



Revista Brasileira de Geografia Física

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



Influência do desmatamento na temperatura do ar

Priscila dos Santos Ribeiro¹, Dênis José Cardoso Gomes², Everaldo Barreiro de Souza³, Max Miler Menezes Nascimento⁴, Juliana Cristina Silva do Nascimento⁵, Maria Regina da Silva Oliveira⁶, Mateus do Carmo Rocha⁷

¹Licenciada em Ciências Biológicas pela Faculdade Integradas Ipiranga (2016). Discente do curso de Meteorologia (Matutino) pela Universidade Federal do Pará. Pós - Graduanda em Gestão Educacional e Docência do Ensino Básico à Superior pela faculdade Estrategia e em Engenharia Ambiental pela faculdade Educamais. E-mail correspondente: priscilaribeiro175@gmail.com

²Mestre em ciências ambientais pelo programa de Pós- Graduação em Ciências Ambientais na Universidade do Estado do Pará. UEPA, bacharel em Meteorologia pela Universidade Federal do Pará, UFPA. E-mail: deniss.feg@gmail.com

³Doutor em Meteorologia pela Universidade de São Paulo, Mestre em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Bacharel em Meteorologia pela Universidade Federal do Pará E-mail: everaldo@ufpa.br

⁴Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará. Graduado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. E-mail: maxmilermenezes@gmail.com

⁵Mestranda em Engenharia Civil, área de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, na Universidade Federal do Pará (UFPA). Graduada em Engenharia Ambiental & Energias Renováveis pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). E-mail: csnjuliana@gmail.com

⁶Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária pela UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ –UEPA, Mestrando em Ciências Ambientais (PPGCA-UEPA) Emai.: mateusrocha@ufpa.br

Artigo recebido em 12/07/2022 e aceito em 21/09/2022

RESUMO

O aumento das taxas de desmatamento nos últimos anos tem provocado alguns efeitos no clima como a alteração nos padrões de temperatura do ar na Amazônia. O objetivo deste estudo foi avaliar as variações na temperatura do ar, em associação com as taxas de desmatamento em alguns municípios do Estado do Pará, durante as últimas décadas, baseando-se nos padrões de temperatura. Os dados de desmatamento anual, em nível municipal, foram adquiridos do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Brasileira por Satélite. A temperatura do ar (TM_{ax} e TM_{ín}) foi obtida do Instituto Nacional de Meteorologia. A análise das informações das variáveis ambientais em estudo foi realizada considerando os anos de 2000 até 2019, comparando os períodos seco e chuvoso. As variáveis ambientais foram inseridas no *software* GrADS para a confecção das informações espacializadas, com a visualização da variação temporal da TM_{ax} e TM_{ín}, além do cálculo da correlação. Observa-se que as regiões do leste paraense e a do arco do desmatamento são as mais críticas na relação entre desmatamento e temperatura do ar. Os municípios com maiores índices de desmatamento são Altamira (10.000 km²), Marabá (~7.500 km²), Itaituba (~5.000 km²), Monte Alegre (~5.000 km²), Conceição do Araguaia (~2.500 km²), Óbidos (>2.500 km²) e Porto de Moz (>2.500 km²). Há uma elevação da temperatura do ar e a estatística mostra correlação significativa em alguns desses locais. Alertas para alguns municípios são apontados, referentes ao aumento da temperatura do ar relacionado ao desmatamento, principalmente no período seco.

Palavras-chave: Floresta, Clima, Amazônia.

Influence of deforestation on air temperature

ABSTRACT

The increase in deforestation rates in recent years has had some effects on the climate, such as changes in air temperature patterns in the Amazon. The objective of this study was to evaluate variations in air temperature, in association with deforestation rates in some municipalities of the State of Pará, during the last decades, based on temperature patterns. Annual deforestation data, at the municipal level, were acquired from the Satellite Monitoring of Deforestation in the Brazilian Amazon. The air temperature (TM_{ax} and TM_{ín}) was obtained from the Instituto Nacional de Meteorologia. The analysis of information from the environmental variables under study was carried out considering the years 2000 to 2019, comparing the dry and rainy periods. The environmental variables were inserted in the GrADS software to create the spatialized information, with the visualization of the temporal variation of TM_{ax} and TM_{ín}, in addition to the calculation of the correlation. It is observed that the regions of eastern Pará and the arc of deforestation are the most critical in the relationship between deforestation and air temperature. The municipalities with the highest deforestation rate are Altamira (10,000 km²), Marabá (~7,500 km²), Itaituba (~5,000 km²), Monte Alegre (~5,000 km²), Conceição do Araguaia (~2,500 km²), Óbidos (>2,500 km²) and Port of Moz (>2,500 km²). There's a rise in air temperature and statistics show a

significant correlation in some of these locations. Alerts for some municipalities are pointed out, referring to the increase in air temperature related to deforestation, especially in the dry season.

Keywords: Forest, Climate, Amazon.

Introdução

A Amazônia é a floresta mais extensa do planeta, distribuída em uma área de, aproximadamente, 6,3 milhões de km², abrangendo países como Brasil, Peru, Colômbia, Equador, Venezuela, Bolívia e Guianas (Santos et al., 2017). No Brasil, o bioma amazônico tem 4,2 milhões de km², representando a região com uma das maiores biodiversidades do planeta (Carneiro Filho, 2009; Almeida et al., 2021). Em uma perspectiva ampla, proteger os ecossistemas amazônicos é essencial para a preservação da biodiversidade, regulação do clima, produção de energia, polinização, controle natural/biológico de pragas, economia e saúde humana, sem esquecer de seu valor estético e cultural (Ellwanger et al., 2020).

Apesar de sua importância continental e global, a região tem sido ameaçada pelo avanço predatório de algumas atividades econômicas sobre seus limites, especialmente a partir da segunda metade do século XX. A maior parte dos recursos naturais explorados no Brasil está localizada no território amazônico (Paiva et al., 2019). Segundo Carvalho et al. (2019), está problemática ocorre devido às fragilidades das regulamentações brasileiras, responsáveis pelas atividades de extração e transporte de madeira, que muitas vezes são burladas. Essas questões relacionadas ao homem e o desmatamento podem ser agravados diante das mudanças climáticas.

A região amazônica está enfrentando um grande risco climático através da sinergia entre ameaças naturais, como o clima, e outras de origem antropogênica, como os desmatamentos, a fragmentação da floresta e os incêndios (Marengo et al., 2018). A alta sensibilidade do clima regional amazônico, sob pressão da degradação florestal (Alves et al., 2017), gera outras perturbações, como os processos biofísicos (Lawrence et al., 2022). Projeções alertam sobre o estresse térmico no norte brasileiro e atribuem isto à questões de vulnerabilidade socioclimática da região (Oliveira et al., 2021).

