

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS NATURAIS, HUMANAS E SOCIAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

Cristiano Alves da Costa

**DINÂMICA DAS ALTERAÇÕES NO USO E COBERTURA DO SOLO E  
SUA INFLUÊNCIA NA DISTRIBUIÇÃO DO FLUXO DE CARBONO E  
PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO TRECHO CUIABÁ-  
SANTAREM DA BR-163**

**SINOP  
MATO GROSSO - BRASIL  
2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS NATURAIS, HUMANAS E SOCIAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

Cristiano Alves da Costa

**DINÂMICA DAS ALTERAÇÕES NO USO E COBERTURA DO SOLO E  
SUA INFLUÊNCIA NA DISTRIBUIÇÃO DO FLUXO DE CARBONO E  
PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO TRECHO CUIABÁ-  
SANTAREM DA BR-163**

Orientador: Prof. Dr. Domingos de Jesus Rodrigues

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Sinop, na área de concentração Biodiversidade e Bioprospecção, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Linha de pesquisa: Conhecimento, uso e conservação da biodiversidade.

**SINOP  
MATO GROSSO - BRASIL  
2021**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Sinop pela infraestrutura e pela oportunidade de realização da minha Pós-Graduação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM) pela oportunidade, e aos professores pelo apoio e transmissão de conhecimentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), pela concessão da bolsa.

Ao Prof. Dr. Domingos Jesus Rodrigues pela orientação, confiança, paciência, lições, e exemplo profissional.

À família Acervo Biológico da Amazônia Meridional (ABAM), pela amizade, apoio e cafés em todos os momentos.

Aos meus pais, Ricardo e Carla, que sempre me apoiaram em todos os momentos de minha vida, por todo amor, dedicação e incentivo para que eu pudesse alcançar meus objetivos, minha eterna gratidão e amor.

A minha família, de modo geral, que sempre se fez presente apesar da distância, Ana Cristina, Vô Arneu, Vó Marlene, minhas tias e tios: Sandra, Michele e Tales, além dos meus primos Júnior, Guilherme e Sophia.

A minha amiga Juliane Dambros pela amizade e apoio nos momentos mais críticos.

As amigas advindas da turma de mestrado, Talita Künast, Alexia Raiser, Camila Turini e Juliana Marestoni, pela parceria. amigas e parceria que fiz na turma do mestrado.

Ao meu amigo Cristiano Korpan, por toda a ajuda, atenção e apoio em todas as situações da graduação e mestrado.

A Daniela Castagna pelas contribuições realizadas ao trabalho.

Enfim, agradeço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!

*"A felicidade pode ser encontrada mesmo nas horas mais difíceis,  
se você lembrar de acender a luz"*

*- Alvo Dumbledore  
(em Harry Potter e o Prisioneiro de Azkaban)*

## RESUMO

A formação territorial está interligada a processos vinculados ao tempo, espaço, seu povoamento, a ocupação econômica em seu território e a ação do Estado. A criação da Amazônia Legal, durante o regime militar, como uma unidade de planejamento territorial e integração nacional resultou na construção da BR-163, impulsionando a ocupação da Amazônia e conseqüentemente alterações na paisagem em um ritmo intensificado. Assim, este estudo verificou a influência das alterações da cobertura do solo na dinâmica da precipitação pluvial e sequestro de carbono por meio do sensoriamento remoto multiespectral em três áreas da Amazônia Legal localizadas na rodovia Cuiabá-Santarém (BR-163) entre 1985 a 2019. O trecho Cuiabá-Santarém da rodovia corresponde a um segmento de aproximadamente 858 km localizado na Amazônia Legal. Para análise da alteração da cobertura do solo e determinação dos índices de vegetação e precipitação foram escolhidas ao acaso três áreas de referência totalizando 277.585 ha sendo estas áreas localizadas na Amazônia, transição Cerrado-Amazônia e Cerrado. Para análise da pluviosidade para as áreas de estudo foi realizada utilizando dados diários Climate Hazards group Infrared Precipitation with Stations (CHIRPS) obtidos por meio da plataforma Climate Engine correspondentes a série temporal supracitada. Para determinação da distribuição temporal dos eventos atípicos (períodos secos e úmidos) para as áreas de estudo foi realizada por meio do Índice de Precipitação Padronizado (SPI), em uma escala temporal de 12 meses (SPI-12). As imagens oriundas dos satélites da série Landsat foram utilizadas para a composição de mosaicos anuais, nos quais foi estimada a eficiência da vegetação no processo de sequestro de dióxido de carbono por meio do índice CO<sub>2</sub>Flux. Para determinação da cobertura do solo os mosaicos anuais foram utilizados para a criação do Índice Normalizado de Diferença de Fração (NDFI) em intervalos de cinco anos, classificados em cursos d'água, solo exposto, vegetação degradada e vegetação nativa. Além disso, as variáveis Precipitação, NDVI, CO<sub>2</sub>Flux e das bandas espectrais Azul e Verde, foram submetidos a análise de tendência na série temporal utilizando o teste de Mann-Kendall (Kendall, 1976; Mann, 1945) e o teste de Pettitt foi utilizado para identificar o ponto de mudança na série temporal. Conclui-se que a precipitação nas proximidades da BR-163 (trecho Cuiabá-Santarém) apresentou volumes regulares apesar da presença de anos atípicos nos 35 anos analisados, porém não foram observados anos exclusivamente secos ou chuvosos. Entre eventos extremos, somente foram verificados a presença de eventos extremos de chuva. Foi verificado a alteração na tendência de fixação de carbono, no qual até o ano de 1994 as áreas atuavam como drenos e nos anos subsequentes atuavam como fonte de carbono. A dinâmica de alterações na cobertura do solo nas proximidades de BR-163 se assemelha aos padrões observados na Amazônia Legal, possuindo maiores taxas de alterações nos anos de 1995 e 2005.

**Palavras-chave:** Chuva, Mudança climática, Desmatamento.

## ABSTRACT

Territorial formation is linked to processes linked to time, space, its settlement, economic occupation in its territory and State action. The creation of the Legal Amazon, during the military regime, as a territorial planning and national integration unit resulted in the construction of BR-163, boosting the occupation of the Amazon and consequently changes in the landscape at an intensified pace. Thus, this study verified the influence of changes in soil cover on the dynamics of rainfall and carbon sequestration through multispectral remote sensing in three areas of the Legal Amazon located on the Cuiabá-Santarém highway (BR-163) between 1985 to 2019. The Cuiabá-Santarém stretch of the highway corresponds to a segment of approximately 858 km located in the Legal Amazon. For the analysis of the alteration of the soil cover and determination of the vegetation and rainfall indices, three reference areas were randomly chosen, totaling 277,585 ha, these areas being located in the Amazon, Cerrado-Amazon and Cerrado transition. For the rainfall analysis for the studied areas it was performed using daily data from Climate Hazards group Infrared Precipitation with Stations (CHIRPS) obtained through the Climate Engine platform corresponding to the aforementioned time series. To determine the temporal distribution of atypical events (dry and wet periods) for the studied areas, it was performed using the Standardized Precipitation Index (SPI), on a 12-month time scale (SPI-12). The images from the Landsat series satellites were used to compose annual mosaics, in which the vegetation efficiency in the process of carbon dioxide sequestration was estimated using the CO<sub>2</sub>Flux index. To determine the soil cover, the annual mosaics were used to create the Standardized Fraction Difference Index (NDFI) at five-year intervals, classified in watercourses, exposed soil, degraded vegetation and native vegetation. In addition, the variables Rainfall, NDVI, CO<sub>2</sub>Flux and the spectral bands Blue and Green, were submitted to trend analysis in the time series using the Mann-Kendall test (Kendall, 1976; Mann, 1945) and the Pettitt test was used to identify the point of change in the time series. It is concluded that the rainfall in the BR-163 highway (Cuiabá-Santarém stretch) presented regular volumes despite the presence of atypical years in the 35 years analyzed, but no exclusively dry or rainy years were observed. Among extreme events, only the presence of extreme rainy events were verified. There was a change in the trend of carbon fixation, in which until 1994 the areas acted as drains and in subsequent years they acted as a carbon source. The dynamics of changes in land cover near BR-163 are similar to the patterns observed in the Legal Amazon, with higher rates of changes in the years 1995 and 2005.

**Keywords:** Climate change, Deforestation, Rainfall.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Trecho Cuiabá-Santarém da BR-163 compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará (A) e sua localização na Amazônia Legal (B) com detalhe para as três áreas estudo (C). Fonte: Elaborado pelo autor. ....	18
Figura 2. Distribuição da precipitação pluvial média mensal nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará na Amazônia Legal entre 1985 e 2019. Fonte: CHIRPS via Climate Engine (Funk et al., 2015; Huntington et al., 2017). ....	26
Figura 3. Distribuição da precipitação pluvial anual (total, média e desvio-padrão) nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará junto a Amazônia Legal entre 1985 e 2019. Fonte: CHIRPS via Climate Engine (Funk et al., 2015; Huntington et al., 2017). ....	27
Figura 4. Distribuição temporal do Índice de Precipitação Padronizado para 12 meses (SPI-12) nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará junto a Amazônia Legal entre 1985 e 2019. ....	28
Figura 5. Estimativa do fluxo mensal de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> Flux) e do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará junto a Amazônia Legal entre 1985 e 2019. ....	31
Figura 6. Estimativa do fluxo médio interanual de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> Flux) e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará junto a Amazônia Legal entre 1985 e 2019. ....	32
Figura 7. Dinâmica das alterações no uso e cobertura do solo nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará junto a Amazônia Legal entre 1985 e 2019. ....	33
Figura 8. Alterações na cobertura do solo nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará junto a Amazônia Legal entre 1985 e 2000. ....	36
Figura 9. Alterações na cobertura do solo nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará junto a Amazônia Legal entre 2005 e 2019. ....	37

Figura 10. Agrupamento resultante da Análise de Componentes Principais (PCA) no qual as variáveis analisadas são distribuídas nos grupos 1 (Precipitação, NDVI) e grupo 2 (CO <sub>2</sub> Flux e as bandas espectrais Azul e Verde). .....	39
Figura 11. Correlações de Pearson aplicada as variáveis avaliadas (Precipitação, NDVI, CO <sub>2</sub> Flux e as bandas espectrais Azul e Verde) entre 1985 e 2019.....	39
Figura 12. Distribuição espacial das variáveis analisadas (bandas espectrais Azul e Verde, NDVI e CO <sub>2</sub> Flux) e a cobertura do solo conforme o NDFI para as áreas estudadas no ano de 1994. ....	40

### LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Categorias de severidade dos eventos de secas e chuvas determinados por meio do Índice de Precipitação Padronizado (SPI; McKee et al., 1993) conforme critérios de classificação da WMO (2012). ....	21
Tabela 2. Distribuição temporal dos eventos secos ou chuvosos determinados meio do Índice de Precipitação Padronizado (SPI; McKee et al., 1993) conforme critérios de classificação da WMO (2012) nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará junto a Amazônia Legal entre 1985 e 2019. ....	29
Tabela 3. Cobertura do solo nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará junto a Amazônia Legal entre 1985 e 2019. ....	34
Tabela 4. P-valor dos testes de Mann-Kendall e Pettitt e ponto de mudança (ano) para as variáveis avaliadas (Precipitação, NDVI, CO <sub>2</sub> Flux e as bandas espectrais Azul e Verde) entre 1985 e 2019 ao nível de significância de 5%. ....	38

**SUMÁRIO**

INTRODUÇÃO GERAL .....	9
1 Introdução .....	16
2 Material e métodos .....	17
2.1 Área de estudo .....	17
2.2 Distribuição pluviométrica e eventos atípicos .....	18
2.3 Base de dados Landsat e índices espectrais .....	21
2.4 Identificação e análise das tendências temporais .....	24
3 Resultados.....	25
3.1 Regime pluviométrico e distribuição temporal dos eventos atípicos .....	25
3.2 Variação temporal do fluxo de carbono .....	30
3.3 Dinâmica de alterações na cobertura e uso do solo .....	32
3.4 Análise das tendências temporais .....	38
4 Discussão .....	41
Conclusões.....	49
Agradecimentos .....	50
Financiamento .....	50
Referências .....	50
Apêndices .....	65
Anexos .....	72

## INTRODUÇÃO GERAL

A formação territorial está interligada a processos vinculados ao tempo, espaço, seu povoamento, a ocupação econômica em seu território e a ação do Estado (IBGE, 2011), esse processo é fortemente atrelado a exploração dos recursos naturais e potencialidades na busca do desenvolvimento (BECKER, 2010). Durante a década de 60, as regiões Central e Norte do Brasil seguiam como porções do território pouco exploradas e de baixa densidade populacional, compreendendo o chamado “vazio demográfico” (CUNHA, 2006), contudo durante o regime militar, por meio da Lei Federal Nº. 1.806/1953 e Lei Nº. 5.173/1966, foi criado o conceito de Amazônia Legal constituído de um instrumento político-administrativo que visava favorecer o planejamento econômico e de desenvolvimento na região compreendida pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do Maranhão (Oeste do meridiano de 44°), com objetivo de estimular a produção agropecuária, extrativista e industrial, além do bem-estar econômico das populações da região e da expansão da riqueza brasileira (BRASIL, 1953, 1966)

Buscando a integração do território da Amazônia Legal ao restante do País, o regime militar cujo lema era “integrar para não entregar” (JUNIOR, 2005), estabeleceu o Programa de Integração Nacional (PIN), que visava a construção prioritária de duas rodovias: a rodovia Cuiabá-Santarém (BR-163) e a Transamazônica (BR-230) (BRASIL, 1971). A construção da BR-163 teve início em 1971 e foi finalizada em 1976, em seus 1.765 km distribuídos ao longo do Cerrado, Amazônia, e sua transição, ligando as cidades de Cuiabá (MT) a Santarém (PA) (CUNHA, 2006). A pavimentação da rodovia ocorreu depois de sua inauguração, sendo realizada no trecho Cuiabá-Guarantã do Norte, divisa com o Estado do Pará (MARGARIT, 2013).

A colonização ocorreu principalmente por meio de empresas particulares, que adotaram um modelo de ocupação nas áreas adjacentes a abertura da rodovia, sendo composto

majoritariamente de imigrantes oriundos da região Nordeste e Sul do Brasil (BRASIL, 1971; JUNIOR, 2005; MARGARIT, 2013). Esses migrantes foram atraídos para os projetos de colonização da BR-163 pela disponibilidade de terras e crédito subsidiado (ALENCAR *et al.*, 2016), além da possibilidade de crescimento econômico (BISTENE; GUIMARÃES, 2019), resultando em rápida expansão agrícola, madeireira e pecuária extensiva, principalmente após a exploração das espécies de interesse econômico, seguido de corte raso e queima dos resíduos florestais (LI *et al.*, 2019; NOBRE *et al.*, 2016). Como consequência desse modelo de ocupação, a paisagem apresenta nos anos iniciais o padrão de “espinha de peixe” caracterizado pela ocorrência de desmatamento perpendicular aos eixos de estradas e rodovias (MAURANO; ESCADA; RENNO, 2019; METZGER, 2001).

Com o desenvolvimento e fortalecimento das atividades agropecuárias no estado de Mato Grosso a fronteira agrícola se consolida ao Sul da Amazônia, se consolidando no contexto nacional e internacional como um dos maiores produtores de grãos (ZAIATZ *et al.*, 2018). Contudo, a dinâmica de ocupação ocorreu sem um comprometimento com a sustentabilidade ambiental da região (VIEIRA; ARAÚJO; TOLEDO, 2014), resultando em altas taxas de conversão das florestas (ASSIS *et al.*, 2019), ameaçando a biodiversidade, deteriorando serviços ecossistêmicos e, aumentando as emissões de carbono (KALAMANDEEN *et al.*, 2018), além de levantar questionamentos sobre os impactos das mudanças climáticas (LAPOLA *et al.*, 2014).

Considerando a importância histórica do eixo rodoviário Cuiabá-Santarém para a produção de *commodities*, e o gradiente de diferentes ecossistemas compreendidos nessa área, nesse estudo avaliamos as alterações da cobertura e uso do solo no período de 1985 a 2019 na Amazônia Legal. Dessa maneira objetiva-se compreender como as formações naturais iniciais foram modificadas ao longo do trecho Cuiabá-Santarém da rodovia BR-163 expandindo a série temporal para 35 anos de análise e contextualizando como diferentes fatores influenciaram na

paisagem da região. Dessa maneira, este trabalho está estruturado em um manuscrito único conforme descrição abaixo:

- Manuscrito I. Dinâmica das alterações no uso e cobertura do solo e sua influência na distribuição do fluxo de carbono e precipitação pluviométrica no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, a ser submetido no periódico *Remote Sensing of Environment - An Interdisciplinary Journal* (Qualis A1 em Ciências Ambientais).

## Referências

ALENCAR, A. *et al.* **Desmatamento nos Assentamentos da Amazônia: histórico, tendências e oportunidades.** Brasília: IPAM, 2016.

ASSIS, L. F. F. G. *et al.* TerraBrasilis: A Spatial Data Analytics Infrastructure for Large-Scale Thematic Mapping. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, [s. l.], v. 8, n. 11, p. 513–540, 2019. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijgi8110513>

BECKER, B. K. Novas territorialidades na Amazônia: desafio às políticas públicas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 17–23, 2010. Available at: <https://doi.org/10.1590/s1981-81222010000100003>

BISTENE, M. V. R. S.; GUIMARÃES, J. L. C. Desmatamento, população e desenvolvimento econômico no oeste do Pará nos eixos das Rodovias Santarém-Cuiabá e Transamazônica. **Natural Resources**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 19–35, 2019. Available at: <https://doi.org/10.6008/cbpc2237-9290.2019.002.0003>

BRASIL. **DECRETO-LEI No. 1.164, DE 1º DE ABRIL DE 1971. Declara indispensáveis à segurança e ao desenvolvimento nacionais terras devolutas situadas na faixa de cem quilômetros de largura em cada lado do eixo de rodovias na Amazônia**[S. l.: s. n.], 1971. Available at: [http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw\\_Identificacao/del\\_1.164-1971?OpenDocument](http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw_Identificacao/del_1.164-1971?OpenDocument)

BRASIL. **LEI No. 1.806, DE 6 DE JANEIRO DE 1953. Dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia, cria a Superintendência da sua execução e dá outras providências.** [s. n.], 1953. Available at: [http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw\\_Identificacao/lei\\_1.806-1953?OpenDocument](http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw_Identificacao/lei_1.806-1953?OpenDocument). Acesso em: 6 out. 2020.

BRASIL. **LEI No. 5.173, DE 27 DE OUTUBRO DE 1966. Dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia; extingue a Superintendência do Plano de**

**Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), cria a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM)...**[*s. l.: s. n.*], 1966. Available at: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L5173.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5173.htm). Acesso em: 14 set. 2020.

CUNHA, J. M. P. da. Dinâmica migratória e o processo de ocupação do Centro-Oeste brasileiro: o caso de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Estudos de População**, [*s. l.*], v. 23, n. 1, p. 87–107, 2006. Available at: <https://doi.org/10.1590/S0102-30982006000100006>

IBGE. **Evolução da divisão territorial do Brasil : 1872-2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

JUNIOR, J. A. “Terra sem povo”, crime sem castigo: Pouco ou nada sabemos de concreto sobre a Amazônia. *In*: TORRES, M. (Org. ). **Amazônia revelada - Os descaminhos ao longo da BR-163**. Brasília: CNPq, 2005. 496 p.

KALAMANDEEN, M. *et al.* Pervasive Rise of Small-scale Deforestation in Amazonia. **Scientific Reports**, [*s. l.*], v. 8, n. 1, p. 1–10, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19358-2>

LAPOLA, D. M. *et al.* Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, [*s. l.*], v. 4, n. 1, p. 27–35, 2014. Available at: <https://doi.org/10.1038/nclimate2056>

LI, G. *et al.* Examining deforestation and agropasture dynamics along the Brazilian TransAmazon Highway using multitemporal Landsat imagery. **GIScience and Remote Sensing**, [*s. l.*], v. 56, n. 2, p. 161–183, 2019. Available at: <https://doi.org/10.1080/15481603.2018.1497438>

MARGARIT, E. O processo de ocupação do espaço ao longo da BR-163: uma leitura a partir do planejamento regional estratégico da Amazônia durante o governo militar. **Geografia em Questão**, [*s. l.*], v. 6, n. 1, p. 12–31, 2013.

