ailton Marcolino; NASCIMENTO, Geissa Samira Lima. Estimativa de albedo e índice de área foliar em região tropical úmida através do algoritmo SEBAL. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 15., 2011, Curitiba. Anais [...]. São José dos Campos: INPE, 2011. p. 6113–6120. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.08.17.51/doc/p0469.pdf>. Acesso em: 5 set. 2025.

LOVEJOY, T. E.; NOBRE, C. Amazon tipping point. **Science Advances**, Washington, v. 4, eaat2340, 21 fev. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat2340>. Acesso em: 5 set. 2025.

MARENGO, José A.; SOUZA Jr., Carlos. **Mudanças climáticas: impactos e cenários para a Amazônia**. São Paulo, 2018. Disponível em: https://educacao.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2023/12/Relatorio_Mudancas_Climaticas-Amazonia.pdf. Acesso em: 5 set. 2025.

NEPSTAD, Daniel et al. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. **Forest Ecology and Management**, v. 154, n. 3, p. 395–407, 2001. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/222062709_Road_Paving_Fire_Regime_Feedbacks_and_the_Future_of_Amazon_Forests. Acesso em: 4 set. 2025.

OLIVEIRA, Ariovaldo Umbelino. **A fronteira amazônica mato-grossense: grilagem, corrupção e violência**. 1997. Tese (Livre-docência) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <https://agraria.fflch.usp.br/sites/agraria.fflch.usp.br/files/A%20FRONTEIRA%20AMAZ%C3%94NICA%20MATO%20GROSSENSE.pdf>. Acesso em: 4 set. 2025.

OLIVEIRA, Ariovaldo Umbelino. BR 163 Cuiabá Santarém: geopolítica, grilagem, violência e mundialização. In: TORRES, Mauricio (org.). **Amazônia revelada: os descaminhos ao longo da BR 163**. Brasília: CNPq, 2005. p. 67–184. Disponível em: <https://centrodememoria.cnpq.br/amazonia%20revelada.pdf>. Acesso em: 4 set. 2025.

OLIVEIRA, Bernadete Castro. Todo dia é dia de Índio: Terra indígena e sustentabilidade. In: TORRES, Mauricio (org.). **Amazônia revelada: os descaminhos ao longo da BR 163**. Brasília: CNPq, 2005. p. 67–184. Disponível em: <https://www.gov.br/cnpq/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/amazoniarevelada.pdf>. Acesso em: 4 set. 2025.

OLIVEIRA, Luciano Aparecido; JASPER, André. Mapeamento de focos de calor no município de Juara/MT nos anos de 2016 e 2017: construção de banco de dados para análises ambientais regionais. **Revista Destaques Acadêmicos**, Lajeado, RS, v. 10, n. 3, 2018. Disponível em: <https://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/1981>. Acesso em: 5 set. 2025.

PEREIRA, Lisanil da Conceição Patrocínio. O processo de ocupação do município de Juara-MT/Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, Heredia, v. 2, p. 1–13, jul./dez. 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4517/451744820535.pdf>. Acesso em: 5 set. 2025.

PAVÃO, Vagner Marques et al. Impacto da conversão da cobertura natural em pastagem e área urbana sobre variáveis biofísicas no sul do Amazonas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 3, p. 343–351, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-77863230002>. Acesso em: 5 set. 2025.

PERAZZOLI, Mauricio; PINHEIRO, Adilson; KAUFMANN, Vander. Efeitos de cenários de uso do solo sobre o regime hídrico e produção de sedimentos na bacia do Ribeirão Concórdia-SC. **Revista Árvore**, v. 37, p. 859–869, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000500008>. Acesso em: 4 set. 2025.

ROBERTS, Dar A.; KELLER, Michael; SOARES, João Viane. Studies of land-cover, land-use, and biophysical properties of vegetation in the Large Scale Biosphere Atmosphere experiment in Amazônia. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 4, p. 377–388, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.08.012>. Acesso em: 4 set. 2025.

SANT’ANA, Daniela Alves Braga. **Alianças multifacetadas: colonização de Juara – Mato Grosso – discursos, práticas culturais e memórias (1971–2008)**. 2015. 225 f. Dissertação (Mestrado em História) – Programa de Pós-Graduação em História, Territórios e Fronteiras, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4517/451744820535.pdf>. Acesso em: 4 set. 2025.

SANTOS, Thiago Oliveira. Os impactos do desmatamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um estudo de revisão. **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista, v. 11, n. 2, p. 157–181, 2017. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/rga/article/view/4430>. Acesso em: 5 set. 2025.

SCHMIDT, Gail L. et al. **Landsat ecosystem disturbance adaptive processing system (LEDAPS) algorithm description**. Reston: U.S. Geological Survey, 2013. (Open-File Report, 2013-1057). Disponível em: <https://doi.org/10.3133/ofr20131057>. Acesso em: 4 set. 2025.

TARIFA, José Roberto. Alterações climáticas resultantes da ocupação agrícola no Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 8, p. 15–27, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0002>. Acesso em: 4 set. 2025.

XU, Xiyan et al. Deforestation triggering irreversible transition in Amazon hydrological cycle. **Environmental Research Letters**, Bristol, v. 17, n. 3, p. 034037, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac4c1d>. Acesso em: 5 set. 2025.

Correspondência

Jean Reinildes Pinheiro

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8330-7064>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4791706939726587>
E-mail: jean.pinheiro@ufmt.br

Possui graduação em Licenciatura em Física pela Universidade Federal de Mato Grosso, Mestrado em Física pela Universidade Federal do Ceará e Doutorado em Física Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso. Atualmente é Professor Associado II do Campus da UFMT/Sinop, atuando na nos cursos de Graduação e membro permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática.

Cindy Lauper Ferreira Silva

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5338-0663>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2033796031423803>
E-mail: cindylauperfs@gmail.com

Possui graduação em Geografia (licenciatura plena) pela Universidade Estadual de Goiás, Especialização em Educação, diversidade e cidadania pela Faculdade Educacional da Lapa, Mestra em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática pela Universidade Federal de Mato Grosso. Atualmente atua como professora da educação básica na Rede Estadual de Ensino no Estado de Mato Grosso.

Nayla Gabriela Sales de Campos Curado

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5338-0663>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2033796031423803>
E-mail: nayla.curado@sou.ufmt.br

Graduada em Ciências Naturais e Matemática - Matemática pela Universidade Federal de Mato Grosso/Sinop.