Na Amazônia, um dos principais fatores que interferem nas variações dos padrões de temperatura do ar é o desmatamento resultante das mudanças uso e ocupação da terra (Liao et al., 2018). Tais alterações na floresta amazônica estão associadas ao processo de uso e ocupação da terra (Shielein; Borner, 2018), decorrente da expansão do agronegócio (Oliveira; Silva, 2021), da

exploração da madeira (Ângelo; Sá, 2007) e da mineração (Sonter et al., 2017), além do avanço da agricultura de subsistência (Maciel et al., 2018). Através dessas atividades humanas, ocorre o desmatamento associado com as mudanças climáticas (Marengo et al., 2018), que modifica padrões de variabilidade e outras componentes ambientais, como o balanço hídrico (Heerspink et al., 2020) e a qualidade da água (Ríos-Villamizar, 2017). Assim, a retirada da cobertura florestal está alterando a temperatura do ar (Prevedello et al., 2019), o que pode resultar no desconforto do bem-estar populacional (Wolff et al., 2018).

As projeções de mudanças climáticas reportadas pelo IPCC (2013) indicam um aumento significativo da temperatura do ar nas próximas décadas. Com o aquecimento na região tropical, influenciado pelo desmatamento (Li et al., 2016), a Amazônia sofreu com o aumento de episódios de incêndios florestais (Cardil et al., 2020).

Embora a variável temperatura do ar próxima à superfície não apresente alta variabilidade espaço/temporal, ao longo do território amazônico, estudos voltados à esta questão são importantes para analisar a influência nos grandes centros urbanos (Souza et al., 2017), além de impactar na biodiversidade (Garcia et al., 2018), no setor do agrícola (Zhao et al., 2017; Mendez et al., 2021; Marengo et al., 2022), na produção primária bruta de florestas (Pau et al., 2018) e o bem-estar humano (Masuda et al., 2020). Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar as variações na temperatura do ar, em associação com as taxas de desmatamento alguns municípios do Estado do Pará, durante as últimas décadas, baseando-se nos padrões de temperatura dos períodos chuvoso e seco.

Material e métodos

Área de estudo

Os municípios e suas respectivas estações meteorológicas (INMET, 2022a) em estudo localizam-se no Estado do Pará (Figura 1), na Amazônia oriental. Esta região é marcada pela predominância do bioma amazônico com florestas densas (Oliveira et al., 2021) e algumas áreas de savanas (campo, pasto), possivelmente influenciada pelo desmatamento observado nos últimos anos. Além disto, há uma alta densidade hidrológica (Silva; Noda, 2016), e condições

climáticas caracterizadas por elevados valores (em relação à normal climatológica) de precipitação,

temperatura máxima e mínima e umidade relativa do ar (INMET, 2022b).

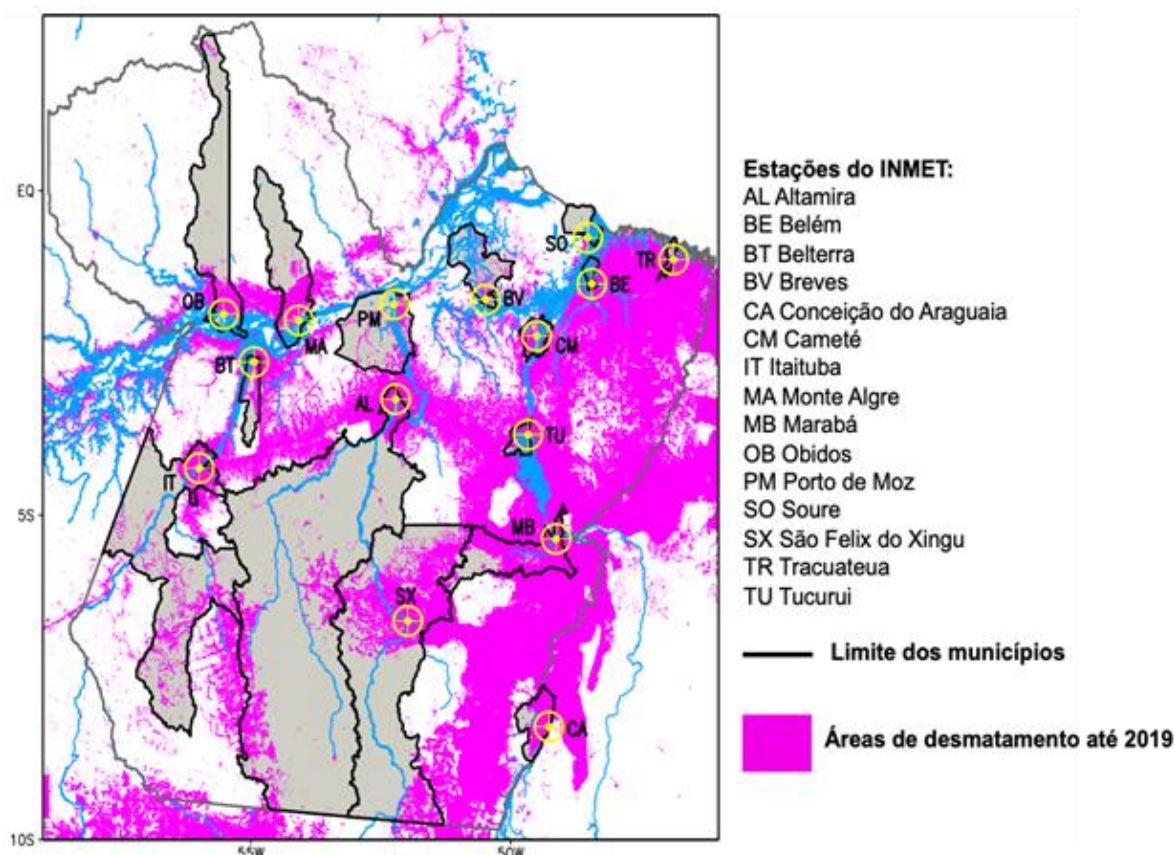


Figura 1. Localização da área de estudo, mostrando as estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no Estado do Pará. Fonte: Autores (2021).

Aquisição e Processamento de dados

Assim como em Rocha et al. (2019), os dados com as taxas anuais de desmatamento foram adquiridos junto ao banco de dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Brasileira por Satélite (PRODES) disponibilizado em:

<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes> do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Estes dados foram obtidos, em nível municipal, no portal: <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>. Os municípios paraenses em análise foram: Altamira (AL), Belém (BE), Belterra (BT), Breves (BV), Conceição do Araguaia (CA), Cameté (CM), Itaituba (IT), Monte Alegre (MA), Marabá (MB), Óbidos (OB), Porto de Moz (PM), Soure (SO), São Félix do Xingu (SX), Tracuateua (TR) e Tucuruí (TU). Outras informações constantes nos arquivos extraídos são a área original do município (km²), a área desmatada e o respectivo percentual desse desmatamento (%), além do incremento (ano corrente/pelo ano anterior, em %). Para esse estudo foram obtidos os

dados de desmatamento de 2000 até 2019 desses municípios. Também foram importados os arquivos digitais em formato *shapefile* para plotar no *software* GrADS e gerar a imagem representante da distribuição espacial do desmatamento no Estado do Pará.