MAURANO, L. E. P.; ESCADA, M. I. S.; RENNO, C. D. Padrões espaciais de desmatamento e a estimativa da exatidão dos mapas do PRODES para Amazônia Legal Brasileira. **Ciência Florestal**, [*s. l.*], v. 29, n. 4, p. 1763, 2019. Available at: <https://doi.org/10.5902/1980509834380>

METZGER, J. P. Effects of deforestation pattern and private nature reserves on the forest conservation in settlement areas of the Brazilian Amazon <http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/abstract?article+BN00101122001>. **Methods**, [*s. l.*], 2001. Available at: <http://www.biotaneotropica.org.br>

NOBRE, C. A. *et al.* Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. **Proceedings of the National Academy of**

**Sciences**, [s. l.], v. 113, n. 39, p. 10759–10768, 2016. Available at: <https://doi.org/10.1073/pnas.1605516113>

VIEIRA, I. C. G. .; ARAÚJO, R. .; TOLEDO, P. M. Dinâmicas produtivas, transformações no uso da terra e sustentabilidade na Amazônia. *In*: SILFERT;, N. *et al.* (org.). **Um Olhar Territorial para o Desenvolvimento da Amazônia**. Rio de Janeiro: BNDES, 2014. p. 370–395.

ZAIATZ, A. P. S. R. *et al.* Agricultural land use and cover change in the Cerrado/Amazon ecotone: A case study of the upper Teles Pires river basin. **Acta Amazonica**, [s. l.], v. 48, n. 2, p. 168–177, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201701930>

**DINÂMICA DAS ALTERAÇÕES NO USO E COBERTURA DO SOLO  
E SUA INFLUÊNCIA NA DISTRIBUIÇÃO DO  
FLUXO DE CARBONO E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO  
TRECHO CUIABÁ-SANTAREM DA BR-163**

---

O presente manuscrito seguirá as padronizações adotadas pelo periódico *Remote Sensing of Environment - An Interdisciplinary Journal*, no qual o trabalho será submetido (Normas disponíveis no Anexo E).

1           **DINÂMICA DAS ALTERAÇÕES NO USO E COBERTURA DO SOLO E SUA**  
2           **INFLUÊNCIA NA DISTRIBUIÇÃO DO FLUXO DE CARBONO E PRECIPITAÇÃO**  
3           **PLUVIOMÉTRICA NO TRECHO CUIABÁ-SANTAREM DA BR-163**

4  
5   Cristiano Alves da Costa<sup>a\*</sup>, Carlos Antonio da Silva Junior<sup>b</sup>, & Domingos de Jesus Rodrigues<sup>a</sup>

6  
7   <sup>a</sup> Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Instituto de Ciências Naturais, Humanas e  
8   Sociais, Avenida Alexandre Ferronato, 1200, Setor Industrial, 78557-267, Sinop, Mato Grosso,  
9   Brasil. E-mail: cristianoa.dacosta@gmail.com, djmingo23@gmail.com. [http://orcid.org/0000-](http://orcid.org/0000-0002-4209-4899)  
10 [0002-4209-4899](http://orcid.org/0000-0002-4209-4899), <https://orcid.org/0000-0002-8360-2036>.

11   <sup>b</sup> Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Departamento de Geografia, Avenida  
12   dos Ingás, 3001, Jardim Imperial, 78555-000, Sinop, Mato Grosso, Brasil. E-mail:  
13   carlosjr@unemat.br. <https://orcid.org/0000-0002-7102-2077>.

14   \* Autor para correspondência.

## 15 **1 Introdução**

16 A Amazônia Legal (AML) abrange os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato  
17 Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do Maranhão (Oeste do meridiano de 44°),  
18 compreendendo 61% do território brasileiro (5,2 milhões de km<sup>2</sup>), e bem como todo o bioma  
19 amazônico (4,1 milhões de km<sup>2</sup>), 37% do bioma Cerrado e 40% do Pantanal (BRASIL, 2020,  
20 1966, 1953). A região é considerada uma prioridade global na conservação, abrigando cerca  
21 de 10 a 15% da biodiversidade terrestre (Vilela et al., 2020), além da regulação dos sistemas  
22 climáticos por meio da reciclagem de umidade, contribuindo para a circulação atmosférica e  
23 para os ciclos de água, energia e carbono (Marengo et al., 2018; Matricardi et al., 2020), bem  
24 como um estoque estimado de 150 a 200 bilhões de toneladas de carbono (Nobre et al., 2016).

25 A precipitação na AML é resultado de uma complexa interação entre os sistemas  
26 climáticos, resultando em grande variação temporal e espacial (Almeida et al., 2016), além de  
27 sofrer influência direta de perturbações termodinâmicas de escalas globais, dentre elas o  
28 fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) e suas diferentes fases: quente (El Niño) e fria (La  
29 Niña) (Souza et al., 2018). O ENOS exerce influência marcante sobre a variabilidade climática  
30 em diferentes regiões do Brasil e regimes pluviométricos, dentre eles pode se destacar longos  
31 períodos de secas e/ou enxurradas, possuindo maiores efeitos no Nordeste (Gois et al., 2015;  
32 Lyra et al., 2017), Sudeste (Gois et al., 2020; Oliveira-Júnior et al., 2018; Santos et al., 2016),  
33 Sul (Terassi et al., 2018) e Norte da Amazônia (Espinoza et al., 2019), contudo poucos estudos  
34 foram realizados no Estado de Mato Grosso (Oliveira et al., 2015; Sette e Tarifa, 2002; Souza  
35 et al., 2018). O monitoramento da precipitação pluviométrica buscando identificar ciclos e  
36 tendências de períodos secos ou chuvosos pode ser realizado por mais de 100 índices (vide  
37 Lloyd-Hughes, 2014), contudo o Índice de Precipitação Padronizado (SPI; McKee et al., 1993)  
38 que por sua vez é o índice mundialmente adotado (Hayes et al., 2011; WMO, 2016, 2012).

39 Pelo lado econômico, impulsionada pelo mercado de commodities a expansão agrícola  
40 na região, principalmente nos estados do Mato Grosso e Pará (Verburg et al., 2014), ameaça a  
41 conservação das florestas devido a constante demanda pela abertura de novas áreas destinadas  
42 a produção agropecuária e, conseqüentemente, em taxas históricas de desmatamento e contribui  
43 com a emissão de gases do efeito estufa - GEEs<sup>1</sup> (Carvalho et al., 2019; Kalamandeen et al.,  
44 2018). Com base nisso, este estudo verificou a influência das alterações da cobertura do solo  
45 na dinâmica da precipitação pluvial e sequestro de carbono por meio do sensoriamento remoto  
46 multiespectral em três áreas da Amazônia Legal localizadas na rodovia Cuiabá-Santarém (BR-  
47 163) entre 1985 a 2019.

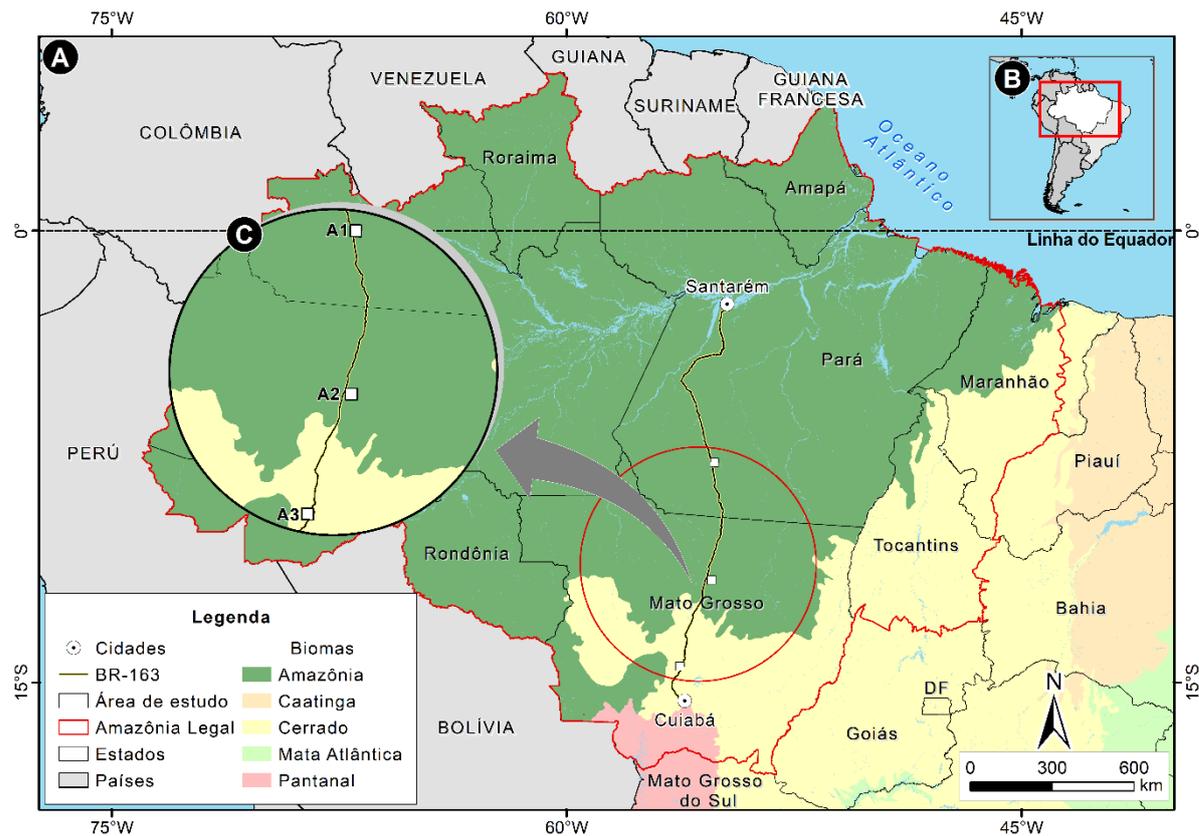
## 48 **2 Material e métodos**

### 49 **2.1 Área de estudo**

50 O estudo foi realizado na rodovia BR-163 que liga Cuiabá (MT) à Santarém (PA),  
51 correspondendo a um segmento de aproximadamente 858 km (Figura 1A) localizado na  
52 Amazônia Legal (Figura 1B). Para análise da alteração da cobertura do solo e determinação dos  
53 índices de vegetação e precipitação foram escolhidas ao acaso três áreas de referência  
54 totalizando 277.585 ha (Figura 1C) estando estas áreas localizadas no Amazônia, transição  
55 Cerrado-Amazônia e Cerrado.

---

<sup>1</sup> Inventário de GEEs não controlados pelo Protocolo de Montreal correspondendo ao dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).



56  
57 Figura 1. Trecho Cuiabá-Santarém da BR-163 compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará (A) e sua  
58 localização na Amazônia Legal (B) com detalhe para as três áreas estudo (C). Fonte: Elaborado pelo autor.

59 O clima no qual as áreas A1 ( $7^{\circ}41'21,92''$  S,  $55^{\circ}7'33''$  W) e A2 ( $11^{\circ}35'31,52''$  S,  
60  $55^{\circ}13'36,99''$  W) estão localizadas é do tipo tropical monçônico (Am), conforme a classificação  
61 climática de Köppen (Alvares et al., 2013), e possuem vegetação do tipo Floresta Ombrófila  
62 (Aberta e Densa) e Floresta Estacional Semidecídua, distribuídas no bioma Amazônia e zona  
63 de transição Amazônia-Cerrado, respectivamente (IBGE, 2015, 2012). A área A3  
64 ( $14^{\circ}27'15,13''$  S,  $56^{\circ}16'4,91''$  W) possui clima do tipo tropical savânico, com estiagem no  
65 inverno (Aw) e vegetação do tipo cerrado (Alvares et al., 2013; IBGE, 2015).

## 66 2.2 Distribuição pluviométrica e eventos atípicos

67 A análise da pluviosidade para as áreas de estudo foi realizada utilizando dados diários  
68 correspondentes a uma série histórica de 35 anos (1985 à 2019), oriundos da base de dados  
69 Climate Hazards group Infrared Precipitation with Stations (CHIRPS, Funk et al., 2015)  
70 obtidos por meio da plataforma Climate Engine (Huntington et al., 2017). O conjunto de dados

71 representa uma grade de resolução espacial de  $\cong 5$  km ( $0,05^\circ$ ) com distribuição quase-global  
 72 ( $50^\circ\text{N}$ - $50^\circ\text{S}$ ,  $180^\circ\text{E}$ - $180^\circ\text{W}$ ), na qual estimativas de precipitação baseadas em observações de  
 73 infravermelho termal por meio da Duração de Nuvens Frias (CCD) com observações de  
 74 estações *in situ* para criação deste produto (Funk et al., 2015; López-Carr et al., 2014).

75 A distribuição temporal dos eventos atípicos (períodos secos e úmidos) para as áreas de  
 76 estudo foi realizada por meio do Índice de Precipitação Padronizado (SPI; McKee et al., 1993).  
 77 O índice se baseia na distribuição da precipitação em uma escala temporal definida que pode  
 78 variar de 1, 3, 6, 12, 24 e 48 meses consecutivos (SPI-1, SPI-3, SPI-6, SPI-12, SPI-24 e SPI-  
 79 48, respectivamente), neste trabalho definida como 12 meses (SPI-12). Conforme McKee et al.  
 80 (1993), para determinação do SPI os dados de precipitação para a escala temporal definida são  
 81 ajustados a uma função de probabilidade Gama (Eq. 1 e 2).

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad \text{Eq. (1)}$$

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad \text{Eq. (2)}$$

82 Na fórmula,  $x$  corresponde ao volume total de precipitação (mm);  $e$  representa a base do logaritmo  
 83 neperiano;  $\alpha$  e  $\beta$  são os parâmetros de forma e escala, respectivamente, da função de distribuição Gama ( $\Gamma$ ).

84 Os parâmetros de forma (Eq. 3 e 4) e escala (Eq. 5) da função de densidade de  
 85 probabilidade Gama são estimados pelo Método da Máxima Verossimilhança (MMV)  
 86 conforme descrito em Gois et al. (2015).

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad \text{Eq. (3)}$$

87 No qual,  $A$  é definido pela Eq. (12):

$$A = \ln(\bar{X}) - \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \ln(X_i) \quad \text{Eq. (4)}$$

88 Na fórmula,  $\alpha$  corresponde ao parâmetro de forma (adimensional),  $\bar{X}$  é a média da precipitação (mm),  $\ln$   
 89 é o logaritmo neperiano,  $N$  é número de observações da amostra e  $X_i$  é o valor observado da precipitação (mm).

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad \text{Eq. (5)}$$

90 Na fórmula,  $\beta$  corresponde ao parâmetro de escala (mm),  $\bar{x}$  corresponde à média da precipitação (mm) e  
91  $\alpha$  corresponde ao parâmetro de forma.

92 A função de probabilidade Gama  $\Gamma(\alpha)$ , é indefinida para valores de  $x$  igual a zero,  
93 entretanto a série histórica da dados pode possuir valores de precipitação iguais a zero  
94 relacionados aos períodos de estiagem, deste modo se faz necessário o ajuste da probabilidade  
95 em função dos valores iguais a zero do conjunto de dados (Eq. 6 e 7).

$$G(x) = P_0 + (1 - P_0) * f(x) \quad \text{Eq. (6)}$$

$$P_0 = \frac{m}{n} \quad \text{Eq. (7)}$$

96 Na fórmula,  $P_0$  corresponde a probabilidade de ocorrência de precipitação igual a zero,  $m$  corresponde ao  
97 número de observações da precipitação igual a zero e  $n$  corresponde ao número de observações da precipitação  
98 superior a zero.

99 Posteriormente, para determinação do índice SPI ocorre a transformação do percentil  
100 correspondente ao valor de precipitação acumulada observada em uma variável ( $Z$ ) de  
101 distribuição normal (Gaussiana), com média igual a zero e desvio padrão igual a um (Eq. 8 a  
102 11).

$$\text{SPI} = - \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \text{ para } 0 < G(x) \leq 0,5 \quad \text{Eq. (8)}$$

$$\text{SPI} = + \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \text{ para } 0 < G(x) < 1,0 \quad \text{Eq. (9)}$$

$$t = \sqrt{\ln \left( \frac{1}{G(x)^2} \right)} \text{ para } 0 < G(x) \leq 0,5 \quad \text{Eq. (10)}$$

$$t = \sqrt{\ln \left( \frac{1}{(1 - G(x))^2} \right)} \text{ para } 0 < G(x) < 1,0 \quad \text{Eq. (11)}$$

103 Na fórmula, SPI corresponde ao Índice de Precipitação Padronizado (adimensional) e os parâmetros de  
104 cálculo da fórmula de solução aproximada simplificada para a conversão da função de distribuição gama ( $\Gamma$ ) para  
105 a frequência cumulativa ( $c_0, c_1, c_2, d_1, d_2$  e  $d_3$ ) e  $t$  corresponde a transformação da variável em distribuição normal.  
106 No qual,  $c_0 = 2,515517$ ,  $c_1 = 0,802853$ ,  $c_2 = 0,010328$ ,  $d_1 = 1,432788$ ,  $d_2 = 0,189269$  e  $d_3 = 0,001308$ .

107 O valor zero de SPI corresponde à precipitação média para a escala de tempo definida.  
 108 Valores positivos do SPI indicam montantes superiores ao valor médio para o período, enquanto  
 109 valores negativos representam volumes inferiores à média. Deste modo, o SPI permite a  
 110 classificação dos diferentes eventos atípicos (Tabela 1) em função da sua severidade conforme  
 111 McKee et al. (1993) e WMO (2012).

112 Tabela 1. Categorias de severidade dos eventos de secas e chuvas determinados por meio do Índice de Precipitação  
 113 Padronizado (SPI; McKee et al., 1993) conforme critérios de classificação da WMO (2012).

Escala SPI	Categoria
-2,00 ou menos	Extremamente seco
-1,50 a -1,99	Severamente seco
-1,00 a -1,49	Moderadamente seco
0,99 a - 0,99	Próximo ao normal
1,00 a 1,49	Moderadamente úmido
1,50 a 1,99	Severamente úmido
2,00 ou mais	Extremamente úmido

114 Buscando verificar a relação à distribuição da precipitação e anos do fenômeno El Niño  
 115 Oscilação Sul (ENOS) para o período analisado, dados de caracterização do Índice de Oscilação  
 116 Sul (ONI), versão 5 (ERSSTv5, Huang et al., 2017), para a região 3.4 do El Niño (5°N-5°S,  
 117 120°-170°W) foram extraídos da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA,  
 118 2020) conforme Anexo A.

### 119 **2.3 Base de dados Landsat e índices espectrais**

120 O banco de imagens utilizado foi extraído da série de satélites Landsat, obtidas pelo  
 121 Landsat 5 (L5), Landsat 7 (L7) e Landsat 8 (L8), por meio dos sensores multiespectrais  
 122 Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) e Operational Land Imager  
 123 (OLI), respectivamente, disponíveis na plataforma Google Earth Engine (Gorelick et al., 2017),  
 124 as especificações dos sensores disponíveis nos anexos A-C. O conjunto de dados é pré-  
 125 processado e distribuído na plataforma após correções geométricas (ortorretificado) e  
 126 calibrações radiométricas (refletância no topo da atmosfera; TOA).

127 Para análise das três áreas selecionadas foram gerados mosaicos anuais no período entre  
128 1985 e 2019. O ano inicial da série temporal foi definido em função da data de início das  
129 operações do Landsat 5, a fim de padronizar o maior intervalo de imagens provenientes do  
130 mesmo satélite-sensor, tendo em vista que os satélites anteriores não operaram em todo o  
131 período analisado. Para a composição dos mosaicos anuais foi determinado os valores médios  
132 anuais de refletância presentes nos pixels de todas as imagens disponíveis, a fim de diminuir a  
133 contaminação por nuvens e fumaça. Posteriormente, os mosaicos anuais foram utilizados para  
134 estimativa do fluxo de carbono e determinação da cobertura e uso do solo.

### 135 **2.3.1 Estimativa do fluxo de carbono**

136 Buscando a estimativa da eficiência da vegetação no processo de sequestro de dióxido  
137 de carbono, os mosaicos anuais das imagens dos satélites Landsat foram utilizados para  
138 determinar o Índice CO<sub>2</sub>Flux (Rahman et al., 2001). Para o cálculo do índice se faz necessário  
139 a determinação de alguns índices complementares: o Índice de Vegetação por Diferença  
140 Normalizada (NDVI; Rouse et al., 1973) e o Índice de Refletância Fotoquímica (PRI; Gamon  
141 et al., 1997, 1992, 1990).