Os dados mensais de temperatura do ar (°C) são provenientes da rede de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) disponibilizados no portal: <https://bdmep.inmet.gov.br>. Seguindo Joseph et al. (2021), usou-se os dados de temperatura máxima e mínima, adaptando o intervalo de tempo da análise de 2000 até 2019. A Temperatura Máxima (TM_{ax}) é registrada no período da tarde e a Temperatura Mínima (TM_{ín}) no período da madrugada/início da manhã. Um total de 15 estações do INMET foram utilizadas neste estudo.

Para investigar os efeitos do desmatamento na temperatura do ar nos municípios paraenses, admitiu-se que as mudanças na cobertura vegetal alteram a temperatura local (Armani et al., 2015). Estabelecido este pensamento e metodologia, adaptou-se para os padrões espaço-temporais, em

nível municipal, e foi realizada uma correlação no *software* GrADS para averiguar o grau de relação entre as variáveis ambientais. Para as análises deste estudo, relativas aos regimes climáticos sazonais no Pará, adotou-se a metodologia proposta por Souza et al. (2020). A Tabela 1 mostra os meses dos regimes chuvoso e seco.

Tabela 1 – Meses de ocorrência dos regimes chuvoso e seco nas estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Estação	Regime Chuvoso	Regime Seco
AL	Jan a Mai	Jul a Nov
BE	Jan a Abr	Jul a Nov
BT	Jan a Mai	Ago a Nov
BV	Jan a Mai	Jul a Nov
CA	Nov a Abr	Jun a Set
CM	Jan a Mai	Jul a Nov
IT	Jan a Abr	Jun a Out
MA	Fev a Mai	Ago a Nov
MB	Dez a Abr	Jun a Out
OB	Jan a Mai	Jun a Out
PM	Jan a Jun	Ago a Dez
SO	Jan a Mai	Jul a Dez
SX	Dez a Abr	Jun a Ago
TR	Jan a Mai	Ago a Dez
TU	Jan a Abr	Jun a Nov

Fonte: Autores (2021), adaptado de Souza et al. (2020).

Resultados e discussão

A Figura 2 mostra o desmatamento no ano de 2019 nos respectivos municípios como: Marabá (58%), Tracuateua (55%), Conceição do Araguaia (53%), Tucuruí (40%), Cametá (36%), Belém (24%) e Monte Alegre (24%) apresentam os maiores índices de áreas desmatada. As regiões com o menor grau de desmatamento são Altamira (91%), Itaituba (89%), Breves (82%), São Felix do Xingu (72%), Óbidos (70%), Monte Alegre (60%), Belterra (67%) e Porto de Moz (67%).

Duas regiões são destaques no corte florestal, o arco do desmatamento e o leste

paraense. Farias et al. (2018) chama atenção para os casos dos pequenos desmatamentos de projetos de assentamentos relacionados a agricultura familiar, onde o município de Novo Repartimento situado no arco do desmatamento foi altamente impactado pela retirada da cobertura florestal. Pois, casos como este quando somados aos demais municípios paraenses atingem valores alarmantes de desmatamento. Como os valores observados por Messias et al. (2021), onde afirmaram que o Pará é um dos Estados com maiores taxas de desmatamento nas últimas décadas.

Poccard-Chapuis et al. (2020) mostraram um mapeamento do desmatamento no Estado do Pará próximo ao observado. Siqueira-Gay et al. (2020) sugeriram que está supressão da cobertura vegetal é causada por fatores como construção de estradas e usinas, expansão urbana, ocupação de terras rurais, aumento das atividades agrícolas, mineração e mudanças climáticas. Alves (2021) complementaram que outros fatores relacionados ao desenvolvimento socioeconômico paraense são fundamentais para ações de desmatamento. Os mesmos autores alertaram sobre o risco da vegetação nativa, porém alegaram que o aumento da economia em municípios com alto nível de devastação florestal reduz o desmatamento local.

Mudanças do uso e cobertura da terra são utilizados como forte indicador do desmatamento e ações antrópicas. Por isso, Silva et al. (2016) apontaram que as principais razões do desmatamento estão ligadas as atividades agropecuárias e ocupação de terras próximas a grandes rodovias. Este cenário pode ser ratificado nas pesquisas de Gollnow et al. (2018), em que analisaram o desmatamento ao longo da BR-163 (Mato Grosso-Pará).

Tais cenários de intenso desmatamento ocasionam sérias consequências ao meio ambiente. Um dos efeitos é a alteração dos padrões de balanço energético e hidrológico em florestas tropicais (Conte et al., 2019), o que de acordo com os pesquisadores pode acarretar um ambiente mais seco. Climas mais secos sob cenários de mudanças no uso e cobertura da terra aliados a carência na gestão pública podem aumentar o risco de incêndios florestais (Pivello et al., 2021).

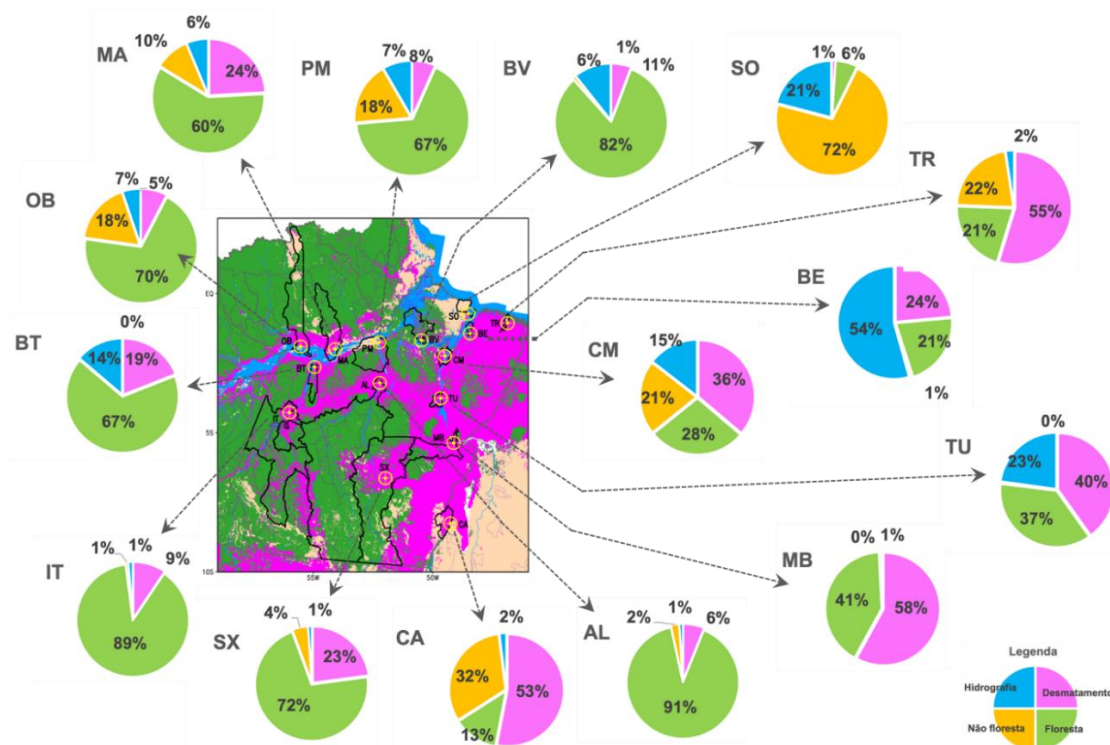


Figura 2. Desmatamento no Pará, no ano de 2019 e percentuais de desmatamento, floresta, não floresta e hidrografia nos municípios. Fonte: Autores (2021).

Na Figura 3, o destaque é para as séries temporais (2000 a 2019) das taxas de desmatamento e as médias de TMáx e TMin nos regimes chuvoso e seco de seis municípios. Observa-se que os municípios com maiores taxas de desmatamento são: Altamira (10.000 km²) e Conceição do Araguaia (~2.500 km²).

Estudos apontaram focos de desmatamento em Altamira nos últimos anos, onde o avançou até atingir unidades de conservação e terras indígenas (Miranda et al., 2021). De acordo com Vale et al. (2020), o município de Conceição do Araguaia é marcado por condições ambientais que contribuem para o contínuo aumento das áreas de atividades agropastoris nas últimas décadas, e alegaram que este setor apesar de fomentar a economia local é o principal responsável pelo desmatamento na região.

Outro ponto a se destacar são os elevados índices de desmatamento nos últimos anos, destaca-se o processo de atividades madeireira, pecuária, expansão de infraestrutura (estradas, portos, redes de transmissão de energia, hidrelétricas etc.), tornando esses espaços vulneráveis a degradações ambientais (Chopra, 2016).

Entretanto, os baixos índices de desmatamento em Belterra possivelmente estão relacionados a unidade de conservação da Floresta Nacional do Tapajós que atua nos serviços ecossistêmicos regulando o clima da região (Martorano et al., 2021). Contudo, os mesmos pesquisadores observaram valores de temperatura do ar inferiores comparado aos da Figura 3, o que indica aumento significativo do microclima local.

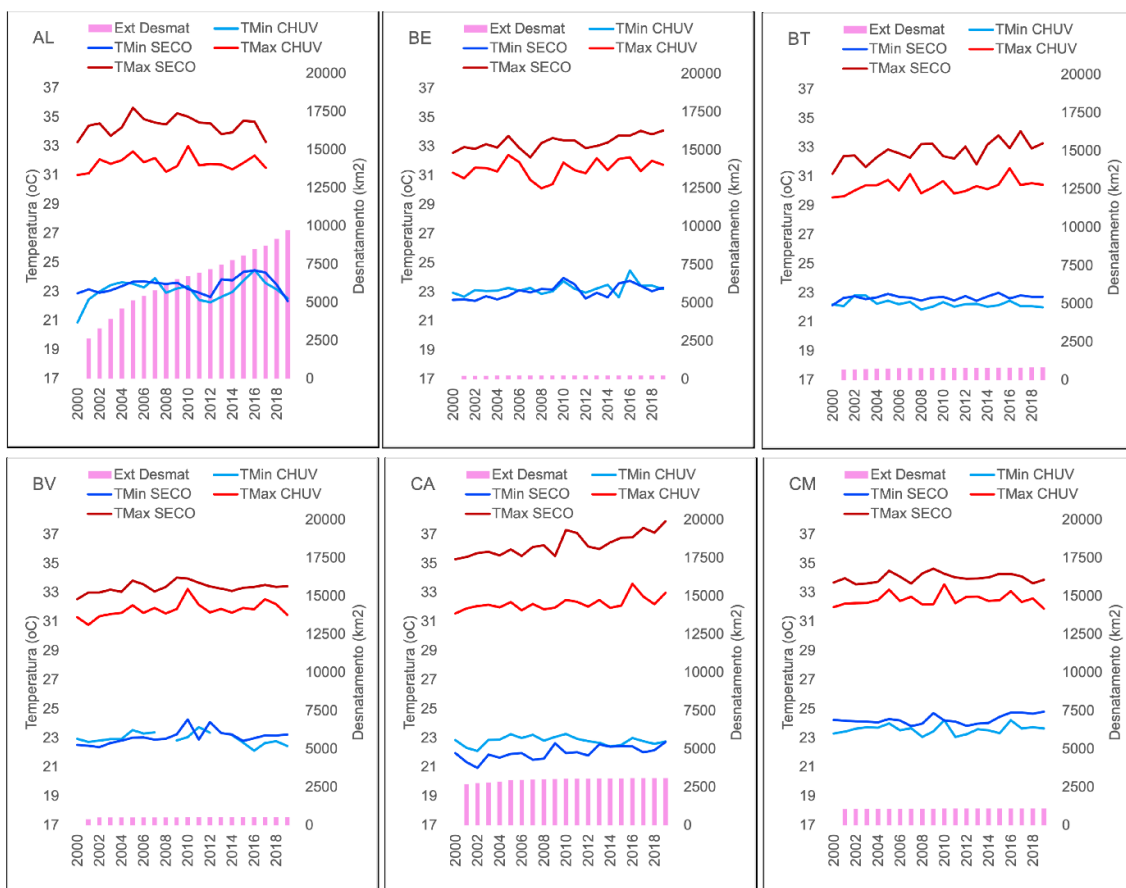


Figura 3. Séries temporais da taxa de desmatamento e TMax e TMin nos regimes chuvoso (CHUV) e seco (SECO): municípios de Alenquer, Belém, Belterra, Breves, Conceição do Araguaia e Cametá. Fonte: Autores (2021).

Outros municípios com elevados valores de desmatamento (Figura 4) são Itaituba (~5.000 km²), Monte Alegre (~5.000 km²), Marabá (~7.500 km²), Óbidos (>2.500 km²) e Porto de Moz (>2.500 km²).

Santana et al. (2011) comentaram que a este aumento do desflorestamento em Itaituba pode impactar no mercado (oferta e demanda) de extração de madeira da região. Os mesmos autores ainda reiteraram que o cenário oposto de redução no desmatamento pode colocar em risco mais de 1.000 empregos no setor madeireiro.

Em Óbidos, a taxa de desmatamento apresenta valores baixos e regulares ao longo dos anos. Este cenário provavelmente está associado as ações municipais no combate a degradação florestal, apesar da pecuária ser a principal economia da região, fator que resulta em algumas áreas de pasto, além de assentamentos pontuais (Aires et al., 2019).

Problemas socioambientais associados ao desmatamento são complexos, como o caso das

unidades de conservação em Monte Alegre. Pois nesta região, há conflitos entre as leis ambientais de proteção e as comunidades locais que necessitam do uso da terra e seus recursos naturais para a subsistência (Parente; Bursztyn, 2012). No caso de Marabá, Dias et al. (2021) revelaram que o desmatamento no município está relacionado a focos de queimadas. Situação que aumenta os desafios na proteção das unidades de conservação de Marabá (Maia et al., 2017). Está situação pode ser agravada em anos de seca extrema na Amazônia provocada por fatores naturais como o fenômeno El Niño (Silva Junior et al., 2019).

Desta maneira, as médias de temperaturas TMax seco e chuvoso para os municípios paraenses com altas taxas de desmatamento varia entre 30°C a 37°C, e as temperaturas médias de TMin seco e chuvoso no mesmo período oscila entre 23°C a 25°C. Estes elevados valores de TMax aliados a condições ambientais podem favorecer a ocorrência de incêndios.