142 O NDVI é utilizado como indicador temporal e espacial das mudanças de produtividade  
143 dos ecossistemas terrestres (Chhabra e Gohel, 2019), sendo determinado pela razão entre a  
144 absorção do comprimento de onda do vermelho (0,62 µm) e a reflectância do comprimento de  
145 onda do infravermelho próximo (0,70 µm) pela vegetação (Eq. 12).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad \text{Eq. (12)}$$

146 Na fórmula, *NDVI* corresponde ao Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (adimensional);  
147  $\rho_{NIR}$  é a refletância da banda espectral do infravermelho próximo e  $\rho_{RED}$  é a refletância de banda espectral  
148 vermelho.

149 Posteriormente, foi determinado o PRI por meio da utilização das bandas espectrais no  
150 comprimento de onda do azul (0,53 µm) e verde (0,57 µm), dos sensores, no qual expressa a

151 razão da diferença existente entre a feição de absorção na faixa do azul e o pico de reflectância  
152 na faixa do verde (Eq. 13).

$$\text{PRI} = \frac{\rho_{\text{BLUE}} - \rho_{\text{GREEN}}}{\rho_{\text{BLUE}} + \rho_{\text{GREEN}}} \quad \text{Eq. (13)}$$

153 Na fórmula, *PRI* corresponde ao Índice de Reflectância Fotoquímica (adimensional);  $\rho_{\text{BLUE}}$  é a  
154 reflectância da banda espectral azul e  $\rho_{\text{GREEN}}$  é a reflectância de banda espectral verde.

155 Os dados resultantes do cálculo do PRI necessitam de um reescalonamento para valores  
156 positivos, visando a sua normalização em função do vigor da vegetação fotossinteticamente  
157 ativa (*sPRI*; Eq. 14) conforme descrito em Rahman et al. (2001).

$$\text{sPRI} = \frac{\text{PRI} + 1}{2} \quad \text{Eq. (14)}$$

158 Na fórmula, *sPRI* corresponde ao Índice de Reflectância Fotoquímica reescalonado; *PRI* corresponde  
159 ao Índice de Reflectância Fotoquímica.

160 O  $\text{CO}_2\text{Flux}$  é a integração do Índice de Reflectância Fotoquímica reescalonado (*sPRI*),  
161 que representa a eficiência do uso da luz na fotossíntese, com o NDVI, que representa o vigor  
162 da vegetação fotossinteticamente ativa, o que tornaria possível integrar as feições de absorção  
163 decorrentes do sequestro de carbono (Rahman et al., 2001; Eq. 15).

$$\text{CO}_2\text{Flux} = \text{NDVI} * \text{sPRI} \quad \text{Eq. (15)}$$

164 Na fórmula,  $\text{CO}_2\text{Flux}$  corresponde ao fluxo de  $\text{CO}_2$  ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); *NDVI* corresponde ao Índice de  
165 Vegetação por Diferença Normalizada e *sPRI* corresponde ao Índice de Reflectância Fotoquímica reescalonado  
166 (adimensional).

### 167 **2.3.2 Cobertura e uso do solo**

168 Para determinação da cobertura do solo os mosaicos anuais foram utilizados para a  
169 criação do Índice Normalizado de Diferença de Fração (NDFI) conforme Souza-Junior et al.  
170 (2013) e Souza et al. (2005), em intervalos de cinco anos. Os dados de reflectância dos pixels  
171 foram decompostos em quatro frações dos espectros de referência (endmembers): Vegetação  
172 verde (GV), Vegetação fotossinteticamente não-ativa (NPV), Solo e Sombra baseados no  
173 Modelo de Mistura Espectral (MMA; Smith et al., 1985) utilizando a Eq. (16). Em sequência,  
174 as frações dos espectros de referência foram empregadas para determinação do NDFI (Eq. 17 e  
175 18).

$$R_b = \sum_{i=1}^n F_i R_{i,b} + \varepsilon_b \quad \text{Eq. (16)}$$

176 Na fórmula,  $R_b$  é a refletância na banda  $b$ ;  $F_i$  é a fração do componente puro de espectro de refletância  
 177 de referência (endmember)  $i$ ;  $R_{i,b}$  é a refletância para o espectro de referência  $i$  na banda  $b$ , e  $\varepsilon_b$  é o erro residual  
 178 para cada banda.

$$GV_{SOMBRA} = \frac{GV}{100 - SOMBRA} \quad \text{Eq. (17)}$$

179 Na fórmula,  $GV_{SOMBRA}$  representa a razão entre as frações de referência de vegetação verde e a fração das  
 180 sombras e água;  $GV$  representa a fração dos espectros de referência que engloba a vegetação verde, e  $SOMBRA$   
 181 representa a fração dos espectros de referência que engloba as sombras e água.

$$NDFI = \frac{GV_{SOMBRA} - (NPV + SOLO)}{GV_{SOMBRA} + (NPV + SOLO)} \quad \text{Eq. (18)}$$

182 Na fórmula,  $NDFI$  corresponde ao Índice Normalizado de Diferença de Fração (adimensional);  $GV_{SOMBRA}$   
 183 representa a razão entre as frações de referência de vegetação verde e a fração das sombras e água;  $NPV$  representa  
 184 a fração dos espectros de referência que engloba a vegetação fotossinteticamente não-ativa, e  $SOLO$  representa a  
 185 fração dos espectros de referência que engloba o solo.

186 Como resultado do cálculo, o NDFI possuía pixels com valores de 0 à 200, no qual ele  
 187 foi reclassificado e subdividido em quatro classes: cursos d'água (0-2), solo exposto (2-85),  
 188 vegetação degradada (85-174) e vegetação nativa (174-200) conforme Souza-Junior et al.  
 189 (2013) e Silva-Junior et al. (2019).

## 190 **2.4 Identificação e análise das tendências temporais**

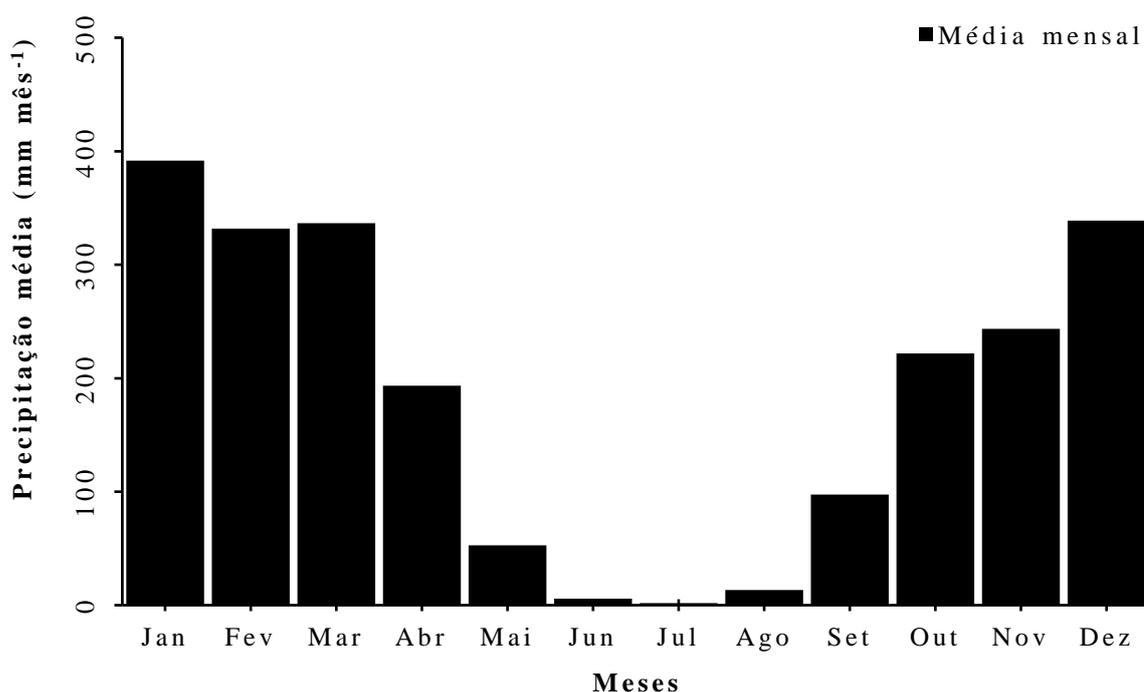
191 Inicialmente, os dados das variáveis Precipitação, NDVI, CO<sub>2</sub>Flux e das bandas  
 192 espectrais Azul e Verde, foram submetidos a análise de tendência na série temporal utilizando  
 193 o teste de Mann-Kendall (Kendall, 1976; Mann, 1945). Este teste não-paramétrico, considera a  
 194 hipótese de estabilidade temporal, em que observações consecutivas ocorrem de forma  
 195 independente e não há alteração da distribuição de probabilidades no tempo (Ishihara et al.,  
 196 2014; Salviano et al., 2016). O método baseia-se em rejeitar ou não a hipótese nula (H<sub>0</sub>), de  
 197 que não exista tendência na série de dados, adotando-se um nível de significância ( $\alpha$ ). Se  
 198 verificada a presença de tendência (positiva ou negativa), o teste de Pettitt foi utilizado para  
 199 identificar o ponto de mudança na série temporal (Pettitt, 1979). Em ambos os testes um nível  
 200 de significância de 5% de probabilidade foi adotado.

201 Para verificar a similaridade entre os anos da série temporal e sua inter-relação com as  
202 variáveis avaliadas (Precipitação, Azul, Verde, NDVI e CO<sub>2</sub>Flux) os dados foram submetidos  
203 a Análise de Componentes Principais (PCA). A PCA é uma técnica de análise multivariada que  
204 consiste em condensar a informação contida em várias variáveis originais em um conjunto  
205 menor de variáveis estatísticas conhecidos como fatores com uma perda mínima de informação  
206 (Hair et al., 2009). Posteriormente, buscando verificar a associação linear entre as variáveis foi  
207 realizado a estimativa de correlação de Pearson (r). As análises foram realizadas com programa  
208 livre R, versão 4.0.2 (R Core Team, 2020), com auxílio dos pacotes ‘trend’(Pohlert, 2020),  
209 ‘GGally’ (Schloerke et al., 2020) e ‘ggfortify’ (Tang e Horikoshi, 2018).

### 210 **3 Resultados**

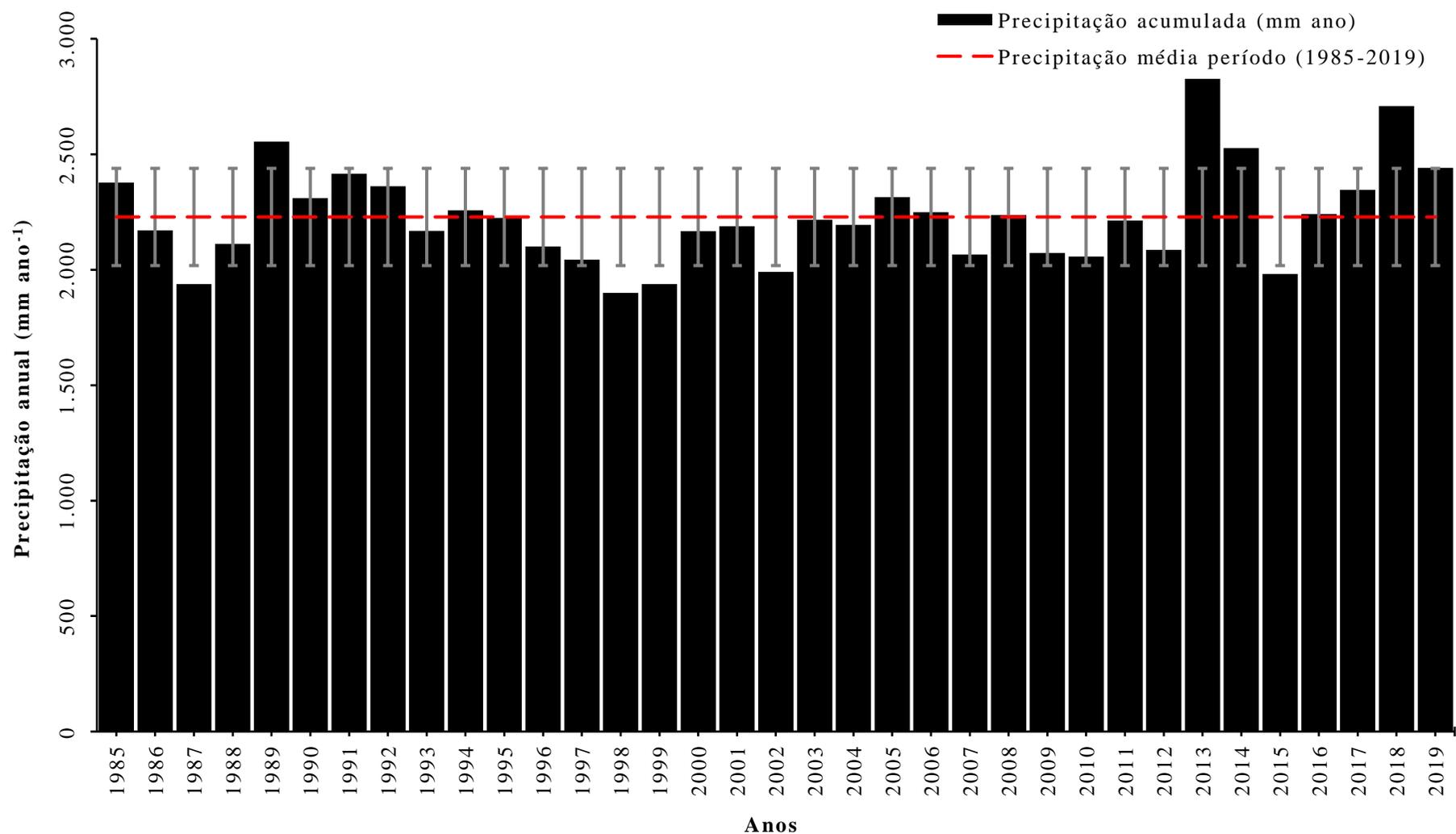
#### 211 **3.1 Regime pluviométrico e distribuição temporal dos eventos atípicos**

212 A precipitação média mensal observada foi de 186 mm mês<sup>-1</sup>, com desvio-padrão médio  
213 de 147 mm mês<sup>-1</sup> para o período entre 1985 e 2019 (Figura 2; Apêndice A). No período de  
214 dezembro a março, foram registrados os maiores volumes de precipitação (superiores a 300 mm  
215 mês<sup>-1</sup>), com 339 mm, 392 mm, 332 mm e 336 mm, respectivamente, destacando-se que o  
216 trimestre dezembro-janeiro-fevereiro (DJF), correspondeu a 1.062 mm (47,7% do volume  
217 anual). Por outro lado, as menores médias mensais (inferiores a 25 mm mês<sup>-1</sup>) ocorreram no  
218 período de junho-julho-agosto (JJA), com 6 mm, 2 mm e 13 mm, concomitantemente. Foi  
219 verificado um padrão de distribuição sazonal da precipitação com concentração de 2.057 mm  
220 entre outubro a abril caracterizando a estação chuvosa (92,3% do volume anual) e, cerca de 171  
221 mm entre maio a setembro (7,7% do volume anual) correspondendo a estação seca (Figura 2;  
222 Apêndice A).



223  
 224 Figura 2. Distribuição da precipitação pluvial média mensal nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-  
 225 Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará na Amazônia Legal entre 1985 e 2019.  
 226 Fonte: CHIRPS via Climate Engine (Funk et al., 2015; Huntington et al., 2017).

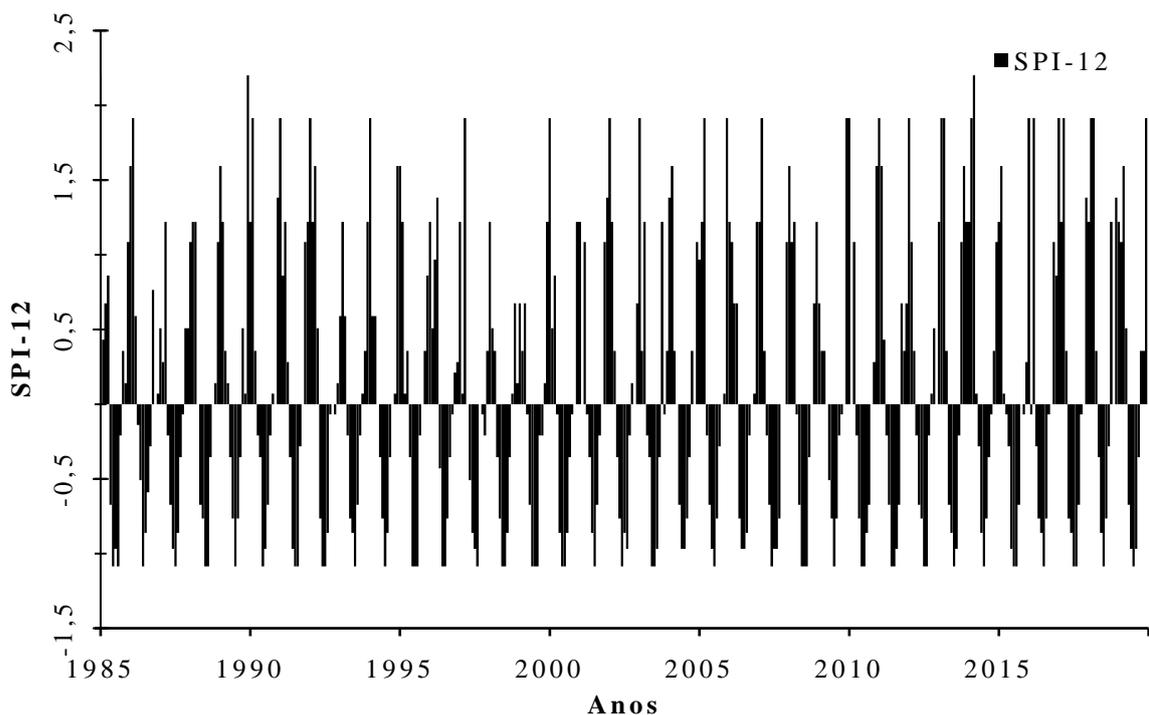
227 Durante os anos avaliados, se destaca a variabilidade pluviométrica interanual com  
 228 mínima de 1.900 mm, em 1998, e máxima de 2.826 mm, em 2013. A média observada, durante  
 229 os 35 anos, foi de 2.228 mm, com desvio-padrão de 211 mm (Figura 3; Apêndice A). Além  
 230 disso, foi constatada a presença de anos atípicos em relação aos volumes anuais (Precipitação  
 231 média anual  $\pm$  desvio-padrão), sendo o montante total inferior a 2.018 mm ano<sup>-1</sup> nos anos de  
 232 1987, 1998, 1999, 2002 e 2015 e, superior a 2.439 mm ano<sup>-1</sup> em 1989, 2013, 2014 e 2018  
 233 (Figura 3).



234  
235  
236

Figura 3. Distribuição da precipitação pluvial anual (total, média e desvio-padrão) nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará junto a Amazônia Legal entre 1985 e 2019. Fonte: CHIRPS via Climate Engine (Funk et al., 2015; Huntington et al., 2017).

237 A análise temporal do SPI-12, entre os anos de 1985 e 2019, para a região nas  
 238 proximidades da BR-163 registrou uma variação entre períodos moderadamente secos à  
 239 extremamente úmidos (Figura 4 e Apêndice B). Na escala anual, não foram observados anos  
 240 exclusivamente secos e/ou chuvosos. Dentro do período analisado, 271 eventos (64,5%) se  
 241 enquadram no normal esperado conforme classificação do SPI. Entre as demais ocorrências,  
 242 foram identificados um total de 52 eventos de seca (12,4%) presentes exclusivamente na  
 243 categoria moderadamente seco e, 97 eventos chuvosos distribuídos entre as categorias:  
 244 moderadamente úmido (56 eventos; 13,3%), severamente úmido (38 eventos; 9,0%) e  
 245 extremamente úmido (3 eventos; 0,7%) conforme Tabela 2. A comparação das classes chuvosas  
 246 com as secas evidencia maior ocorrência de eventos chuvosos para o período de 35 anos.



247  
 248 Figura 4. Distribuição temporal do Índice de Precipitação Padronizado para 12 meses (SPI-12) nas áreas de estudo  
 249 localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará junto a  
 250 Amazônia Legal entre 1985 e 2019.