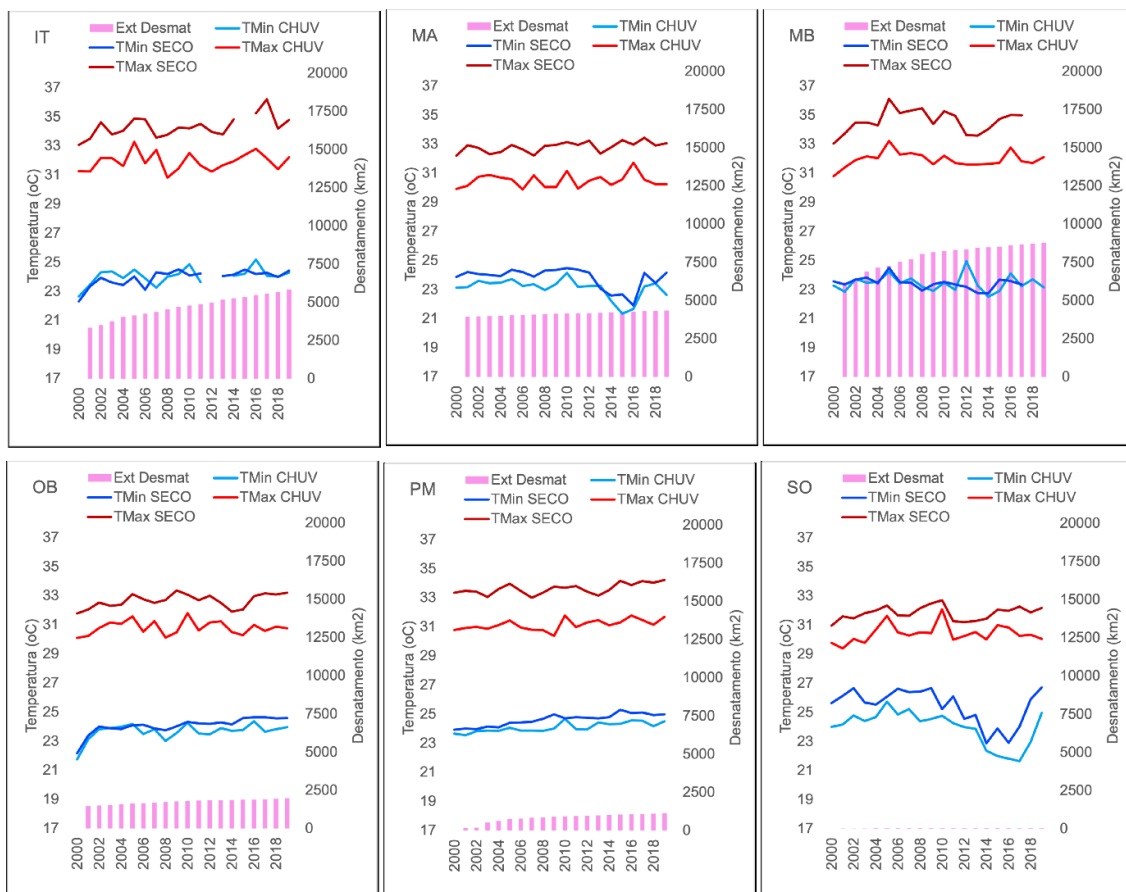


Figura 4. Séries temporais da taxa de desmatamento e TMax e TMin nos regimes chuvoso (CHUV) e seco (SECO): municípios de Itaituba, Monte Alegre, Marabá, Óbidos, Porto de Moz e Soure. Fonte: Autores (2021).

Na Figura 5, observa-se o município de São Felix do Xingu (~ 20.000 km²) com taxas de desmatamento extremamente altas. Conforme Miranda et al. (2021), tais valores exorbitantes são causados pela pastagem e produção de soja, principais atividades locais.

Os demais municípios paraenses com baixas taxas de desmatamento (Belém, Breves, Soure, Tracuateau, Tucuruí) apresentam TMax no período seco e chuvoso variando entre 29°C a 35°C, enquanto a TMin no período seco e chuvoso varia entre 21°C a 25°C. Possivelmente a intensa urbanização nessas áreas estabelecida nas últimas décadas resultou em poucas florestas para o corte. Entretanto, ainda há a ocorrência da ação de desflorestamento em alguns desses locais.

Brasil et al. (2021) estudaram uma unidade de conservação na cidade de Belém e ressaltaram a importância da proteção da cobertura vegetal, uma

vez que foi observado aumento das florestas indicando a regeneração florestal da área. Esses registros corroboram para o incentivo de cidades mais arborizadas com a finalidade de um melhor conforto térmico.

Gomes et al. (2015) analisaram a temperatura do ar em três décadas (1980-2013) nos municípios de Belterra, Monte Alegre, Óbidos e Porto de Moz. Os autores observam valores de temperatura do ar levemente inferior, porém, com tendências de elevação, além de destacar a grande variação nesta variável meteorológica no verão, com exceção de Óbidos onde foi detectado na estação da primavera. Essas variabilidades podem ter sido alteradas devido a influência de moduladores climáticos oriundos dos oceanos Atlântico e Pacífico tropicais.

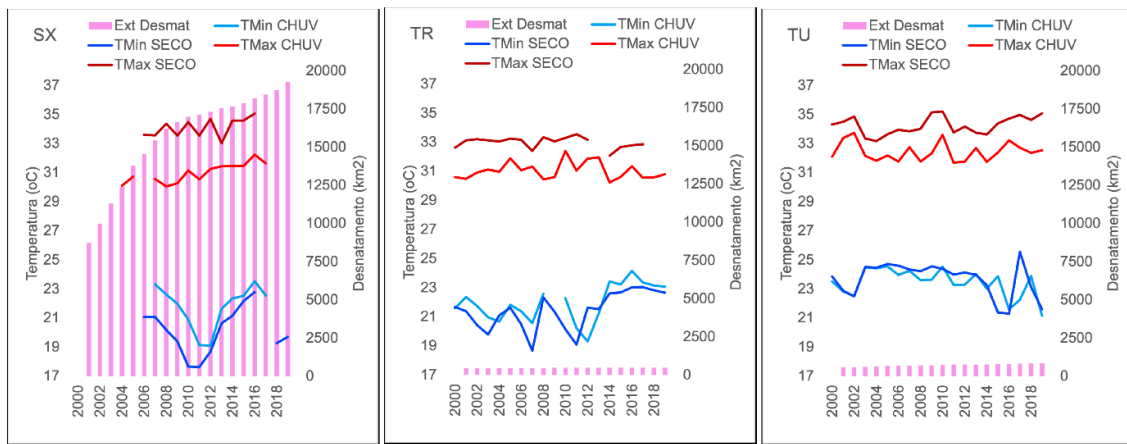


Figura 5. Séries temporais da taxa de desmatamento e TMax e TMin nos regimes chuvoso (CHUV) e seco (SECO): municípios de São Félix do Xingu, Tracuateua e Tucuruí. Fonte: Autores (2021).