251 Os valores do SPI-12 para os períodos secos (Tabela 2) estiveram restritos aos meses de  
 252 inverno (JJA) para todos os anos, seguindo a sazonalidade da precipitação, nos quais os maiores  
 253 registros ocorreram nos quinquênios entre 1995/99 (11 eventos, 21,2%) e 2010/14 (8 eventos,

254 15,4%). Situação contrária ocorreu nos quinquênios entre 1985/89, 1990/94 e 2015/19 (7  
 255 eventos, 13,5%) e entre 2000/04 e 2005/09 (6 eventos, 11,5%). Nos anos de 2004 e 2006 não  
 256 foram contabilizados períodos secos (Apêndice B). Quanto à ocorrência de eventos próximos  
 257 ao normal (Tabela 2), os quinquênios de maior frequência foram 1985/89 e 1995/99 (41  
 258 eventos, 15,1%), 2000/04 e 2005/09 (40 eventos, 14,8%) e 1990/94 (39 eventos, 14,4%). Os  
 259 menores percentuais foram verificados entre 2010/14 e 2015/19 (35 eventos, 12,9%).

260 Tabela 2. Distribuição temporal dos eventos secos ou chuvosos determinados meio do Índice de Precipitação  
 261 Padronizado (SPI; McKee et al., 1993) conforme critérios de classificação da WMO (2012) nas áreas de estudo  
 262 localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará junto a  
 263 Amazônia Legal entre 1985 e 2019.

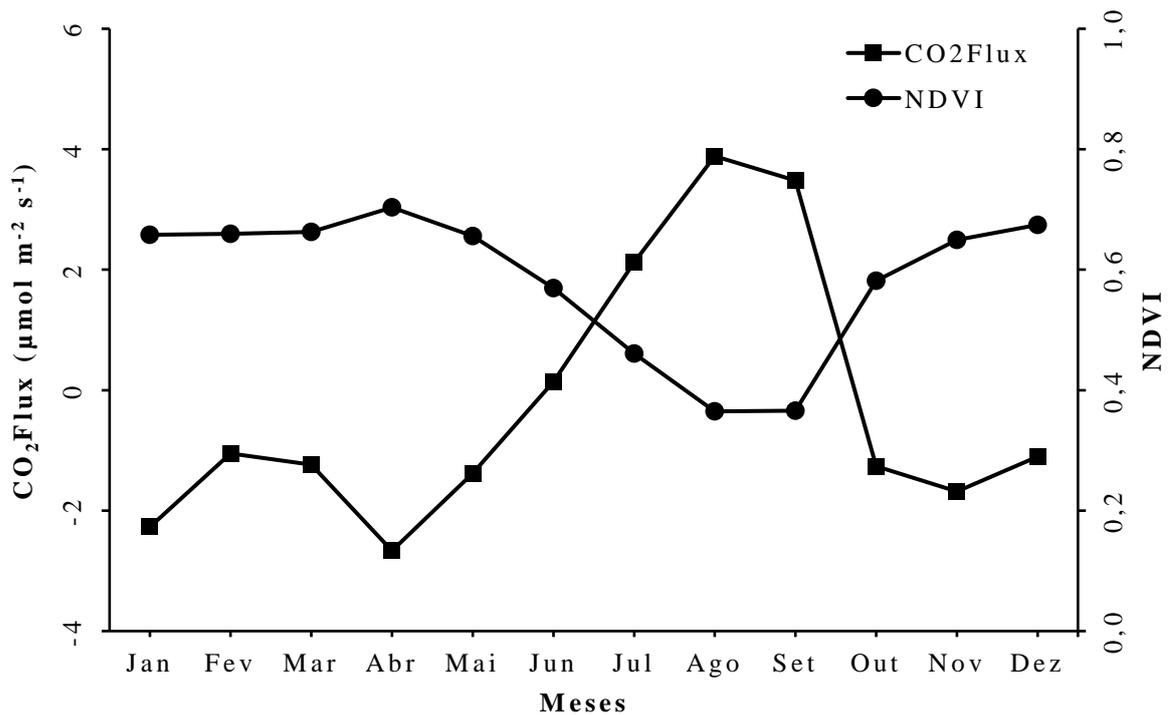
Categorias	Eventos no período (N)							Total
	Percentual (%)							
	1985/89	1990/94	1995-99	2000/04	2005/09	2010/14	2015/19	
Moderadamente seco	7 (13,5)	7 (13,5)	11 (21,2)	6 (11,5)	6 (11,5)	8 (15,4)	7 (13,5)	52 (12,4)
Próximo ao normal	41 (15,1)	39 (14,4)	41 (15,1)	40 (14,8)	40 (14,8)	35 (12,9)	35 (12,9)	271 (64,5)
Moderadamente úmido	7 (12,5)	8 (14,3)	6 (10,7)	10 (17,9)	9 (16,1)	7 (12,5)	9 (16,1)	56 (13,3)
Severamente úmido	3 (7,9)	6 (15,8)	2 (5,3)	4 (10,5)	5 (13,2)	9 (23,7)	9 (23,7)	38 (9,0)
Extremamente úmido	2 (66,7)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (33,3)	0 (0,0)	3 (0,7)

264 Entre os períodos chuvosos, a categoria moderadamente úmida foi registrada com maior  
 265 ocorrência entre 2000/04 (10 eventos, 17,9%), 2005/09 e 2015/19 (9 eventos, 16,1%), 1990/94  
 266 (8 eventos, 14,3%), 1985/89 e 2010/14 (7 eventos, 12,5%) e 1995/99 (6 eventos, 10,7%),  
 267 contudo nos anos de 1986, 1994, 2009 e 2011 essa categoria não foi observada. Em meio as  
 268 chuvas severas, as maiores frequências estiveram entre os anos de 2010/14 e 2015/19 (9  
 269 eventos, 23,7%), 1990/94 (6 eventos, 15,8%), 2005/09 (5 eventos, 13,2%), e menores  
 270 frequências em 2000/2004 (4 eventos, 10,5%), 1985/89 (3 eventos, 7,9%) e 1995/99 (2 eventos,  
 271 5,3%), essa respectiva categoria esteve ausente em 1985, 1987, 1988, 1993, 1996, 1998 e 1999.  
 272 Se destaca que nessa escala temporal estudada, a ocorrência de chuvas extremas fora registrada  
 273 somente entre 1985/89 (2 eventos, 66,7%) e 2010/14 (1 evento, 33,3%), ocorrendo nos anos de  
 274 1985, 1989 e 2014.

### 275 3.2 Variação temporal do fluxo de carbono

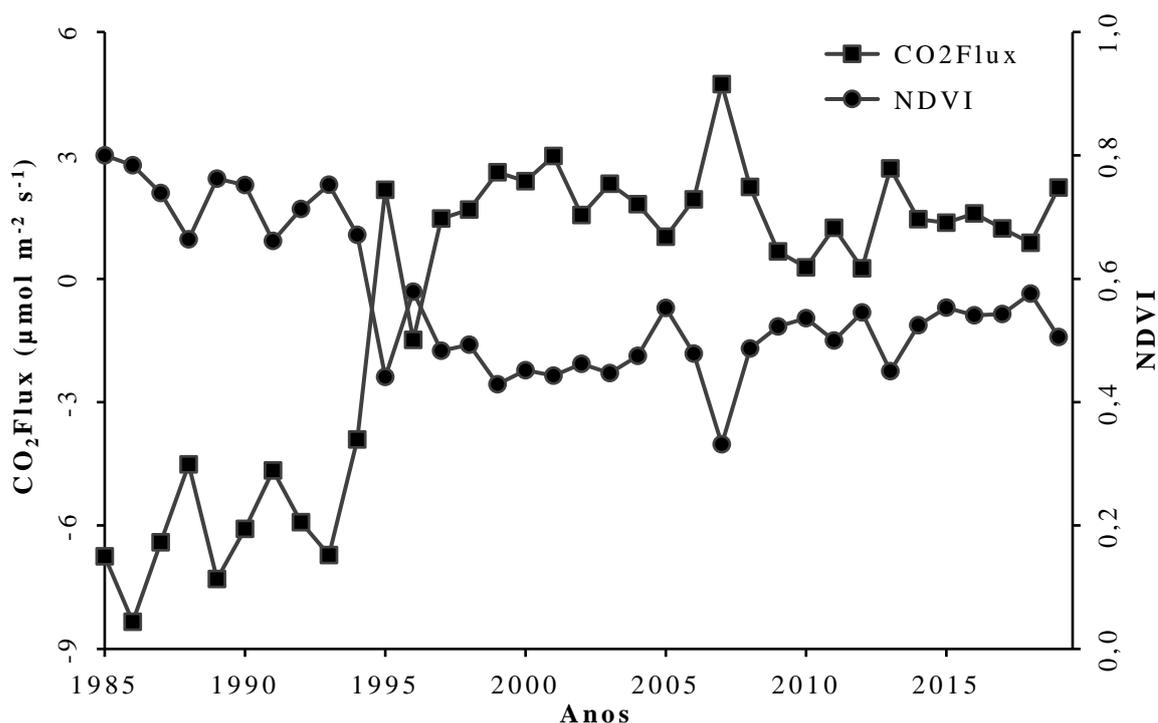
276 A estimativa de absorção mensal do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>Flux) e o NDVI exibiram  
277 distribuição variável durante todo o ano para os 35 anos analisados (Figura 5, Apêndice C). O  
278 índice CO<sub>2</sub>Flux apresentou um valor médio de  $-0,25 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , com desvio-padrão médio  
279 de  $2,20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . No verão, o índice oscila entre  $-1,05$  a  $-2,27 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  com tendência  
280 decrescente até o seu limiar mínimo em abril ( $-2,67 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) conforme Figura 5. Com a  
281 finalização do outono (março-maio) e, conseqüentemente, início da estação seca, o índice tem  
282 comportamento crescente assumindo seu pico máximo em agosto ( $3,89 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Ao final  
283 do inverno e início da primavera (setembro-novembro), há uma redução na concentração de  
284 CO<sub>2</sub> de 3,48 para  $-1,68 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

285 Enquanto o NDVI possui uma amplitude de variação mais sutil ao longo do ano, com  
286 reduzida diferenciação entre os valores médios da primavera-verão (0,37 a 0,67) e outono-  
287 inverno (0,36 a 0,70) e, média anual de 0,58 e desvio-padrão de 0,12. Entretanto, o NDVI  
288 assume um padrão oposto ao CO<sub>2</sub>Flux (Figura 5), iniciando uma tendência crescente em  
289 setembro, atingindo o seu pico no mês de abril (0,70), e posteriormente registra um declínio  
290 assumindo o valor mínimo em agosto (0,36).



291  
 292 Figura 5. Estimativa do fluxo mensal de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>Flux) e do Índice de Vegetação por Diferença  
 293 Normalizada (NDVI) nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos  
 294 estados do Mato Grosso e Pará junto a Amazônia Legal entre 1985 e 2019.

295 No contexto de variação interanual, ambos os índices apresentaram distribuição  
 296 irregular (Figura 6, Apêndice D). O CO<sub>2</sub>Flux exibiu concentração média  $-0,56 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ,  
 297 com desvio-padrão de  $3,73 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Entre os anos observados, foi verificado o menor  
 298 valor médio no ano de 1985 ( $-8,34 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e a presença de máxima no ano de 2007 ( $4,73$   
 299  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). O NDVI, por sua vez, obteve média observada de 0,56, com desvio-padrão de  
 300 0,12. Ao longo dos anos, o índice oscilou entre o limiar mínimo médio em 2007 (0,33) e seu  
 301 ponto máximo em 1986 (0,88).



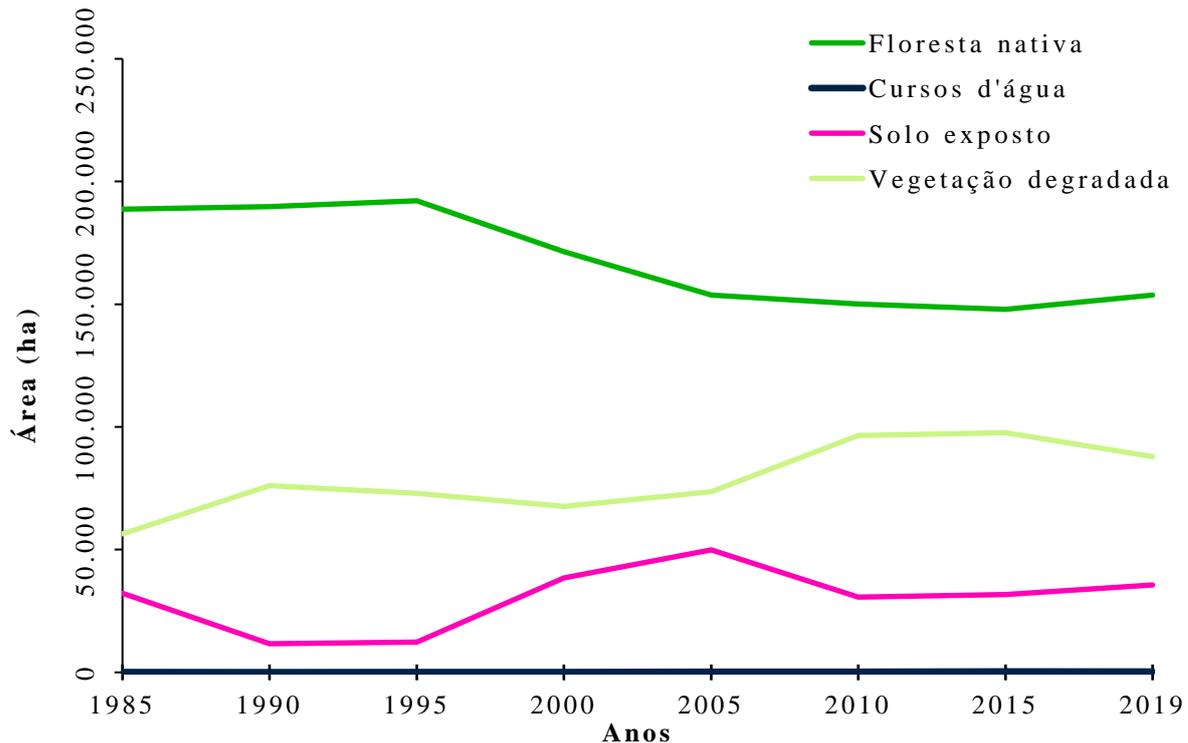
302  
 303 Figura 6. Estimativa do fluxo médio interanual de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>Flux) e Índice de Vegetação por  
 304 Diferença Normalizada (NDVI) nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163,  
 305 compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará junto a Amazônia Legal entre 1985 e 2019.

306 Diante dos resultados apresentados, fica evidente a alteração no padrão de distribuição  
 307 anual de ambas as variáveis entre duas escalas de tempo: antes e após o ano de 1994 (Figura 6).  
 308 Entre os anos de 1985 e 1994, o NDVI apresentava uma tendência decrescente, na qual seu  
 309 valor oscilava de 0,80 a 0,66, com média observada de 0,73. O CO<sub>2</sub>Flux por sua vez, no mesmo  
 310 período, possuía uma tendência crescente na qual o apresentava valor médio de -6,06 μmol  
 311 m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, com amplitude de variação de -8,34 a -3,91 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Contudo, a partir de 1995, o  
 312 NDVI assume uma variação de 0,33 a 0,58, com média de 0,50. O CO<sub>2</sub>Flux na mesma escala  
 313 temporal, apresenta registro médio de 1,63 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, com valores mínimos e máximos de  
 314 -1,49 a 4,73 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, respectivamente.

### 315 3.3 Dinâmica de alterações na cobertura e uso do solo

316 As áreas analisadas exibiram diferentes ritmos de alterações no uso e cobertura do solo  
 317 durante a série histórica avaliada no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163 (Figura 7).  
 318 Inicialmente, no ano de 1985, as áreas observadas exibiam um mosaico de diferentes usos e

319 cobertura do solo, resultado do processo inicial de construção da rodovia e colonização de seus  
 320 arredores (Figura 8A-C). As florestas estavam distribuídas em uma extensão de 188.797 ha  
 321 (68,0%), a vegetação degradada correspondia a 56.415 ha (20,3%) e as localidades com solo  
 322 exposto ocupavam 32.247 ha (11,6%) e a hidrografia somava-se 126 ha (0,05%) de acordo com  
 323 a Tabela 3.



324  
 325 Figura 7. Dinâmica das alterações no uso e cobertura do solo nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-  
 326 Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará junto a Amazônia Legal entre 1985 e  
 327 2019.

328 Entre 1990 e 1995 (Figura 7), foi verificada uma redução na área de solo exposto para  
 329 12.284 ha (4,4%) devido a regeneração das áreas de vegetação degradada (73.018 ha, 26,3%),  
 330 ocorrendo de forma representativa em 1990 (Figura 8C-I), uma vez que registraram um  
 331 aumento de 7,1% (19.652 ha). Ao mesmo tempo que as demais classes não apresentaram grande  
 332 variação (Tabela 3). Contudo, no período subsequente, o ritmo de alteração da paisagem foi  
 333 intensificado até o ano de 2005 (Figura 8J-L e Figura 9A-C), no qual a área florestal foi reduzida  
 334 a 153.750 ha (55,4%), uma perda de 38.410 ha (13,8%), como resultado do aumento do  
 335 percentual de solo exposto para 49.911 ha (18,0%).

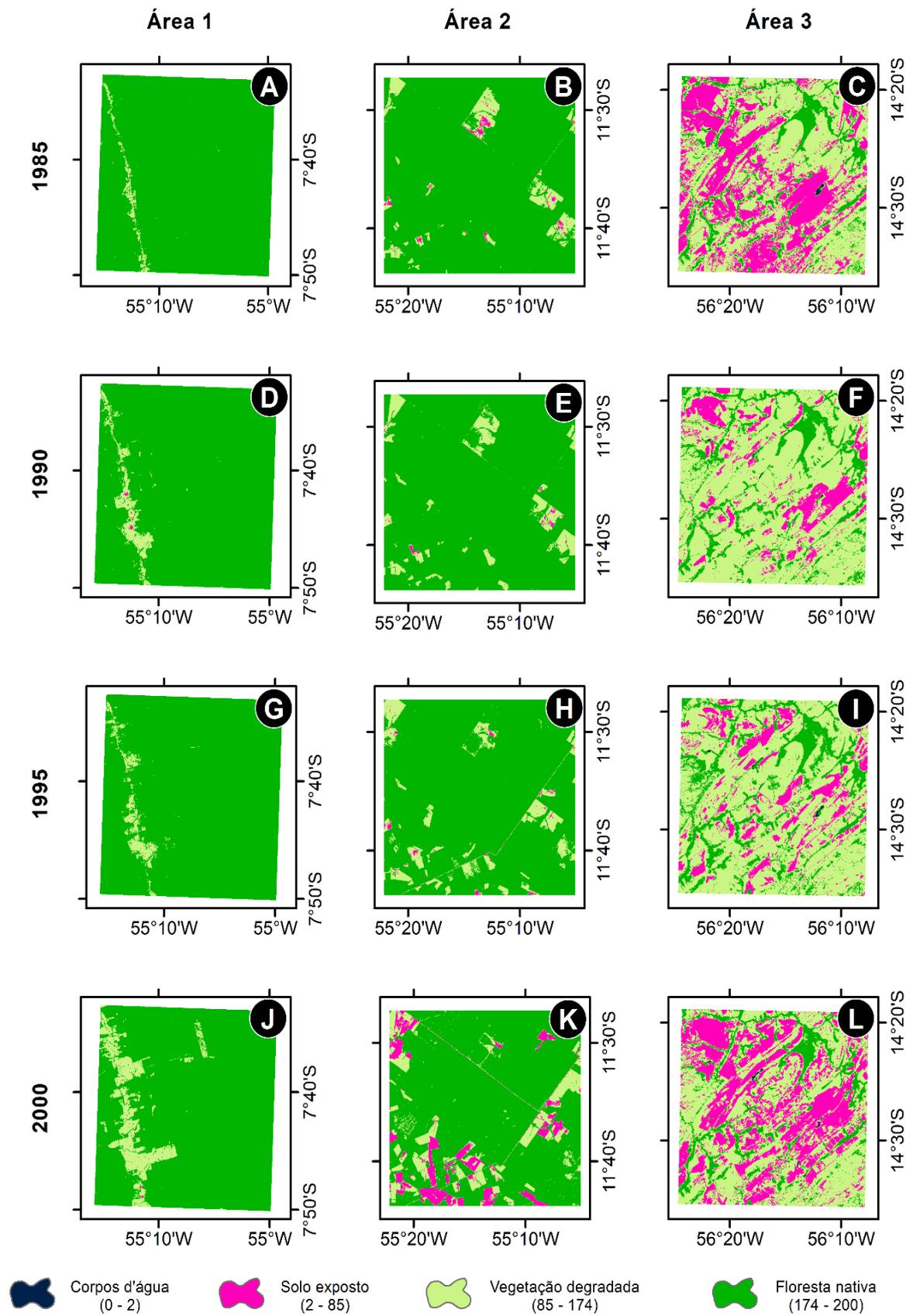
336 Tabela 3. Cobertura do solo nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido  
 337 nos estados do Mato Grosso e Pará junto a Amazônia Legal entre 1985 e 2019.

Ano	Área por classe (ha)				
	Percentual (%)				
	Cursos d'água	Floresta nativa	Solo exposto	Vegetação degradada	Total
<b>1985</b>	126	188.797	32.247	56.415	277.585
	(0,05)	(68,0)	(11,6)	(20,3)	(100,0)
<b>1990</b>	68	189.771	11.679	76.067	277.585
	(0,02)	(68,4)	(4,2)	(27,4)	(100,0)
<b>1995</b>	122	192.160	12.284	73.018	277.585
	(0,04)	(69,2)	(4,4)	(26,3)	(100,0)
<b>2000</b>	173	171.377	38.427	67.608	277.585
	(0,06)	(61,7)	(13,8)	(24,4)	(100,0)
<b>2005</b>	297	153.750	49.911	73.627	277.585
	(0,11)	(55,4)	(18,0)	(26,5)	(100,0)
<b>2010</b>	299	150.051	30.718	96.518	277.585
	(0,11)	(54,1)	(11,1)	(34,8)	(100,0)
<b>2015</b>	322	147.922	31.684	97.657	277.585
	(0,12)	(53,3)	(11,4)	(35,2)	(100,0)
<b>2019</b>	324	153.734	35.666	87.861	277.585
	(0,12)	(55,4)	(12,8)	(31,7)	(100,0)

338 Após 2005 (Figura 7), foi observada a substituição de manchas da classe com solo  
 339 exposto pela classe de vegetação degradada (97.657 ha, 35,2%), indicando a recuperação da  
 340 vegetação (Figura 9D-I) até o ano de 2015. Por outro lado, no mesmo período, as áreas florestais  
 341 registraram uma diminuição de 5.828 ha (2,1%), possuindo como área remanescente 147.922  
 342 ha (53,3%). Ao final da avaliação, no ano de 2019 (Tabela 3; Figura 9J-L), foi verificada a  
 343 alteração do percentual de áreas degradadas (87.861 ha, 31,7%), com redução em 9.795 ha  
 344 (3,5%), ao mesmo tempo que foi registrando o incremento na área florestal (5.812 ha, 2,1%) e  
 345 de solo exposto (3.982 ha, 1,4%), correspondendo a uma área remanescente de florestas de  
 346 153.734 ha (55,4%) e, um total de 35.666 ha (12,8%) de solo exposto (Figura 7).

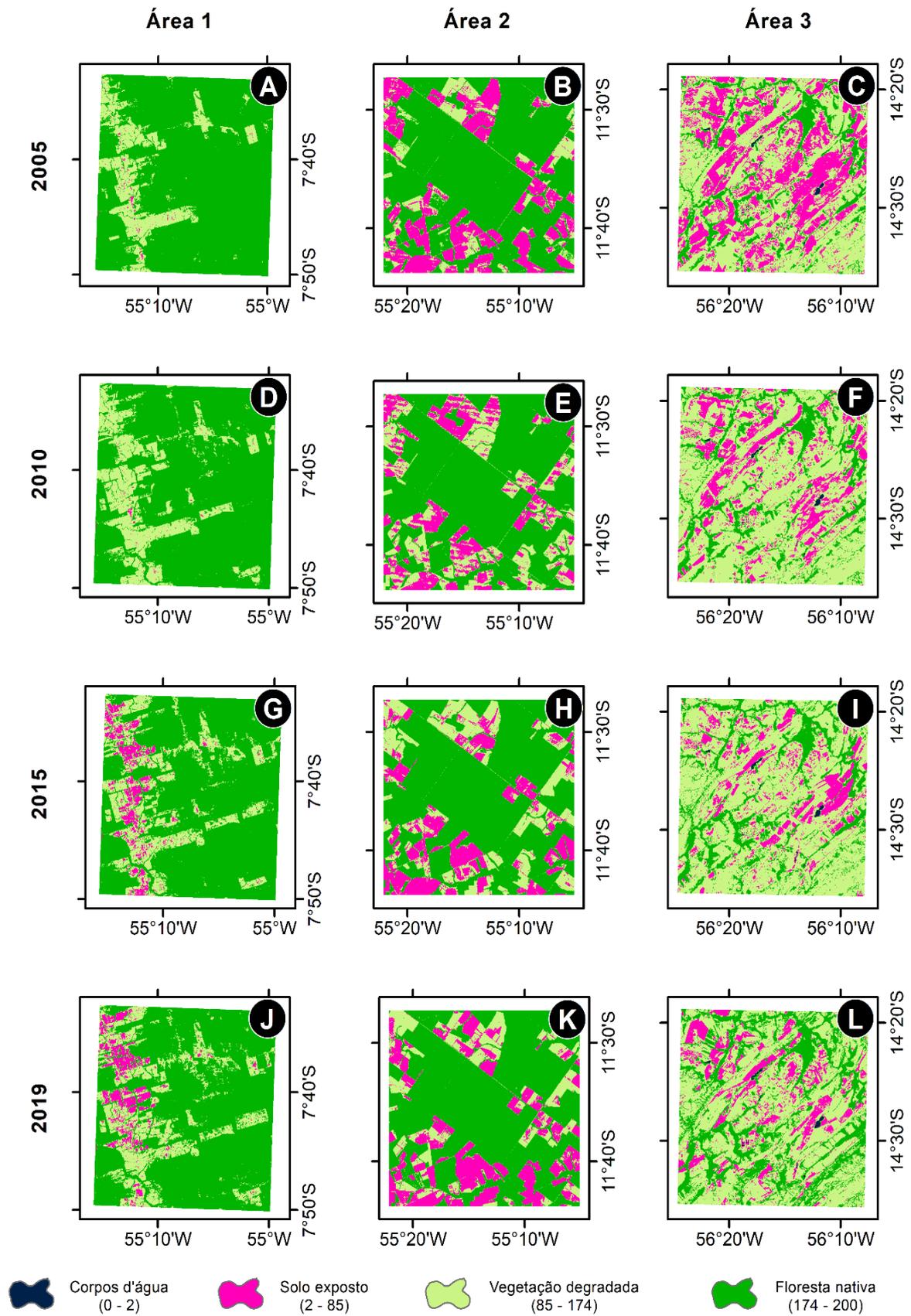
347 Em resumo, para as áreas consideradas neste estudo, fica evidente os diferentes ritmos  
 348 de alterações na paisagem ao longo da BR-163, no qual até o ano de 1995 modificações  
 349 estiveram presentes, em sua maioria, nas classes de solo exposto e vegetação degradada,  
 350 enquanto a área de florestas não sofreu alterações representativas. Contudo, entre os anos de  
 351 1995 a 2005, há uma intensa abertura de novas áreas, reduzindo o percentual florestal presente.

352 Enquanto, após esse período, parte das áreas abertas é substituída pela vegetação degradada,  
353 possivelmente indicando um processo de regeneração.



354  
355  
356

Figura 8. Alterações na cobertura do solo nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará junto a Amazônia Legal entre 1985 e 2000.



357  
358  
359

Figura 9. Alterações na cobertura do solo nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará junto a Amazônia Legal entre 2005 e 2019.

### 360 3.4 Análise das tendências temporais

361 Baseado nos testes de tendência aplicados a série temporal (Tabela 4) foi verificado que  
 362 não houve tendência nas séries temporais das variáveis Precipitação e banda Azul ( $p > 0,05$ ).  
 363 Contudo, foi observado tendência positiva e significativa para as variáveis da banda Verde e  
 364 CO<sub>2</sub>Flux ( $p < 0,05$ ). No entanto, para a variável NDVI houve tendência significativa, porém  
 365 negativa. Em todos os casos, o teste de Pettitt identificou o ano de 1994 (Figura 12) como o  
 366 mais provável ponto de mudança destas variáveis para a série temporal utilizada (Tabela 4).

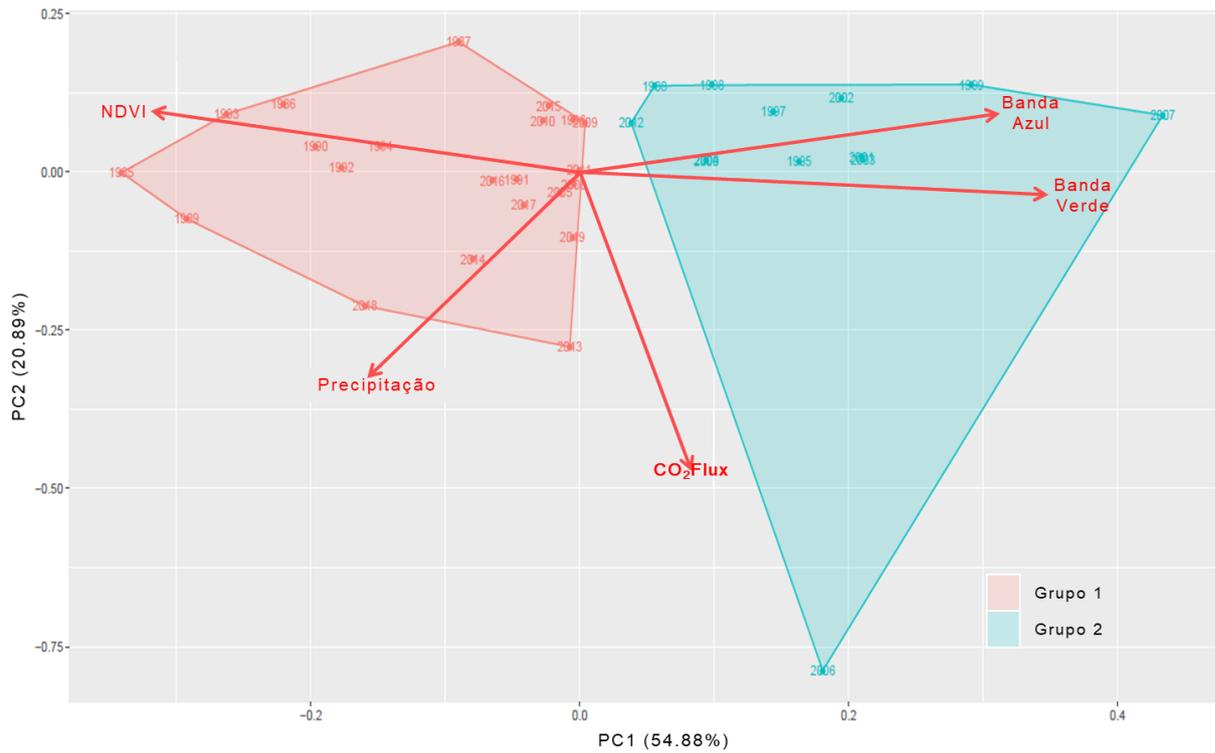
367 Tabela 4. P-valor dos testes de Mann-Kendall e Pettitt e ponto de mudança (ano) para as variáveis avaliadas  
 368 (Precipitação, NDVI, CO<sub>2</sub>Flux e as bandas espectrais Azul e Verde) entre 1985 e 2019 ao nível de significância  
 369 de 5%.

Variável	Mann-Kendall	Pettitt	Ano
Precipitação	0,51	---	---
Banda azul	0,36	---	---
Banda verde	0,02	0,00	1994
NDVI	0,03	0,00	1994
CO <sub>2</sub> Flux	0,00	0,00	1994

370 Na Análise de Componentes Principais (PCA, Figura 10) os dois eixos explicaram  
 371 75,77% da variância total no biplot (PCA1: 54,88% e PCA2: 20,89%), sendo possível observar  
 372 a formação de dois grupos com relação aos anos das séries temporais. O grupo 1, se destacou  
 373 por obter os maiores valores de NDVI e Precipitação, embora a correlação entre essas variáveis  
 374 seja de baixa magnitude ( $r = 0,172$ ; Figura 11).

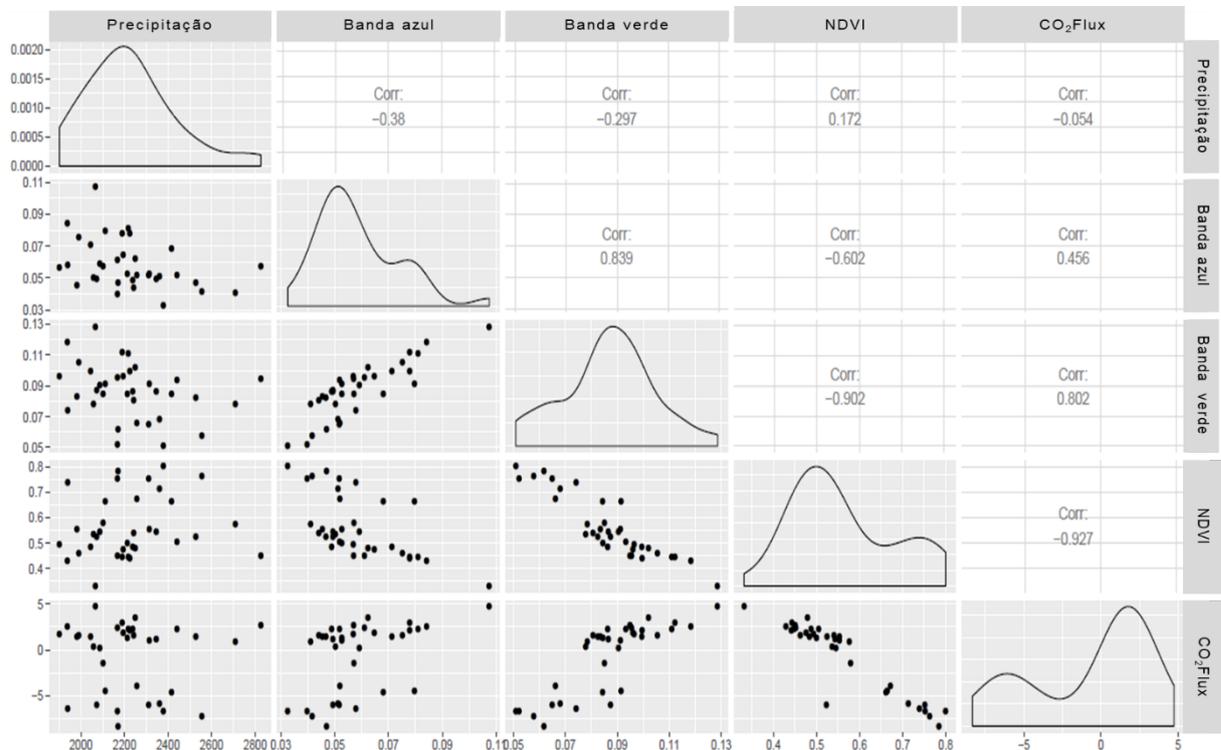
375 De forma geral, o grupo 2 se destacou por reunir os anos com maiores valores na banda  
 376 Azul, banda Verde e CO<sub>2</sub>Flux (Figura 10). Essas variáveis estão correlacionadas de forma  
 377 positiva (Figura 11), em magnitude moderada: CO<sub>2</sub>Flux x banda Azul ( $r = 0,456$ ) e, alta: banda  
 378 Azul x banda Verde ( $r = 0,839$ ) e banda verde x CO<sub>2</sub>Flux ( $r = 0,802$ ).

379



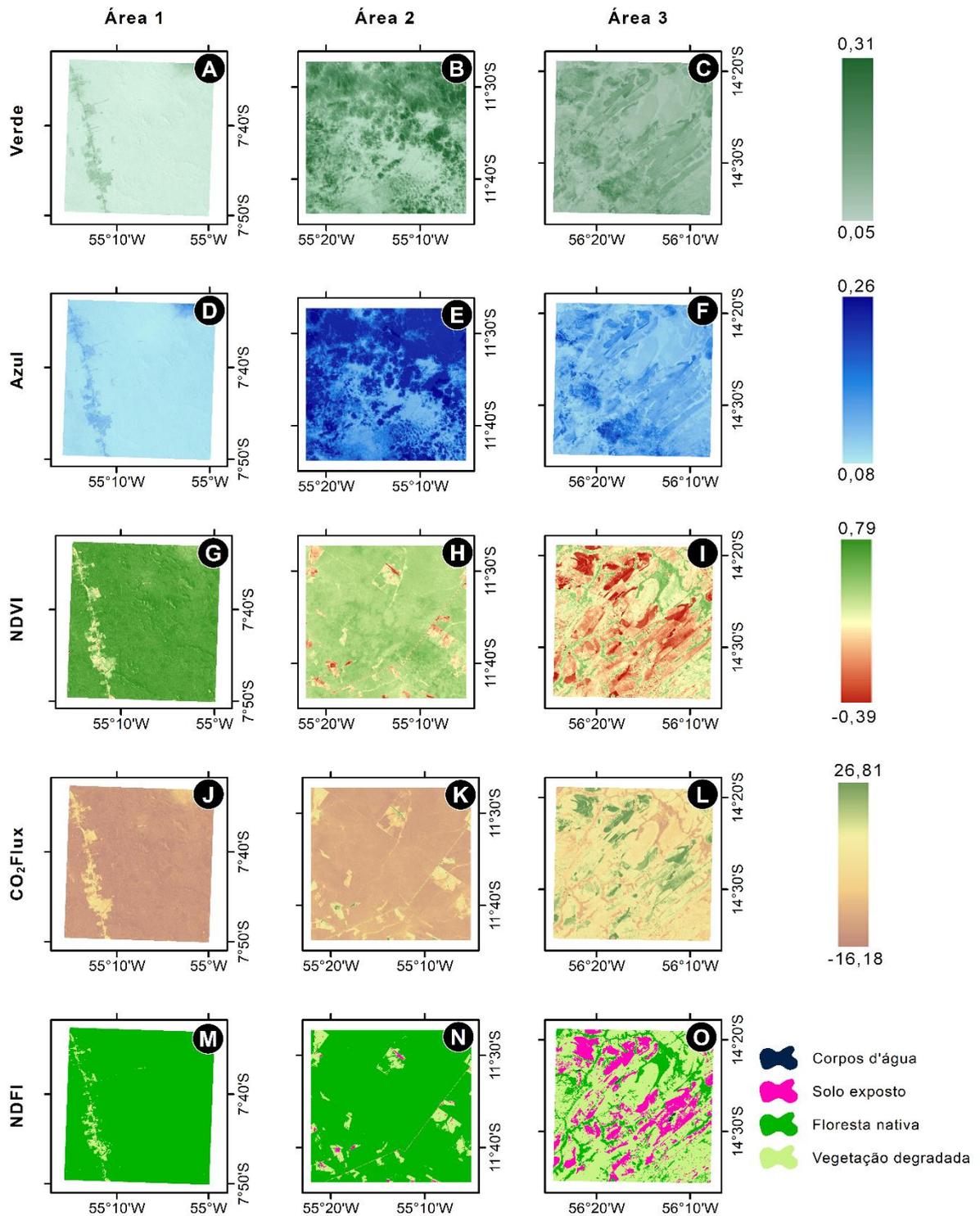
380  
381  
382

Figura 10. Agrupamento resultante da Análise de Componentes Principais (PCA) no qual as variáveis analisadas são distribuídas nos grupos 1 (Precipitação, NDVI) e grupo 2 (CO<sub>2</sub>Flux e as bandas espectrais Azul e Verde).



383  
384  
385

Figura 11. Correlações de Pearson aplicada as variáveis avaliadas (Precipitação, NDVI, CO<sub>2</sub>Flux e as bandas espectrais Azul e Verde) entre 1985 e 2019.



386  
387  
388

Figura 12. Distribuição espacial das variáveis analisadas (bandas espectrais Azul e Verde, NDVI e CO<sub>2</sub>Flux) e a cobertura do solo conforme o NDFI para as áreas estudadas no ano de 1994.