A Tabela 2 mostra as correlações entre as séries temporais das taxas de desmatamento e as médias de TMax e TMin nos regimes chuvoso e seco em cada estação/município. Os valores destacados em vermelho indicam correlações positivas estatisticamente significantes, cujos resultados demonstram relação direta de que o desmatamento está provocando aumento da temperatura do ar. Para a TMax no regime seco destacam-se os municípios Belém (50%), Belterra (54%), Cametá (68%), Itaituba (50%), Marabá (51%) e Porto de Moz (50%). As maiores correlações da TMin no regime seco são os municípios de Belterra (62%), Cametá (73%), Itaituba (64%), Óbidos (85%) e Porto de Moz (90%). Esses valores configuram o percentual do aumento da temperatura máxima e mínima dos regimes seco em função das altas taxas de desmatamento no local.

Nas estações de temperatura média para o regime chuvoso registrou a TMax CHUV ocorrendo apenas no município de Breves (55%), diferente do município de Porto de Moz que tem (74% TMin regime CHUV, 90% TMin regime SECO), essa correlação do percentual demonstra que a temperatura do regime chuvoso é maior em áreas onde a taxa de desmatamento é atuante, mesmo se essa taxa for menor vai ocorrer o aumento dessas temperaturas, pois está ocorrendo desmatamento no município.

Tabela 2. Correlações entre as séries temporais (2000 a 2019) das taxas de desmatamento e TMax e TMin nos regimes chuvoso e seco em cada estação/município. Os valores destacados em vermelho indicam correlações positivas estatisticamente significantes. Fonte: Autores (2021).

Est.	TMin Regime CHUV	TMin Regime SECO	TMax Regime CHUV	TMax Regime SECO
AL	0,06	0,25	0,03	-0,14
BE	0,37	0,62	0,21	0,50
BT	-0,51	0,09	0,39	0,54
BV	0,06	0,40	0,55	0,35
CA	0,33	0,73	0,41	0,68
CM	0,07	0,37	0,17	0,14
IT	0,29	0,64	0,07	0,50
MA	-0,49	-0,43	0,03	0,51
MB	-0,05	-0,47	-0,10	0,13
OB	0,20	0,85	-0,02	0,38
PM	0,74	0,90	0,42	0,50
SO	-0,50	-0,45	0,25	0,12
SX	-0,28	-0,03	0,71	0,78
TR	0,34	0,46	0,05	-0,19
TU	-0,38	-0,29	-0,13	0,37

Fonte: Autores (2021).

Diante dessas observações, é importante ressaltar que regiões dominadas pelas florestas tropicais necessitam das práticas de conservação em algumas terras brasileiras e a preservação de outras áreas estratégicas que ofertam vários tipos de serviços ecossistêmicos para a sociedade. Baker e Spracklen (2019) ratificaram esta ideia quando mostraram os benefícios climático que a floresta amazônica intacta fornece, principalmente na atenuação da temperatura do ar. Contudo, estudos sugerem que o desmatamento, além de provocar alterações na temperatura do ar, também impacta no aquecimento do solo, servindo de alerta para o setor agrícola (Winckler et al., 2019).

Vale ressaltar que a recuperação de paisagem em florestas tropicais pode trazer muitos benefícios no equilíbrio da relação homem-natureza (Brancalion et al., 2019). Um exemplo é a redução das temperaturas extremas e seus efeitos no bem-estar e a saúde do ser humano (Raymond et al., 2020). Está problemática foi abordada alertando a população paraense que o desmatamento acelera o aquecimento local e diminui as horas seguras de trabalho exposto ao sol (Parsons et al., 2021).

Conclusão

Em alguns municípios do estado do Pará, as taxas de desmatamento provocam efeitos diretos de aumento da temperatura do ar, onde os padrões de aquecimento são maiores no regime seco.

No regime chuvoso apenas o município de Porto de Moz para a TMin e Breves para a TMax apresentou relações diretas e significantes entre desmatamento e aumento da temperatura.

No regime seco, seis municípios apresentaram tendência de aquecimento devido o desmatamento: Belém, Belterra, Conceição do Araguaia, Itaituba, Marabá e Porto de Moz. Ainda no regime seco, o aumento da TMin devido desmatamento ocorreu em cinco municípios: Belém, Conceição do Araguaia, Itaituba, Óbidos e Porto de Moz.

Referências

- Aires, A. P. A., Carvalho, A. C., Nunes, S. F., Ravena, N., 2019. Dinâmica do desmatamento no município de Óbidos (PA) e o estudo da gestão do Programa Municípios Verdes (PMV). Semioses: Inovação, Desenvolvimento e Sustentabilidade, 13 (2), 68-96.
- Armani, G., Pereira, C. L., Christofoletti, S. R., 2015. Padrões de cobertura e uso da terra e sua influência na temperatura do ar em rio Claro, SP. Revista do Instituto Geológico, 36 (1), 1-19.
- Almeida, E. R. D., Lima, R. A., Silva, I. A. D., Moura, O. S. D., 2021. Levantamento de animais silvestres atropelados no Cone Sul de Rondônia: Implicações na perda da Biodiversidade Amazônica Local. Revista EDUCAmazônia, 13 (1), 171-182.
- Alves, L. M., Marengo, J. A., Fu, R., Bombardi, R. J., 2017. Sensitivity of Amazon regional climate to deforestation. American Journal of Climate Change, 6 (1), 75-78.
- Alves, V. P., 2021. Determinantes do desmatamento no Estado do Pará: uma análise com regressões quantílicas para dados em painel. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, 17 (3), 257-270.
- Ângelo, H., Sá, S. P. P., 2007. O desflorestamento na amazônia brasileira. Ciência Florestal, 17 (3), 217-227.
- Baker, J. C. A., Spracklen, D. V., 2019. Climate benefits of intact Amazon forests and the biophysical consequences of disturbance. Frontiers in Forests and Global Change, 2 (47), 1-13.
- Brancalion, P. H. S., Niamir, A., Broadbent, E., Crouzeilles, R., Barros, F. M., Zambrano, A. M. A., Baccini, A., Aronson, J., Goetz, S., Reid, J. L., Strassburg, B. N., Wilson, S., Chazdon, R. L., 2019. Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes. Sciences Advances, 5 (7), 1-11.
- Brasil, N. M. Q. X., Brasil Neto, A. B., Paumgarten, A. E. A., Silveira, J. M. Q. X., Silva, A. A., 2021. Análise multitemporal da cobertura do solo do Parque Estadual do Utinga, Belém, Pará. Brazilian Journal of Development, 7 (4), 36109-36118.
- Cardil, A., Miguel, S., Silva, C. A., Reich, P. B., Calkin, D., Brancalion, P. H. S., Vibrans, A. C., Gamarra, J. G. P., Zhou, M., Pijanowski, B. C., Hui, C., Crowther, T. W., Hérault, B., Piottto, D., Salas-Eljatib, C., Broadbent, E. N., Zambrano, A. M. A., Picard, N., Aragão, L. E. O. C., Bastin, J., Routh, D., Hoogen, J., Peri, P. L. Liang, J., 2020. Recent deforestation drove the spike in Amazonian fires. Environmental Research Letters, 15 (12), 1-5.
- Carneiro Filho, A., Souza, O. B., 2009. Atlas de pressões e ameaças às terras indígenas na Amazônia brasileira. São Paulo: Instituto Socioambiental, 47 p.
- Carvalho, W. D., Mustin, K., Hilário, R. R., Vasconcelos, I. M., Eilers, V., Fearsides, 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.
- Chopra, R., 2016. Environmental Degradation in India: causes and consequences. International Journal of Applied Environmental Sciences, 11 (6), 1593-1601.
- Conte, L., Renner, M., Brando, P., Santos, C. O., Silvério, D., Kolle, O., Trumbore, S. E., Kleidon, A., 2019. Effects of tropical deforestation on surface energy balance partitioning in southeastern Amazonia estimated from maximum convective power.