#### 389 **4 Discussão**

390 A precipitação pluvial média observada para os 35 anos esteve distribuída  
391 sazonalmente, permitindo a caracterização de duas estações (seca e chuva), no qual foi  
392 verificada a concentração pluviométrica durante a primavera-verão (setembro-fevereiro) e a  
393 redução na altura precipitada no outono-inverno (março-agosto). Em sua maioria, o volume  
394 anual acumulado esteve compreendido no intervalo da precipitação média anual do período  $\pm$   
395 desvio-padrão, entretanto foi possível verificar a presença de anos atípicos com totais anuais  
396 fora deste intervalo.

397 A variação pluviométrica é decorrente da interação dos mecanismos de circulação  
398 atmosférica com os fatores geográficos como distância do oceano (*e.g.* continentalidade ou  
399 maritimidade), relevo (*e.g.* planaltos, chapadas, montanhas) e latitude (*e.g.* região tropical,  
400 subtropical e extratropical) que resultam no regime de precipitação regional (Flantua et al.,  
401 2016; Nimer, 1979; Ramalho-Barros e da Silva-Balero, 2012; Rosa et al., 2007; Sette, 2005;  
402 Souza et al., 2013). No estado de Mato Grosso, Sette (2005) descreve como sistemas  
403 atmosféricos atuantes o Sistema Equatorial (SE), Sistema Tropical Continental (STC), Sistema  
404 Tropical Atlântico (STA), Sistema Polar Atlântico (SPA), Zona de Convergência Intertropical  
405 (ZCIT) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A ZCIT atua como um importante  
406 sistema gerador de precipitação (Flantua et al., 2016). O efeito da deflexão da força de Coriolis  
407 e ação dos os ventos alísios (de noroeste e sudeste) transportam a massa de umidade gerada no  
408 Atlântico equatorial (Massa Equatorial Atlântica, mEa) em sentido ao continente americano  
409 (Armani e Galvani, 2011). Em concomitância, ao adentrar a porção Norte da América do Sul,  
410 a mEa encontra com a Massa Equatorial Continental (mEc), resultante da evapotranspiração da  
411 floresta amazônica (Franca e Mendonça, 2016), e segue sentido oeste em direção a Cordilheira  
412 dos Andes, e posteriormente é desviada de modo parcial para a Altiplano boliviano, Paraguai,

413 Norte da Argentina e Centro-Sul do Brasil (Flantua et al., 2016; Gan et al., 2004; Marengo et  
414 al., 2012).

415 Durante a primavera-verão (setembro a fevereiro), ocorre a formação do Sistema de  
416 Monções da América do Sul (SMAS), que é um fenômeno sazonal no qual parte do fluxo de  
417 umidade oriundo da ZCIT ao se deslocar para a região Noroeste da Amazônia é desviado em  
418 sentido ao Centro-Sul do Brasil por meio de dois tipos de jatos atmosféricos: os jatos de baixo  
419 nível (JBN) e a baixa do Chaco (BC) e, de altos níveis devido a formação do vórtice  
420 anticiclônico da Alta da Bolívia (AB) e do vórtice ciclônico de altos níveis (VCAN) no  
421 Nordeste do Brasil, que por sua vez alimentam a Zona de Convergência do Atlântico Sul  
422 (ZCAS; Flantua et al., 2016; Jones e Carvalho, 2002; Pereira et al., 2013; Vuille et al., 2012).

423 Na transição para o outono-inverno (março a agosto), ocorre o avanço do Anticiclone  
424 Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) do STA em direção ao continente, e do Anticiclone Polar  
425 Continental (SPA), ambos transportando ventos secos e desprovidos de nebulosidade em  
426 sentido ao Centro do Brasil, ocasionando uma redução na entrada de umidade para a região  
427 Centro-Sul (Sette, 2005). Além disso, segundo a mesma autora, devido ao deslocamento  
428 sazonal da ZCIT, para sua posição mais ao Norte do Equador, causando uma reversão parcial  
429 do fluxo de umidade equatorial. Consequentemente, esse comportamento da circulação  
430 atmosférica atuante sobre a região Centro-Sul brasileira, resulta na distinção bem definida entre  
431 os invernos secos (JJA) e verões chuvosos (DJF), com distribuição variável entre o número de  
432 meses secos e chuvosos (Alvares et al., 2013; Rosa et al., 2007; Sette, 2005; Souza et al., 2013),  
433 corroborando com os resultados observados neste estudo.

434 Diversos estudos evidenciaram a presença de um gradiente sentido Norte-Sul no estado  
435 do Mato Grosso, com a presença de dois tipos climáticos principais: Aw e Am. O clima Aw se  
436 estende do Sul até a parte central do estado (Planalto dos Parecis), com montantes  
437 pluviométricos entre 1.000 à 1.400 mm ano<sup>-1</sup> e, 1.600 à 1.800 mm ano<sup>-1</sup>, respectivamente

438 (Alvares et al., 2013; ANA, 2016; Souza et al., 2013). Por outro lado, o clima Am se distribui  
439 de uma faixa localizada no sudoeste mato-grossense em direção ao Norte do estado, com  
440 precipitação média anual em torno de 1.700 à 3.000 mm (Alvares et al., 2013; ANA, 2016;  
441 Rosa et al., 2007; Souza et al., 2013), tendendo a aumentar em direção a faixa equatorial,  
442 estando os resultados verificados neste estudo dentro das amplitudes pluviométricas registradas  
443 para os dois tipos climáticos.

444 Quanto a variabilidade interanual da precipitação, foi possível verificar uma provável  
445 relação entre os anos atípicos com anos do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) conforme  
446 a caracterização do Índice de Oscilação Sul (ONI, Anexo A). Durante sua fase quente (El Niño),  
447 de intensidade moderada a muito forte, foram registrados os anos atípicos mais secos (1987,  
448 2002 e 2015). De modo oposto, na fase fria (La Niña) de forte intensidade, o comportamento  
449 foi distinto, sendo observado a presença tanto de anos atípicos chuvosos (1989), bem como  
450 anos secos (1998 e 1999).

451 Os anos de 2013, 2014 e 2018 não tiveram associação descrita para nenhuma fase do  
452 ENOS. No entanto, conforme Marengo et al. (2015), entre dezembro de 2013 e fevereiro de  
453 2014, foi observado um padrão atmosférico atípico de bloqueio na América do Sul, oriundo da  
454 presença atípica da ASAS sobre a região Sudeste e parte do Centro-Oeste do Brasil, impedindo  
455 a formação da ZCAS, bem como a passagem de sistemas frontais, que resultou em expressivas  
456 anomalias climáticas em todo o continente sul-americano. Como consequência, foi registrado  
457 uma das maiores secas na região Sudeste (Marengo et al., 2015), e na região Centro-Oeste um  
458 aumento nos volumes precipitados (Espinoza et al., 2014, 2012).

459 Com base nos processos dinâmicos atuantes na atmosfera e sua relação com a  
460 distribuição espaço-temporal da precipitação, a ocorrência de anos muito secos ou chuvosos  
461 resulta na presença de eventos extremos, tanto como secas severas até chuvas extremas  
462 causando inundações. Dentre os eventos mais recentes relatados para a região amazônica estão

463 as secas de 1998/1999, 2004/2005 e 2009/2010 (Coelho et al., 2012) e fortes inundações em  
464 2008/2009, 2011/2012 e 2013/2014 (Coelho et al., 2012; Espinoza et al., 2019, 2014; Gloor et  
465 al., 2015; Marengo e Espinoza, 2016).

466 Assumindo que o SPI é derivado da utilização de dados da precipitação ajustados a uma  
467 distribuição normal, se espera que em uma longa série histórica (superior a 20 anos): 68% dos  
468 valores de SPI estão entre  $\pm 1$  desvio-padrão, 95% dos valores entre  $\pm 2$  desvios-padrão e, 99%  
469 dos valores entre  $\pm 3$  desvios-padrão, estando os eventos atípicos (secos ou chuvosos) deste  
470 estudo similares a outros trabalhos (Hayes et al., 2011; McKee et al., 1993; WMO, 2012).  
471 Destaca-se que conforme Hayes et al. (2011), valores extremos na escala do SPI ( $\pm 2$  desvios-  
472 padrão) possuem ocorrência esperada de 3 eventos a cada 100 anos, entretanto de acordo com  
473 os resultados observados, foram registrados 3 eventos de chuvas extremas ocorrentes nos  
474 últimos 35 anos na região.

475 De modo simplificado, o clima da Amazônia Legal é definido por uma complexa  
476 combinação de processos físicos e dinâmicos de larga escala, como a ZCIT, ZCAS, AB e os  
477 JBN, bem como características regionais, que resultam no padrão de distribuição espaço-  
478 temporal da precipitação (Franca e Mendonça, 2016; Silva et al., 2019), afetando assim as áreas  
479 estudadas. Além disso, a ocorrência de eventos atípicos está relacionada principalmente a  
480 interdependência dos mecanismos de circulação atmosférica e suas teleconexões  
481 extrarregionais (Franca e Mendonça, 2016), a influência do fenômeno ENOS e, das anomalias  
482 no gradiente de temperatura superficial do Oceano Atlântico e Pacífico (Debortoli et al., 2015;  
483 González et al., 2007; Marengo, 2004; Marengo et al., 2015, 2012; Silva et al., 2019).

484 Esses padrões sazonais na pluviosidade afetam diretamente a vegetação, principalmente  
485 na capacidade fotossintética e, conseqüentemente, nas taxas de fixação de carbono em biomassa  
486 ao longo do ano (Barnes et al., 2017). Conceitualmente, a energia solar interage com uma folha  
487 em todos os comprimentos de onda, resultando em suas propriedades ópticas, que são

488 determinadas por características bioquímicas e biofísicas (Ustin e Jacquemoud, 2020). Taiz et  
489 al. (2007) descrevem que a interação da luz solar e a superfície das folhas, do ponto de vista  
490 fotossintético, ocorre por meio da existência dos pigmentos fotossintetizantes como a clorofila  
491 (clorofila a ou b) e, os carotenoides (carotenos e xantofilas) na faixa espectral do visível (entre  
492 0,40 e 0,70  $\mu\text{m}$ ). De acordo com Ustin e Jacquemoud (2020), nos vegetais verdes, os dois tipos  
493 de clorofila (a e b) são responsáveis pela absorção da fração espectral do vermelho (0,43 a 0,66  
494  $\mu\text{m}$ ) e do azul (0,45 a 0,65  $\mu\text{m}$ ), respectivamente, além da reflexão na região verde (0,52 a 0,60  
495  $\mu\text{m}$ ). Os carotenoides, são pigmentos fotossintetizantes amarelo-alaranjados, que absorvem  
496 energia no espectro de 0,40 a 0,50  $\mu\text{m}$ , bem como atuam como mecanismos fotoprotetores das  
497 moléculas de clorofila, as protegendo em casos de excesso de luz (Cavender-bares et al., 2020).  
498 Assim, fica evidente a possibilidade de detecção das modificações no comportamento espectral  
499 das plantas, resultantes de alterações fenológicas e fisiológicas, assim como condições de  
500 estresse. A utilização de índices espectrais permite o desenvolvimento de relações preditivas  
501 entre os espectros de refletância da folha e a capacidade fotossintética (Gamon et al., 2015), no  
502 caso deste estudo o CO<sub>2</sub>Flux (NDVI e PRI reescalado). O uso do NDVI e do PRI  
503 conjuntamente resulta uma estimativa da taxa fotossintética, pelo qual o NDVI fornece uma  
504 aproximação de absorção da luz pela vegetação verde e, o PRI obtém uma medida da eficiência  
505 da conversão de energia em carbono fixo, baseado em um modelo de eficiência de uso de luz  
506 (Gamon et al., 2015, 1995, 1992). As observações das séries interanuais e mensais do CO<sub>2</sub>Flux  
507 e do NDVI, neste estudo, indicam uma forte correlação negativa ( $r = -0,927$ ) entre os dois  
508 índices, bem como um comportamento inverso entre as estações secas e chuvosas. Ambos os  
509 índices são diretamente influenciados pela sazonalidade da precipitação (Chhabra e Gohel.,  
510 2019; Tiwari et al., 2013), no qual durante a estação seca (março-agosto) é registrado o aumento  
511 das concentrações de CO<sub>2</sub> (fluxo positivo), com posterior redução (fluxo negativo) devido ao  
512 início da chuvas, isto evidencia a atuação da vegetação como um dreno de carbono em

513 condições sem limitação hídrica. Contudo, em vista dos resultados apresentados anteriormente,  
514 a PCA (PCA1: 54,88%) associa o NDVI com as chuvas apesar da correlação de baixa  
515 magnitude ( $r = 0,172$ ) entre essas variáveis e, o fluxo de  $\text{CO}_2$ , não apresentou relação com a  
516 precipitação ( $r = - 0,054$ ).

517 Durante o período de estiagem, as plantas reduzem a atividade fotossintética por meio  
518 do fechamento dos estômatos e, conseqüentemente, diminuem as trocas gasosas e água, bem  
519 como investem na síntese e expressão de pigmentos fotoprotetores como os carotenoides para  
520 dissipação do excesso de radiação (Schrodt et al., 2020; Taiz et al., 2007). Em condições de  
521 excesso de energia, por meio do ciclo das xantofilas acontece a dissipação da energia excedente  
522 (Gamon et al., 2015, 1992; Schrodt et al., 2020). Além da restrição hídrica, nos meses de  
523 inverno são verificadas as maiores amplitudes térmicas diárias na região Centro-Sul do Mato  
524 Grosso (Debortoli et al., 2015; Souza et al., 2013). Com início das chuvas, a vegetação retoma  
525 a atividade fotossintética aumentando o sequestro de  $\text{CO}_2$  (fluxo negativo), conseqüentemente  
526 elevando o NDVI e reduzindo a concentração de carotenoides presente nas folhas (Gamon et  
527 al., 2015; Tiwari et al., 2013).

528 Em escala interanual, ambos os índices (NDVI e  $\text{CO}_2\text{Flux}$ ) registraram alterações  
529 significativas após o ano de 1994, indicando alterações nas propriedades biofísicas da área  
530 estudada, conforme resultados apresentados no testes de Mann-Kendall e Pettitt. A alteração no  
531  $\text{CO}_2\text{Flux}$  evidencia degradação do ambiente analisado que, inicialmente, era um dreno de  
532 carbono da atmosfera (fluxo negativo) e, a partir de 1994, passou a ser uma fonte de  $\text{CO}_2$  para  
533 o ambiente. Esses resultados vão de acordo com a dinâmica de alteração no uso e cobertura do  
534 solo na região estudada, no qual até o ano de 1995, as modificações da paisagem estavam  
535 concentradas em áreas de vegetação degradada sendo alteradas para solo exposto, e após 1995,  
536 ocorreu uma representativa redução das áreas de floresta nativa. Os resultados são similares aos  
537 verificados pelo Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite

538 (PRODES, Assis et al., 2019) no período de 1988 à 1995, no qual 136.217 km<sup>2</sup> de floresta da  
539 Amazônia Legal foram desmatadas até 1995, ano com maior montante de desmatamento do  
540 período, com as maiores taxas de desmatamento verificadas nos estados de Mato Grosso  
541 (45.465 km<sup>2</sup>, 33,4%) e Pará (41.610 km<sup>2</sup>, 30,5%).

542 Nesse intervalo de tempo diferentes fatores socioeconômicos tiveram influência nas  
543 taxas de modificação da paisagem a nível de Amazônia Legal. Fearnside (2005) atribui o  
544 declínio do desmatamento na Amazônia Legal em 1991, ao veto à concessão de incentivos  
545 fiscais para empreendimentos que impliquem na conversão de ecossistemas primários, por meio  
546 do Decreto N°. 153/1991 (BRASIL, 1991) e, ao confisco das contas poupanças no ano de 1990  
547 (Laurance et al., 2001), resultando em uma redução nos recursos disponíveis para o crédito  
548 rural, principal fonte de fomento à colonização, até meados da década de 90 (Margarit, 2013).

549 No entanto, em 1994, devido as reformas econômicas e o lançamento do Plano Real, a  
550 economia se torna mais estável (Laurance et al., 2001), aumentando a disponibilidade de capital  
551 e, conseqüentemente, novas liberações de créditos (Fearnside, 2005), que por sua vez podem  
552 estar relacionadas com o pico histórico de desmatamento para todo o território da Amazônia  
553 Legal em 1995 (PRODES, Assis et al., 2019). Como uma tentativa de conter as crescentes taxas  
554 de desmatamento registradas nos períodos anteriores, foram modificados os percentuais de  
555 Reserva Legal (RL) de 50% para 80% da área total das propriedades na Amazônia Legal, por  
556 meio da Medida Provisória N°. 1.511/1996, alterando a Lei 4.471/1965 do Novo Código  
557 Florestal (BRASIL, 1996, 1965). Entretanto, nos anos subsequentes, com a publicação da  
558 Medida Provisória N°. 1.885-43/1999 (BRASIL, 1999), o percentual de RL foi novamente  
559 modificado para 50% da área da propriedade, sendo esse período caracterizado por um aumento  
560 nas taxas de desmatamento, principalmente em propriedades rurais com até 100 ha  
561 caracterizadas como agricultura familiar (Alencar et al., 2016).

562 Entre os anos de 2000 e 2005, as áreas analisadas nesse estudo apresentaram uma  
563 redução no percentual de florestas, que corrobora com o padrão verificado no mesmo período  
564 para a Amazônia Legal, no qual cerca de 130.223 km<sup>2</sup> foram desmatados, dentre os quais 71,2%  
565 desse total foram observados nos estados de Mato Grosso (51.328 km<sup>2</sup>, 39,4%) e Pará (41.332  
566 km<sup>2</sup>, 31,7%) conforme dados do PRODES (Assis et al., 2019). Nesse contexto, Assunção et al.  
567 (2015) atribui ao crescimento do mercado de *commodities* como a soja e da carne bovina como  
568 fatores indiretos que impulsionaram a abertura de novas áreas. Ainda segundo o mesmo autor,  
569 como tentativas de controlar o desmatamento foram realizadas a redefinição da RL em um  
570 percentual de 80% para todas as propriedades da Amazônia Legal por meio da Medida  
571 Provisória N°. 2.166-67/2001 (BRASIL, 2001), bem como a implementação de políticas  
572 governamentais por meio do Plano de ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na  
573 Amazônia Legal (PPCDAm) e a criação do Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo  
574 Real (DETER), em 2004, que visavam a melhora na fiscalização e aplicação das leis ambientais.

575 Após o ano de 2005, a redução nas taxas de desmatamento pode ser atribuída a  
576 diminuição na atratividade no setor agrícola e pecuário devido à queda da taxa de câmbio entre  
577 o dólar e o real entre 2004 e 2007, a adoção de sanções político-econômicas como o embargo,  
578 multas e inaptidão ao crédito agrícola das propriedades que estivessem irregulares junto aos  
579 órgãos responsáveis (Assunção et al., 2015; Carvalho et al., 2019). Nas quais dentre os  
580 principais acordos realizados nesse período estão a Moratória da Soja, o Acordo da Carne e a  
581 Lista de Municípios Prioritários da Amazônia (BRASIL, 2008, 2007), esses mecanismos  
582 embargavam a produção agropecuária oriunda de propriedades ambientalmente irregulares e  
583 impossibilitavam o acesso ao crédito agrícola (Assunção et al., 2015; Carvalho et al., 2019;  
584 Nepstad et al., 2014).

585 Essas modificações na governança florestal em conjunto com a Lei N°. 12.651/2012  
586 (Lei de Proteção a Vegetação Nativa, BRASIL, 2012), complementaram de modo decisivo o

587 monitoramento e controle das florestas no País, na qual formaliza em formato de lei as  
588 modificações no percentual da RL, define as Áreas de Proteção Permanente (APPs)  
589 (caracterizadas pelas zonas ripárias e áreas declivosas com inclinação acima de 45°) e  
590 implementa o Cadastro Ambiental Rural (CAR; BRASIL, 2012) a nível nacional. Nesse  
591 contexto, para as áreas analisadas, foi verificado que as alterações estiveram concentradas em  
592 áreas de vegetação degradada (secundária) sendo convertidas para solo exposto que seria  
593 destinado a agropecuária enquanto a cobertura florestal permanece pouco alterada.

594 Assim pode se verificar que as áreas estudadas apresentaram diferentes intensidades de  
595 alterações na cobertura do solo similares aos verificados para a Amazônia Legal, evidenciando  
596 a influência de fatores políticos e econômicos nas taxas de desmatamento nos últimos 35 anos.  
597 Com base nos padrões de precipitação e dinâmica de alterações na cobertura do solo observados  
598 não foi possível verificar uma relação direta entre os dois fenômenos, contudo a remoção da  
599 cobertura florestal reduz a evapotranspiração e, conseqüentemente, a formação de nuvens, além  
600 de que os solos expostos modificam o fluxo de calor latente de superfície (Fu e Li, 2004;  
601 Trenberth et al., 2014) e em conjunto com os mecanismos de circulação atmosférica  
602 desencadear eventos de precipitação precoce e alterações na sazonalidade da chuva em escala  
603 local e/ou regional intensificando as mudanças climáticas(Almeida et al., 2016).

#### 604 **Conclusões**

605 A precipitação nas proximidades da BR-163 (trecho Cuiabá-Santarém) é resultante da  
606 interdependência dos mecanismos de circulação atmosférica e suas teleconexões na qual foi  
607 possível verificar a regularidade da precipitação apesar da presença de anos atípicos nos 35  
608 anos analisados, porém não foram observados anos exclusivamente secos ou chuvosos. Entre  
609 eventos extremos, somente foram verificados a presença de eventos extremos de chuva.

610 A utilização dos sensores multiespectrais permitiu a verificação de alterações no fluxo  
611 de carbono da região, a qual apresentava-se como um sumidouro fixando carbono (fluxo

612 negativo) até o ano de 1994 e, devido a alterações biofísicas passou a ser uma fonte de carbono  
613 (fluxo positivo).

614 Nos 35 anos avaliados foi possível verificar que a dinâmica de alterações na cobertura  
615 do solo nas proximidades de BR-163 se assemelha aos padrões observados na Amazônia Legal,  
616 possuindo maiores taxas de alterações nos anos de 1995 e 2005.

#### 617 **Agradecimentos**

618 Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de  
619 Mato Grosso, Câmpus Universitário de Sinop, ao Núcleo de Estudos em Biodiversidade da  
620 Amazônia Mato-Grossense (NEBAM-UFMT) e ao grupo de pesquisa Geotecnologia Aplicada  
621 em Agricultura e Floresta (GAAF), da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT).

#### 622 **Declaração de interesse**

623 Os autores declaram nenhum conflito de interesse.

#### 624 **Financiamento**

625 Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível  
626 Superior - Brasil (CAPES) [Código de Financiamento - 001] e a Fundação de Amparo à  
627 Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) por meio da concessão da bolsa ao primeiro  
628 autor [Processo N°. 88887.199361/2018-00].

#### 629 **Referências**

- 630 Alencar, A., Pereira, C., Castro, I., Cardoso, A., Souza, L., Costa, R., Bentes, A.J., Stella, O.,  
631 Azevedo, A., Gomes, J., Novaes, R., 2016. Desmatamento nos Assentamentos da  
632 Amazônia: histórico, tendências e oportunidades. IPAM, Brasília.
- 633 Almeida, C.T., Oliveira-júnior, J.F., Delgado, R.C., Cubo, P., Ramos, M.C., 2016.  
634 Spatiotemporal rainfall and temperature trends throughout the Brazilian Legal Amazon ,  
635 1973 – 2013. <https://doi.org/10.1002/joc.4831>
- 636 Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., De Moraes Gonçalves, J.L., Sparovek, G., 2013.

- 637 Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Zeitschrift* 22, 711–728.  
638 <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- 639 ANA, (Agência Nacional de Águas), 2016. Precipitação [WWW Document]. URL  
640 <http://www.metadados.inde.gov.br/geonetwork/srv/por/metadata.show?id=70843>  
641 (accessed 10.5.20).
- 642 Armani, G., Galvani, E., 2011. Fluxos polares e o ritmo dos sistemas atmosféricos no nordeste  
643 do Estado de São Paulo. *Soc. Nat.* 23, 7–22. [https://doi.org/10.1590/S1982-](https://doi.org/10.1590/S1982-45132011000100002)  
644 [45132011000100002](https://doi.org/10.1590/S1982-45132011000100002)
- 645 Assis, L.F.F.G., Ferreira, K.R., Vinhas, L., Maurano, L., Almeida, C., Carvalho, A., Rodrigues,  
646 J., Maciel, A., Camargo, C., 2019. TerraBrasilis: A Spatial Data Analytics Infrastructure  
647 for Large-Scale Thematic Mapping. *ISPRS Int. J. Geo-Information* 8, 513–540.  
648 <https://doi.org/10.3390/ijgi8110513>
- 649 Assunção, J., Gandour, C., Rocha, R., 2015. Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon:  
650 Prices or policies? *Environ. Dev. Econ.* 20, 697–722.  
651 <https://doi.org/10.1017/S1355770X15000078>
- 652 Barnes, M.L., Breshears, D.D., Law, D.J., van Leeuwen, W.J.D., Monson, R.K., Fojtik, A.C.,  
653 Barron-Gafford, G.A., Moore, D.J.P., 2017. Beyond greenness: Detecting temporal  
654 changes in photosynthetic capacity with hyperspectral reflectance data. *PLoS One* 12, 1–  
655 17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189539>
- 656 BRASIL, 2020. Quarto inventário nacional de emissões e remoções antrópicas de gases de  
657 efeito estufa Relatório de referência: Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e  
658 Florestas, 4th ed. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, Brasília.
- 659 BRASIL, 2012. LEI No. 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. Dispõe sobre a proteção da  
660 vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de  
661 dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15

662 de setembro de 19.

663 BRASIL, 2008. DECRETO No. 6.514, DE 22 DE JULHO DE 2008. Dispõe sobre as infrações  
664 e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal  
665 para apuração destas infrações, e dá outras providências.

666 BRASIL, 2007. DECRETO No. 6.321, DE 21 DE DEZEMBRO DE 2007. Dispõe sobre ações  
667 relativas à prevenção, monitoramento e controle de desmatamento no Bioma Amazônia,  
668 bem como altera e acresce dispositivos ao Decreto No 3.179, de 21 de setembro de 1999,  
669 que dispõe sobre a e.

670 BRASIL, 1999. MEDIDA PROVISÓRIA No. 1.885-43, DE 23 DE NOVEMBRO DE 1999.  
671 Dá nova redação aos arts. 3º, 16 e 44 da Lei No. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e  
672 dispõe sobre a proibição do incremento da conversão de áreas florestais em áreas agrícolas  
673 na região Norte e na. Brasil.

674 BRASIL, 1996. MEDIDA PROVISÓRIA No. 1.511, DE 25 DE JULHO DE 1996. Dá nova  
675 redação ao art. 44 da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e dispõe sobre a proibição  
676 do incremento da conversão de áreas florestais em áreas agrícolas na região Norte e na  
677 parte Norte da re.

678 BRASIL, 1991. DECRETO No. 153, DE 25 DE JUNHO DE 1991. Altera o Decreto No. 101,  
679 de 17 de abril de 1991, que "Regulamenta a Lei No. 8.167, de 16 de janeiro de 1991, que  
680 altera a legislação do Imposto sobre a Renda relativa a incentivos fiscais, estabelece novas  
681 condiç.

682 BRASIL, 1966. LEI No. 5.173, DE 27 DE OUTUBRO DE 1966. Dispõe sobre o Plano de  
683 Valorização Econômica da Amazônia; extingue a Superintendência do Plano de  
684 Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), cria a Superintendência do  
685 Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM)...

686 BRASIL, 1965. LEI No. 4.771, DE 15 DE SETEMBRO DE 1965. Institui o novo Código

- 687 Florestal.
- 688 BRASIL, 1953. LEI No. 1.806, DE 6 DE JANEIRO DE 1953. Dispõe sobre o Plano de  
689 Valorização Econômica da Amazônia, cria a Superintendência da sua execução e dá outras  
690 providências.
- 691 Carvalho, W.D., Mustin, K., Hilário, R.R., Vasconcelos, I.M., Eilers, V., Fearnside, P.M., 2019.  
692 Deforestation control in the Brazilian Amazon: A conservation struggle being lost as  
693 agreements and regulations are subverted and bypassed. *Perspect. Ecol. Conserv.* 17, 122–  
694 130. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.06.002>
- 695 Cavender-Bares, J., Gamon, J.A., Townsend, P.A., 2020. Remote sensing of plant biodiversity.  
696 Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-33157-3>
- 697 Chhabra, A., Gohel, A., 2019. Dynamics of atmospheric carbon dioxide over different land  
698 cover types in India. *Environ. Monit. Assess.* 191. [https://doi.org/10.1007/s10661-019-](https://doi.org/10.1007/s10661-019-7681-z)  
699 [7681-z](https://doi.org/10.1007/s10661-019-7681-z)
- 700 Coelho, C.A.S., Cavalcanti, I.A.F., Costa, S.M.S., Freitas, S.R., Ito, E.R., Luz, G., Santos, A.F.,  
701 Nobre, C.A., Marengo, J.A., Pezza, A.B., 2012. Climate diagnostics of three major drought  
702 events in the Amazon and illustrations of their seasonal precipitation predictions.  
703 *Meteorol. Appl.* 19, 237–255. <https://doi.org/10.1002/met.1324>
- 704 Debortoli, N.S., Dubreuil, V., Funatsu, B., Delahaye, F., de Oliveira, C.H., Rodrigues-Filho,  
705 S., Saito, C.H., Fetter, R., 2015. Rainfall patterns in the Southern Amazon: a chronological  
706 perspective (1971–2010). *Clim. Change* 132, 251–264. [https://doi.org/10.1007/s10584-](https://doi.org/10.1007/s10584-015-1415-1)  
707 [015-1415-1](https://doi.org/10.1007/s10584-015-1415-1)
- 708 Espinoza, J.C., Marengo, J.A., Ronchail, J., Carpio, J.M., Flores, L.N., Guyot, J.L., 2014. The  
709 extreme 2014 flood in south-western Amazon basin: The role of tropical-subtropical South  
710 Atlantic SST gradient. *Environ. Res. Lett.* 9. [https://doi.org/10.1088/1748-](https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/12/124007)  
711 [9326/9/12/124007](https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/12/124007)

- 712 Espinoza, J.C., Ronchail, J., Guyot, J.L., Junquas, C., Drapeau, G., Martinez, J.M., Santini, W.,  
713 Vauchel, P., Lavado, W., Ordoñez, J., Espinoza, R., 2012. From drought to flooding:  
714 understanding the abrupt 2010–11 hydrological annual cycle in the Amazonas River and  
715 tributaries. *Environ. Res. Lett.* 7, 024008. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/2/024008>
- 716 Espinoza, J.C., Ronchail, J., Marengo, J.A., Segura, H., 2019. Contrasting North–South  
717 changes in Amazon wet-day and dry-day frequency and related atmospheric features  
718 (1981–2017). *Clim. Dyn.* 52, 5413–5430. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4462-2>
- 719 Fearnside, P.M., 2005. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and  
720 Consequences. *Conserv. Biol.* 19, 680–688. [https://doi.org/10.1111/j.1523-  
721 1739.2005.00697.x](https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00697.x)
- 722 Flantua, S.G.A., Hooghiemstra, H., Vuille, M., Behling, H., Carson, J.F., Gosling, W.D.,  
723 Hoyos, I., Ledru, M.P., Montoya, E., Mayle, F., Maldonado, A., Rull, V., Tonello, M.S.,  
724 Whitney, B.S., González-Arango, C., 2016. Climate variability and human impact in South  
725 America during the last 2000 years: Synthesis and perspectives from pollen records. *Clim.  
726 Past* 12, 483–523. <https://doi.org/10.5194/cp-12-483-2016>
- 727 Franca, R.R. da, Mendonça, F. de A., 2016. A pluviosidade na Amazônia meridional:  
728 variabilidade e teleconexões extra-regionais. *Confins* 1–11.  
729 <https://doi.org/10.4000/confins.11580>
- 730 Fu, R., Li, W., 2004. The influence of the land surface on the transition from dry to wet season  
731 in Amazonia. *Theor. Appl. Climatol.* 78, 97–110. [https://doi.org/10.1007/s00704-004-  
732 0046-7](https://doi.org/10.1007/s00704-004-0046-7)
- 733 Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland,  
734 J., Harrison, L., Hoell, A., Michaelsen, J., 2015. The climate hazards infrared precipitation  
735 with stations - A new environmental record for monitoring extremes. *Sci. Data* 2, 1–21.  
736 <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66>

- 737 Gamon, J.A., Field, C.B., Bilger, W., Björkman, O., Fredeen, A.L., Peñuelas, J., 1990. Remote  
738 sensing of the xanthophyll cycle and chlorophyll fluorescence in sunflower leaves and  
739 canopies. *Oecologia* 85, 1–7. <https://doi.org/10.1007/BF00317336>
- 740 Gamon, J.A., Field, C.B., Goulden, M.L., Griffin, K.L., Hartley, A.E., Joel, G., Penuelas, J.,  
741 Valentini, R., 1995. Relationships between NDVI, canopy structure, and photosynthesis  
742 in three Californian vegetation types. *Ecol. Appl.* 5, 28–41.  
743 <https://doi.org/10.2307/1942049>
- 744 Gamon, J.A., Kovalchuck, O., Wong, C.Y.S., Harris, A., Garrity, S.R., 2015. Monitoring  
745 seasonal and diurnal changes in photosynthetic pigments with automated PRI and NDVI  
746 sensors. *Biogeosciences* 12, 4149–4159. <https://doi.org/10.5194/bg-12-4149-2015>
- 747 Gamon, J.A., Peñuelas, J., Field, C.B., 1992. A narrow-waveband spectral index that tracks  
748 diurnal changes in photosynthetic efficiency. *Remote Sens. Environ.* 41, 35–44.  
749 [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(92\)90059-S](https://doi.org/10.1016/0034-4257(92)90059-S)
- 750 Gamon, J.A., Serrano, L., Surfus, J.S., 1997. The photochemical reflectance index: An optical  
751 indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types, and  
752 nutrient levels. *Oecologia* 112, 492–501. <https://doi.org/10.1007/s004420050337>
- 753 Gan, M.A., Kousky, V.E., Ropelewski, C.F., 2004. The south america monsoon circulation and  
754 its relationship to rainfall over West-Central Brazil. *J. Clim.* 17, 47–66.  
755 [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)017<0047:TSAMCA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<0047:TSAMCA>2.0.CO;2)
- 756 Gloor, M., Barichivich, J., Ziv, G., Brienen, R., Schöngart, J., Peylin, P., Ladvoat Cintra, B.B.,  
757 Feldpausch, T., Phillips, O., Baker, J., 2015. Recent Amazon climate as background for  
758 possible ongoing and future changes of Amazon humid forests. *Global Biogeochem.*  
759 *Cycles* 29, 1384–1399. <https://doi.org/10.1002/2014GB005080>
- 760 Gois, G. de, Delgado, R.C., Oliveira-Júnior, J.F., 2015. Modelos teóricos transitivos aplicados  
761 na interpolação espacial do índice de precipitação padronizada (SPI) para episódios de El

- 762 Niño forte no estado do Tocantins. *Irriga* 20, 371–387.
- 763 Gois, G. de, Oliveira-Júnior, J.F. de, Roberta Fernanda da Paz de Souza, Welington Kiffer de,  
764 F., Paulo Miguel de Bodas, T., Bruno Serafini, S., 2020. Variabilidade pluviométrica e a  
765 aplicação do índice SPI na região do médio Paraíba do Sul - Rio de Janeiro. *Rev. Bras.*  
766 *Climatol.* 27, 122–157. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.66703>
- 767 González, M., Vera, C.S., Liebmann, B., Marengo, J.A., Kousky, V., Allured, D., 2007. The  
768 nature of the rainfall onset over central South America. *Atmosfera* 20, 377–394.
- 769 Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R., 2017. Google  
770 Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sens. Environ.*  
771 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- 772 Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E., Tatham, R.L., 2009. *Análise multivariada*  
773 *de dados*, 6th ed. Bookman, Porto Alegre.
- 774 Hayes, M., Svoboda, M., Wall, N., Widhalm, M., 2011. The Lincoln declaration on drought  
775 indices: Universal meteorological drought index recommended. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*  
776 92, 485–488. <https://doi.org/10.1175/2010BAMS3103.1>
- 777 Huang, B., Thorne, P.W., Banzon, V.F., Boyer, T., Chepurin, G., Lawrimore, J.H., Menne,  
778 M.J., Smith, T.M., Vose, R.S., Zhang, H.-M., 2017. Extended Reconstructed Sea Surface  
779 Temperature, Version 5 (ERSSTv5): Upgrades, Validations, and Intercomparisons. *J.*  
780 *Clim.* 30, 8179–8205. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0836.1>
- 781 Huntington, J.L., Hegewisch, K.C., Daudert, B., Morton, C.G., Abatzoglou, J.T., McEvoy, D.J.,  
782 Erickson, T., 2017. Climate engine: Cloud computing and visualization of climate and  
783 remote sensing data for advanced natural resource monitoring and process understanding.  
784 *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 98, 2397–2409. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00324.1>
- 785 IBGE, (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2015. *Recuperação e compatibilização*  
786 *do Projeto RADAMBRASIL: Tema vegetação [WWW Document]. URL*

- 787 <http://www.metadados.inde.gov.br/geonetwork/srv/eng/metadata.show?id=69534>  
788 (accessed 5.9.20).
- 789 IBGE, (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2012. Manual Técnico da Vegetação  
790 Brasileira, 2<sup>a</sup>. ed. IBGE, Rio de Janeiro.
- 791 Ishihara, J.H., Fernandes, L.L., Duarte, A.A.A.M., Duarte, A.R.C.L.M., Ponte, M.X., Loureiro,  
792 G.E., 2014. Quantitative and Spatial Assessment of Precipitation in the Brazilian Amazon  
793 (Legal Amazon) - (1978 to 2007). *Rev. Bras. Recur. Hídricos* 19, 29–39.  
794 <https://doi.org/10.21168/rbrh.v19n1.p29-39>
- 795 Jones, C., Carvalho, L.M. V., 2002. Active and break phases in the South American Monsoon  
796 system. *J. Clim.* 15, 905–914. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2002\)015<0905:AABPIT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015<0905:AABPIT>2.0.CO;2)
- 798 Kalamandeen, M., Gloor, E., Mitchard, E., Quincey, D., Ziv, G., Spracklen, D., Spracklen, B.,  
799 Adami, M., Aragaõ, L.E.O.C., Galbraith, D., 2018. Pervasive Rise of Small-scale  
800 Deforestation in Amazonia. *Sci. Rep.* 8, 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19358-2>  
801 2
- 802 Kendall, M.G., 1976. Rank correlation methods, 4th ed. Griffin, London.  
803 <https://doi.org/https://zenodo.org/record/3727162#.X6iNuYhKjcc>
- 804 Laurance, W.F., Albernaz, A.K.M., Da Costa, C., 2001. Is deforestation accelerating in the  
805 Brazilian Amazon? *Environ. Conserv.* 28, 305–311.  
806 <https://doi.org/10.1017/S0376892901000339>
- 807 Lloyd-Hughes, B., 2014. The impracticality of a universal drought definition. *Theor. Appl.*  
808 *Climatol.* 117, 607–611. <https://doi.org/10.1007/s00704-013-1025-7>
- 809 López-Carr, D., Pricope, N.G., Aukema, J.E., Jankowska, M.M., Funk, C., Husak, G.,  
810 Michaelsen, J., 2014. A spatial analysis of population dynamics and climate change in  
811 Africa: Potential vulnerability hot spots emerge where precipitation declines and

- 812 demographic pressures coincide. *Popul. Environ.* 35, 323–339.  
813 <https://doi.org/10.1007/s11111-014-0209-0>
- 814 Lyra, G.B., Oliveira-Júnior, J.F., Gois, G., Cunha-Zeri, G., Zeri, M., 2017. Rainfall variability  
815 over Alagoas under the influences of SST anomalies. *Meteorol. Atmos. Phys.* 129, 157–  
816 171. <https://doi.org/10.1007/s00703-016-0461-1>
- 817 Mann, H.B., 1945. Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica* 13, 245.  
818 <https://doi.org/10.2307/1907187>
- 819 Marengo, J.A., 2004. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin  
820 96, 79–96. <https://doi.org/10.1007/s00704-004-0045-8>
- 821 Marengo, J.A., Espinoza, J.C., 2016. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia:  
822 Causes, trends and impacts. *Int. J. Climatol.* 36, 1033–1050.  
823 <https://doi.org/10.1002/joc.4420>
- 824 Marengo, J.A., Liebmann, B., Grimm, A.M., Misra, V., Silva Dias, P.L., Cavalcanti, I.F.A.,  
825 Carvalho, L.M. V., Berbery, E.H., Ambrizzi, T., Vera, C.S., Saulo, A.C., Nogues-Paegle,  
826 J., Zipser, E., Seth, A., Alves, L.M., 2012. Recent developments on the South American  
827 monsoon system. *Int. J. Climatol.* 32, 1–21. <https://doi.org/10.1002/joc.2254>
- 828 Marengo, J.A., Nobre, C.A., Seluchi, M.E., Cuartas, A., Alves, L.M., Mendiando, E.M.,  
829 Obregón, G., Sampaio, G., 2015. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo.  
830 *Rev. USP* 31–44. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i106p31-44>
- 831 Marengo, J.A., Souza, C.M., Thonicke, K., Burton, C., Halladay, K., Betts, R.A., Alves, L.M.,  
832 Soares, W.R., 2018. Changes in climate and land use over the Amazon region: current and  
833 future variability and trends. *Front. Earth Sci.* 6, 1–21.  
834 <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00228>
- 835 Margarit, E., 2013. O processo de ocupação do espaço ao longo da BR-163: uma leitura a partir  
836 do planejamento regional estratégico da Amazônia durante o governo militar. *Geogr. em*