- Geophysical Research Letters, 46 (8), 4396-4403.
- Dias, L. B. A., Garcia, P. S., Pereira, L. C., Pereira Júnior, A., 2021. Análise multitemporal de desflorestamento e queimadas na sub-bacia do rio Itacaiúnas, Marbá-Pará, Research, Society and Development, 10 (3), 1-17.
- Ellwanger, J. H., Kulmann-Leal, B., Kaminski, V. L., Valverde-Villegas, J. M., Veiga, A. B. G. D., Spliki, F. R., Fearnside, P. M., Caesar, L., Giatti, L. L., Wallau, G. L., Almeida, S. E.M., Borba, M. R., Hora, V. P. D., Chiles, J. A. B., 2020. Beyond diversity loss and climate change: Impacts of Amazon deforestation on infectious diseases and public health. *Academia Brasileira de Ciências*, 92 (1), 2-33.
- Farias, M. H. C. S., Beltrão, N. E. S., Santos, C. A., Cordeiro, Y. E. M., 2018. Impactos dos assentamentos rurais no desmatamento da Amazônia. *Mercator*, 17, 1-20.
- Ferreira, D. B. S., Souza, E. B., Oliveira, J. V., 2020. Identificação de extremos de precipitação em municípios do Estado do Pará e sua relação com os modos climáticos atuantes nos oceanos Pacífico e Atlântico. *Revista Brasileira de Climatologia*, 27, 197-222.
- Fick, S. E., Hijmans, R. J., 2017. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37 (12), 4302-4315.
- Garcia, F. C., Bestion, E., Warfield, R., Yvon-Durocher, G., 2018. Changes in temperature alter the relationship between biodiversity and ecosystem functioning. *PNAS*, 115 (43), 10989-10994.
- Gollnow, F., Gopel, J., Hissa, L. B. V., Schaldach, R., Lakes, T., 2018. Scenarios of land-use change in a deforestation corridor in the Brazilian Amazon: combining two scales of analysis. *Regional Environmental Change*, 18, 143-159.
- Gomes, A. C. S., Costa, M. S., Coutinho, M. D. L., Vale, R. S., Santos, M. S., 2015. Análise estatística das tendências de elevação nas séries de temperatura média máxima na Amazônia central: estudo de caso para a região do Oeste do Pará. *Revista Brasileira de Climatologia*, 17, 82-97.
- Heerspink, B. P., Kendall, A. D., Coe, M. T., Hyndman, D. W., 2020. Trends in streamflow, evapotranspiration, and groundwater storage across the Amazon basin linked to changing precipitation and land cover. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 32, 1-16.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Mapas de Climatologia. Banco de Dados Meteorológicos. Disponível: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso: 12/12/2021a.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Mapas de Climatologia. Banco de Dados Meteorológicos. Disponível: <https://clima.inmet.gov.br/>. Acesso: 12/12/2021b.
- Joseph, W., Souza, A. P., Sabino, M., 2021. Índices de extremos de temperatura do ar na Amazônia brasileira. *Revista Franco-Brasileira de Geografia [on-line]*, 52.
- Lawrence, D., Coe, M., Walker, W., Verchot, L., Vandecar, K., 2022. The unseen effects of deforestation: biophysical effects on climate. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5, 1-13.
- Liao, W., Rigden, A. J., Li, D., 2018. Attribution of local temperature response to deforestation. *JGR Biogeosciences*, 123 (5), 1572-1587.
- Li, Y., Zhao, M., Mildrexler, D. J., Motesharrei, S., Mu, Q., Kalnay, E., Zhao, F., Li, S., Wang, K., 2016. Potential and actual impacts of deforestation and afforestation on land surface temperature. *JGR Atmospheres*, 121 (24), 14372-14386.
- Maciel, R. C. G., Bezerra, F. D. S., Cavalcanti, F. C. S., Oliveira, O. F., Cavalcante Filho, P. G., 2018. Family farming, land use and sustainability in the Amazon: focusing on the educational dimension. *Creative Education*, 9, 99-114.
- Maia, J. O., Oliveira, G. P., Leal, A. G. L., Nicacio, J. A., Carréra, Y. A., 2017. Desafios na gestão das unidades de conservação no município de Marabá-PA. *Agrossistemas*, 9 (1), 31-44.
- Marengo, J. A., Jimenez, J. C., Espinoza, J., Cunha, A. P., Aragão, L. E. O., 2022. Increased climate pressure on the agricultural frontier in the Eastern Amazonia-Cerrado transition zone. *Scientific Reports*, 12 (457), 1-10.
- Marengo, J. A., Souza Junior, C. M., Thonicke, K., Burton, C., Halladay, K., Betts, R. A., Alves, L. M., Soares, W. R., 2018. Changes in Climate and Land Use Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends. *Frontiers in Earth Science*, 6, 1-21.
- Marterano, L. G., Soares, W. B., Moraes, J. R. S. C., Nascimento, W., Aparecido, L. E. O., Villa, P. M., 2021. Climatology of air temperature in Belterra: thermal regulation ecosystem services provided by the Tapajós National Forest in the Amazon. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 36 (2), 327-337.

- Masuda, Y. T., Garg, T., Anggraeni, I., Wolff, N. H., Ebi, K., Game, E. T., Krenz, J., Spector, J. T., 2020. Heat exposure from tropical deforestation decreases cognitive performance of rural workers: an experimental study. *Environmental Research Letters*, 15 (12), 1-12.
- Mendez, K., Adviento-Borbe, M. A., Lorence, A., Walia, H., 2021. Significant shift of ambient night-time air temperature during rice growing season in major US rice states. *American Journal of Climate Change*, 10 (1), 134-151.
- Messias, C. G., Silva, D. E., Silva, M. B., Lima, T. C., Almeida, C. A., 2021. Análise das taxas de desmatamento e seus fatores associados na Amazônia Legal Brasileira nas últimas três décadas. *RA'EGA*, 52, 18-41.
- Miranda, R. S., Nogueira, L. R., Rodrigues, M. S., Alves, A. M., Costa, M. S., Amador, M. F., 2021. Análise do desmatamento nos períodos de 2016 a 2020 na mesorregião sudeste paraense. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 7 (5), 498-517.
- Oliveira, B. F. A., Bottino, M. J., Nobre, P., Nobre, C. A., 2021. Deforestation and climate change are projected to increase heat stress risk in the Brazilian Amazon. *Communications Earth & Environmental*, 2 (207), 1-8.
- Oliveira, M. F., Mattos, P. P., Garrastazu, M. C., Braz, E. M., Figueiredo Filho, A., Rosot, N. C., 2021. Análise da estrutura horizontal por densidade de Kernel como subsídio ao manejo florestal na Amazônia. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 41, 1-14.
- Oliveira, R. C., Silva, R. D. S., 2021. Increase of agribusiness in the Brazilian Amazon: development or inequality? *Earth*, 2, 1077-1100.
- Paiva, P. F. P. R., Ruivo, M. D. L. P., Silva Júnior, O. M. D.; Maciel, M. D. N. M., Braga, T. G. M., Andrade, M. M. N. D., Santos Júnior, P. C. D., Rocha, E. S. D., Freitas, T. P. M. D., Leite, T. V. D. S., Gama, L. H. O. M., Santos, L. D. S., Silva, M. G. D., Silva, E. R. R., Ferreira, B. M., 2020. Deforestation in protect areas in the Amazon: a threat to biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, 29 (6), 19-38.
- Parente, I. C. I., Bursztyn, M., 2012. Conflitos em unidades de conservação na Amazônia: o caso do Parque Estadual Monte Alegre-Pará. *Novos Cadernos NAEA*, 15 (2), 21-44.
- Parsons, L. A., Jung, J., Masuda, Y. J., Zappetello, L. R. V., Wolff, N. H., Kroeger, T., Battisti, D. S., Spector, J. T., 2021. Tropical deforestation accelerates local warming and loss of safe outdoor working hours, *One Earth*, 4 (12), 1730-1740.
- Pau, S., Detto, M., Kim, Y., Still, C. J., 2018. Tropical forest temperature thresholds for gross primary productivity. *Ecosphere*, 9 (7), 1-12.
- Pivello, V. R., Vieira, I., Christianini, A. V., Ribeiro, D. B., Menezes, L. S., Berlinck, C. N., Melo, F. P. L., Marengo, J. A., Tornquist, C. G., Tomas, W. M., Overbeck, G. E., 2021. Understanding Brazil's catastrophic fires: causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 19 (3), 233-255.
- Poccard-Chapuis, R., Thalês, M. C., Peçanha, J. C., Piketty, M., 2020. Os territórios de desmatamento na Amazônia. Uma análise geográfica no Estado do Pará. *Revista Franco-Brasileira de Geografia [on-line]*, 48.
- Prevedello, J. A., Winck, G. R., Weber, M. M., Nichols, E., Sinervo, B., 2019. Impacts of forestation and deforestation on local temperature across the globe. *PLoS ONE*, 14 (3), 1-18.
- Raymond, C., Matthews, T., Horton, R. M., 2020. The emergence of heat and humidity too severe for human tolerance. *Sciences Advances*, 6 (19), 1-8.
- Ríos-Villamizar, E. A., Piedade, M. T. F., Junk, W. J., Waichman, A. V., 2017. Surface water quality and deforestation of the Purus river basin, Brazilian Amazon. *International Aquatic Research*, 9, 81-88.
- Rocha, S. A., Matricardi, E. A. T., Miguel, E. P., Lani, J. L., Oliveira, C. H. A., Gatto, A., 2019. Deforestation dynamics in the Nova Bonal sustainable development Project, Acre, Brazil. *Floresta e Ambiente*, 26 (4), 1-12.
- Santana, A. C., Santana, A. L., Santos, M. A. S., 2011. Influência do desmatamento no mercado de madeira em tora da região Mamuru-Arapiuns, Sudoeste do Pará, *Revista de Ciências Agrárias*, 54 (1), 42-51.
- Santos, S. R. Q., Braga, C. C., Campos, T. L. O. B., Brito, J. I. B., Santos, A. P. P., 2014. Variabilidade da Precipitação no Estado do Pará por meio de Análise em Componentes Principais. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 7 (3), 615-627.
- Santos, T. O. D., Andrade Filho, V. S. D., Rocha, V. M., Menezes, J. D. S., 2017. Os Impactos do Desmatamento e Queimadas de Origem Antrópica sobre o Clima da Amazônia Brasileira: Um Estudo de Revisão. *Revista Geográfica Acadêmica*, 11 (2), 157-181.

- Schielein, J., Borner, J., 2018. Recent transformations of land-use and land-cover dynamics across different deforestation frontiers in the Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, 76, 81-94.
- Silva, F. L., Oliveira, F. A., Amin, M. M., Beltrão, N. E. S., Andrade, V. M. S., 2016. Dimensões do uso e cobertura da terra nas mesorregiões do Estado do Pará. *Revista Espacios* [on-line], 37 (5), 5.
- Silva Junior, C. H. L., Anderson, L. O., Silva, A. L., Almeida, C. T., Dalagnol, R., Pletsch, M. A. J. S., Penha, T. V., Paloschi, R. A., Aragão, L. E. O. C., 2019. Fire responses to the 2010 and 2015/2016 Amazonian droughts. *Frontiers in Earth Science*, 7 (97), 1-16.
- Silva, S. H., Noda, S. N., 2016. A dinâmica ente as águas e terras na Amazônia e seus efeitos sobre as várzeas. *Revista Ambiente & Água*, 11 (2), 377-386.
- Siqueira-Gay, J., Yanai, A. M., Lessmann, J., Pessôa, A. C. M., Borja, D., Canova, M., Borges, R. C., 2020. Pathways to positive scenarios for the Amazon forest in Pará state, Brazil. *Biota Neotropica*, 20 (suppl. 1), 1-18.
- Sonter, L. J., Herrera, D., Barrett, D. J., Galford, G. L., Moran, C. J., Soares-Filho, B. S., 2017. Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. *Nature Communications*, 8 (1013), 1-7.
- Souza, E. B., Ferreira, D. B. S., Guimarães, J. T. F., Franco, V. S., Azevedo, F. T. M., Souza, P. J. O. P., 2017. Padrões climatológicos e tendências da precipitação nos regimes chuvoso e seco da Amazônia oriental. *Revista Brasileira de Climatologia*, 21, 81-93.
- IPCC, 2013: *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, 1535 pp.
- Vale, J. R. B., Pereira, J. A. A., Cereja, S. S. A., Souza, L. F. P., 2020. Análise multitemporal do uso e cobertura da terra do município de Conceição do Araguaia-Pará através do Google Earth Engine. *Revista Cerrados*, 18 (2), 297-318.
- Zhao, C., et al., 2017. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *PNAS*, 114 (35), 9326-9331.
- Winckler, J., Reick, C. H., Luyssaert, S., Cescatti, A., Stoy, P. C., Lejeune, Q., Raddatz, T., Chlond, A., Heidkamp, M., Pongratz, J., 2019. Different response of surface temperature and air temperature to deforestation in climate models. *Earth System Dynamics*, 10 (3), 473-484.
- Wolff, N. H., Masuda, Y. J., Meijaard, E., Wells, J. A., Game, E. T., 2018. Impacts of tropical deforestation on local temperature and human well-being perceptions. *Global Environmental Change*, 52, 181-189.