- 837 Questão 6, 12–31.
- 838 Matricardi, E.A.T., Skole, D.L., Costa, O.B., Pedlowski, M.A., Samek, J.H., Miguel, E.P.,  
839 2020. Long-term forest degradation surpasses deforestation in the Brazilian Amazon.  
840 *Science* (80-. ). 369, 1378–1382. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.ABB3021>
- 841 McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and  
842 duration to time scales, in: *Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology*, 17-  
843 22 January, Anaheim, CA. American Meteorological Society, Boston, MA, pp. 179–184.
- 844 Nepstad, D., Mcgrath, D., Stickler, C., Alencar, A., Azevedo, A., Swette, B., Bezerra, T.,  
845 Digiano, M., Shimada, J., Seroa, R., Armijo, E., Castello, L., Brando, P., Hansen, M.C.,  
846 Mcgrath-horn, M., Carvalho, O., Hess, L., 2014. Slowing Amazon deforestation through  
847 public policy and interventions in beef and soy supply chains. *Science* (80-. ). 344, 1118–  
848 1123. <https://doi.org/10.1111/j.1360-0443.1990.tb03529.x>
- 849 Nimer, E., 1979. *Climatologia do Brasil*, 2nd ed. IBGE, Rio de Janeiro.
- 850 NOAA, (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2020. Historical El Niño / La  
851 Niña episodes (1950-present) [WWW Document]. URL  
852 [https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)  
853 (accessed 11.10.20).
- 854 Nobre, C.A., Sampaio, G., Borma, L.S., Castilla-Rubio, J.C., Silva, J.S., Cardoso, M., 2016.  
855 Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable  
856 development paradigm. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 113, 10759–10768.  
857 <https://doi.org/10.1073/pnas.1605516113>
- 858 Oliveira-Júnior, J.F. de, Gois, G. de, de Bodas Terassi, P.M., da Silva Junior, C.A., Blanco,  
859 C.J.C., Sobral, B.S., Gasparini, K.A.C., 2018. Drought severity based on the SPI index  
860 and its relation to the ENSO and PDO climatic variability modes in the regions North and  
861 Northwest of the State of Rio de Janeiro - Brazil. *Atmos. Res.* 212, 91–105.

- 862 <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.04.022>
- 863 Oliveira, N.D.L., Marcuzzo, F.F.N., Barros, R.G., 2015. Influência do El Niño e La Niña no  
864 número de dias de precipitação pluviométrica no Estado do Mato Grosso. *Ciência e Nat.*  
865 37, 284–297. <https://doi.org/10.5902/2179460X12717>
- 866 Pereira, G., Silva, M., Moraes, E., Cardozo, F., 2013. Avaliação dos dados de precipitação  
867 estimados pelo satélite TRMM para o Brasil. *Rev. Bras. Recur. Hídricos* 18, 139–148.  
868 <https://doi.org/10.21168/rbrh.v18n3.p139-148>
- 869 Pettitt, A.N., 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. *Appl. Stat.* 28,  
870 126. <https://doi.org/10.2307/2346729>
- 871 Pohlert, T., 2020. trend: Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection [WWW  
872 Document]. URL <https://cran.r-project.org/package=trend>
- 873 R Core Team, 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation  
874 for Statistical Computing, Austria: Vienna [WWW Document]. URL [http://www.r-](http://www.r-project.org/index.html)  
875 [project.org/index.html](http://www.r-project.org/index.html) (accessed 7.20.20).
- 876 Rahman, A.F., Gamon, J.A., Fuentes, D.A., Roberts, D.A., Prentiss, D., 2001. Modeling  
877 spatially distributed ecosystem flux of boreal forest using hyperspectral indices from  
878 AVIRIS imagery. *J. Geophys. Res. Atmos.* 106, 33579–33591.  
879 <https://doi.org/10.1029/2001JD900157>
- 880 Ramalho-Barros, J., da Silva-Balero, J.C., 2012. A influência do clima e do tempo do Centro-  
881 Oeste do Brasil nas condições de voo na região. *Elisée - Rev. Geogr. da UEG* 1, 25–49.
- 882 Rosa, D.B., Sousa, R.R., Toledo, L.G., Topanotti, D.Q., Nascimento, J.A., 2007. A distribuição  
883 espacial das chuvas na porção Centro-Oeste do estado de Mato Grosso - Brasil. *Rev.*  
884 *Eletrônica da Assoc. dos Geógrafos Bras.* 1, 127–152.
- 885 Rouse, J.W., Hass, R., Schell, J.A., Deering, D.W., 1973. Monitoring the vernal advancement  
886 and retrogradation of natural vegetation. Greenbelt, MD.

- 887 Salviano, M.F., Groppo, J.D., Pellegrino, G.Q., 2016. Análise de tendências em dados de  
888 precipitação e temperatura no Brasil. *Rev. Bras. Meteorol.* 31, 64–73.  
889 <https://doi.org/10.1590/0102-778620150003>
- 890 Santos, S.R.Q. dos, Sansigolo, C.A., Santos, A.P.P. dos, 2016. Dinâmica temporal em múltiplas  
891 escalas de tempo dos eventos secos e chuvosos no sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Geogr.*  
892 *Física* 9, 1292–1300. <https://doi.org/https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.5.p1292-1300>
- 893 Satyamurty, P., da Costa, C.P.W., Manzi, A.O., 2013. Moisture source for the Amazon Basin:  
894 a study of contrasting years. *Theor. Appl. Climatol.* 111, 195–209.  
895 <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0637-7>
- 896 Schloerke, B., Cook, D., Larmarange, J., Briatte, F., Marbach, M., Thoen, E., Elberg, A.,  
897 Toomet, O., Crowley, J., Hofmann, H., Wickham, H., 2020. Ggally: Extension to ggplot2  
898 [WWW Document]. R Packag. version 0.5.0. URL [https://cran.r-](https://cran.r-project.org/web/packages/GGally/index.html)  
899 [project.org/web/packages/GGally/index.html](https://cran.r-project.org/web/packages/GGally/index.html)
- 900 Schrodtt, F., Bautista, B. de la B., Williams, C., Boyd, D.S., Schaepman-Strub, G., Santos, M.J.,  
901 2020. Integrating biodiversity, remote sensing, and auxiliary information for the study of  
902 ecosystem functioning and conservation at large spatial scales, in: *Remote Sensing of Plant*  
903 *Biodiversity*. pp. 449–484. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-33157-3\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-33157-3_17)
- 904 Sette, D.M., 2005. Os climas do cerrado do Centro-Oeste. *Rev. Bras. Climatol.* 1, 29–42.  
905 <https://doi.org/10.5380/abclima.v1i1.25225>
- 906 Sette, D.M., Tarifa, J.R., 2002. O El Niño 97/98, ritmo e repercussão na gênese dos climas no  
907 Mato Grosso (Brasil). *GEOUSP Espaço e Tempo* 6, 51–67.  
908 <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2002.123641>
- 909 Silva-Junior, C.A. da, Costa, G. de M., Rossi, F.S., Vale, J.C.E. do, Lima, R.B. de, Lima, M.,  
910 Oliveira-Junior, J.F. de, Teodoro, P.E., Santos, R.C., 2019. Remote sensing for updating  
911 the boundaries between the brazilian Cerrado-Amazonia biomes. *Environ. Sci. Policy* 101,

- 912 383–392. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.04.006>
- 913 Silva, P.E. da, Santos e Silva, C.M., Spyrides, M.H.C., Andrade, L. de M.B., 2019. Precipitation  
914 and air temperature extremes in the Amazon and northeast Brazil. *Int. J. Climatol.* 39, 579–  
915 595. <https://doi.org/10.1002/joc.5829>
- 916 Smith, M.O., Johnson, P.E., Adams, J.B., 1985. Quantitative determination of mineral types  
917 and abundances from reflectance spectra using principal components analysis. *J. Geophys.*  
918 *Res.* 90, C797. <https://doi.org/10.1029/jb090is02p0c797>
- 919 Souza-Junior, C.M., Roberts, D.A., Cochrane, M.A., 2005. Combining spectral and spatial  
920 information to map canopy damage from selective logging and forest fires. *Remote Sens.*  
921 *Environ.* 98, 329–343. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.07.013>
- 922 Souza-Junior, C.M., Siqueira, J. V., Sales, M.H., Fonseca, A. V., Ribeiro, J.G., Numata, I.,  
923 Cochrane, M.A., Barber, C.P., Roberts, D.A., Barlow, J., 2013. Ten-year landsat  
924 classification of deforestation and forest degradation in the brazilian amazon. *Remote*  
925 *Sens.* 5, 5493–5513. <https://doi.org/10.3390/rs5115493>
- 926 Souza, A.P., Ascoli, C.A., Uliana, E.M., Almeida, F.T. de, Casavecchia, B.H., 2018. Influência  
927 do ENOS nas chuvas anuais da região amazônica do Mato Grosso. *Nativa* 6, 39.  
928 <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i1.4248>
- 929 Souza, A.P., Mota, L.L., Zamadei, T., Martim, C.C., Almeida, F.T., Paulino, J., 2013.  
930 Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. *Nativa*  
931 1, 34–43. <https://doi.org/10.14583/2318-7670.v01n01a07>
- 932 Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I., Murphy, A., 2007. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal.*
- 933 Tang, Y., Horikoshi, M., 2018. *ggfortify: Data Visualization Tools for Statistical Analysis*  
934 *Results.*
- 935 Terassi, P.M. de B., Oliveira-Júnior, J.F. de, Góis, G. de, Galvani, E., 2018. Variabilidade do  
936 índice de precipitação padronizada na região Norte do estado do Paraná associada aos

- 937 eventos de El Niño-Oscilação Sul. *Rev. Bras. Meteorol.* 33, 11–25.  
938 <https://doi.org/10.1590/0102-7786331002>
- 939 Tiwari, Y.K., Revadekar, J. V, Kumar, K.R., 2013. Variations in atmospheric carbon dioxide  
940 and its association with rainfall and vegetation over India. *Atmos. Environ. J.* 68, 45–51.  
941 <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.11.040>
- 942 Trenberth, K.E., Dai, A., Van Der Schrier, G., Jones, P.D., Barichivich, J., Briffa, K.R.,  
943 Sheffield, J., 2014. Global warming and changes in drought. *Nat. Clim. Chang.* 4, 17–22.  
944 <https://doi.org/10.1038/nclimate2067>
- 945 USGS, (United States Geological Survey), 2019a. Landsat 7 (L7): Data Users Handbook, 2nd  
946 ed. EROS: Sioux Falls, Sioux Falls: South Dakota.
- 947 USGS, (United States Geological Survey), 2019b. Landsat 8 (L8) Data Users Handbook, 5th  
948 ed. EROS: Sioux Falls, Sioux Falls: South Dakota.
- 949 Ustin, S.L., Jacquemoud, S., 2020. How the Optical Properties of Leaves Modify the  
950 Absorption and Scattering of Energy and Enhance Leaf Functionality, in: Cavender-Bares,  
951 J., Gamon, J.A., Townsend, P.A. (Eds.), *Remote Sensing of Plant Biodiversity*. Springer  
952 International Publishing, Cham, p. 594. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-33157-3>
- 953 Verburg, R., Rodrigues Filho, S., Debortoli, N., Lindoso, D., Nesheim, I., Bursztyn, M., 2014.  
954 Evaluating sustainability options in an agricultural frontier of the Amazon using multi-  
955 criteria analysis. *Land use policy* 37, 27–39.  
956 <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.12.005>
- 957 Vilela, T., Harb, A.M., Bruner, A., Da Silva Arruda, V.L., Ribeiro, V., Alencar, A.A.C.,  
958 Grandez, A.J.E., Rojas, A., Laina, A., Botero, R., 2020. A better Amazon road network  
959 for people and the environment. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 117, 7095–7102.  
960 <https://doi.org/10.1073/pnas.1910853117>
- 961 Vuille, M., Burns, S.J., Taylor, B.L., Cruz, F.W., Bird, B.W., Abbott, M.B., Kanner, L.C.,

- 962 Cheng, H., Novello, V.F., 2012. A review of the South American Monsoon history as  
963 recorded in stable isotopic proxies over the past two millennia. *Clim. Past Discuss.* 8, 637–  
964 668. <https://doi.org/10.5194/cpd-8-637-2012>
- 965 WMO, (World Meteorological Organization), 2016. *Handbook of Drought Indicators and*  
966 *Indices.* Geneva.
- 967 WMO, (World Meteorological Organization), 2012. *Standardized Precipitation Index User*  
968 *Guide*, WMO - No. 1090. World Meteorological Organization, Switzerland.



Apêndice A. Distribuição da precipitação pluvial anual nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará na Amazônia Legal entre 1985 e 2019. Fonte: CHIRPS via Climate Engine (Funk et al., 2015; Huntington et al., 2017).

Ano	Precipitação (mm)												Total
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
<b>1985</b>	541	279	296	307	36	0	4	0	104	255	244	311	2.377
<b>1986</b>	392	414	289	152	61	0	6	54	96	304	182	221	2.171
<b>1987</b>	289	254	369	144	47	6	2	9	75	167	287	289	1.938
<b>1988</b>	319	351	349	211	38	18	0	0	78	186	247	314	2.112
<b>1989</b>	393	339	263	244	88	25	0	23	89	287	242	561	2.555
<b>1990</b>	365	430	257	150	78	0	5	49	142	240	202	390	2.310
<b>1991</b>	425	308	361	252	83	6	0	0	102	206	316	356	2.416
<b>1992</b>	468	366	407	288	31	0	0	11	176	194	173	246	2.361
<b>1993</b>	294	364	294	108	34	9	2	54	108	240	278	383	2.168
<b>1994</b>	466	295	294	192	66	20	4	11	94	184	226	405	2.257
<b>1995</b>	396	338	224	269	91	0	0	0	122	198	277	310	2.225
<b>1996</b>	332	283	311	383	63	0	0	12	66	153	249	250	2.101
<b>1997</b>	358	225	420	209	63	9	4	1	192	162	139	262	2.044
<b>1998</b>	370	286	273	66	22	0	0	9	90	232	303	249	1.900
<b>1999</b>	296	261	301	173	50	0	0	0	118	131	248	360	1.937
<b>2000</b>	511	286	310	173	8	0	3	11	94	181	207	383	2.167
<b>2001</b>	371	199	311	159	79	7	2	39	107	204	324	385	2.189
<b>2002</b>	417	344	262	68	35	0	7	6	113	249	187	302	1.990
<b>2003</b>	465	276	374	126	93	0	0	6	74	364	165	273	2.216
<b>2004</b>	389	395	277	192	39	5	6	22	87	263	203	316	2.194
<b>2005</b>	311	368	467	144	42	6	0	14	96	188	237	441	2.314
<b>2006</b>	348	313	298	302	29	6	4	7	112	208	240	383	2.249
<b>2007</b>	372	493	260	105	37	0	6	6	36	203	220	328	2.066
<b>2008</b>	408	318	352	177	38	0	0	0	73	221	301	350	2.237
<b>2009</b>	300	260	257	199	62	12	0	29	120	158	217	459	2.072
<b>2010</b>	517	218	311	106	16	0	2	7	46	188	253	392	2.057

Cont. Apêndice A. Distribuição da precipitação pluvial anual nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará na Amazônia Legal entre 1985 e 2019. Fonte: CHIRPS via Climate Engine (Funk et al., 2015; Huntington et al., 2017).

Ano	Precipitação (mm)												Total
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
<b>2011</b>	422	405	283	141	48	0	0	5	39	300	273	297	2.213
<b>2012</b>	455	328	268	141	46	14	0	0	118	221	284	211	2.086
<b>2013</b>	374	422	490	276	40	9	0	6	146	311	406	345	2.826
<b>2014</b>	357	438	559	230	100	10	0	12	67	161	268	325	2.527
<b>2015</b>	383	413	240	174	102	5	2	0	51	199	161	250	1.981
<b>2016</b>	448	177	432	102	25	9	0	31	172	212	324	310	2.241
<b>2017</b>	436	354	460	257	29	7	0	0	41	180	191	391	2.345
<b>2018</b>	360	494	446	259	86	7	0	30	97	353	189	389	2.709
<b>2019</b>	364	317	412	286	39	6	0	4	75	259	256	424	2.441
<b>Desvio-padrão</b>	65	78	82	75	25	6	2	16	37	56	56	74	211
<b>Mínima</b>	289	177	224	66	8	0	0	0	36	131	139	211	1.900
<b>Máxima</b>	541	494	559	383	102	25	7	54	192	364	406	561	2.826
<b>Média</b>	392	332	336	193	53	6	2	13	98	222	243	339	2.228

Apêndice B. Índice de Precipitação Padronizado para 12 meses (SPI-12) nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará na Amazônia Legal entre 1985 e 2019.

Anos	SPI-12											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
<b>1985</b>	2,20	0,43	0,67	0,86	-0,67	-1,09	-0,97	-1,09	-0,21	0,36	0,14	1,09
<b>1986</b>	1,59	1,91	0,59	-0,14	-0,51	-1,09	-0,86	-0,59	-0,28	0,76	0,00	0,07
<b>1987</b>	0,51	0,28	1,22	-0,21	-0,67	-0,97	-1,09	-0,86	-0,36	-0,07	0,51	0,51
<b>1988</b>	1,09	1,22	1,22	0,00	-0,67	-0,76	-1,09	-1,09	-0,36	0,00	0,14	1,09
<b>1989</b>	1,59	1,22	0,36	0,14	-0,36	-0,76	-1,09	-0,76	-0,36	0,51	0,07	2,20
<b>1990</b>	1,22	1,91	0,36	-0,21	-0,36	-1,09	-0,97	-0,67	-0,21	0,07	0,00	1,38
<b>1991</b>	1,91	0,86	1,22	0,28	-0,36	-0,97	-1,09	-1,09	-0,28	0,00	1,09	1,22
<b>1992</b>	1,91	1,22	1,59	0,51	-0,76	-1,09	-1,09	-0,86	-0,07	0,00	-0,07	0,14
<b>1993</b>	0,59	1,22	0,59	-0,21	-0,76	-0,86	-1,09	-0,67	-0,21	0,07	0,36	1,22
<b>1994</b>	1,91	0,59	0,59	0,00	-0,36	-0,76	-1,09	-0,86	-0,36	0,00	0,07	1,59
<b>1995</b>	1,59	1,22	0,07	0,36	-0,36	-1,09	-1,09	-1,09	-0,21	0,00	0,36	0,86
<b>1996</b>	1,22	0,51	0,97	1,38	-0,43	-1,09	-1,09	-0,76	-0,36	-0,07	0,21	0,28
<b>1997</b>	1,22	0,07	1,91	0,00	-0,51	-0,86	-0,97	-1,09	0,00	-0,07	-0,21	0,36
<b>1998</b>	1,22	0,51	0,36	-0,36	-0,76	-1,09	-1,09	-0,86	-0,36	0,07	0,67	0,14
<b>1999</b>	0,67	0,36	0,67	-0,07	-0,67	-1,09	-1,09	-1,09	-0,21	-0,21	0,14	1,22
<b>2000</b>	1,91	0,51	0,86	-0,07	-0,86	-1,09	-1,09	-0,86	-0,36	-0,07	0,00	1,22
<b>2001</b>	1,22	0,00	1,09	-0,07	-0,36	-0,86	-1,09	-0,67	-0,21	0,00	1,09	1,38
<b>2002</b>	1,91	1,22	0,36	-0,36	-0,76	-1,09	-0,86	-0,97	-0,21	0,14	0,00	0,67
<b>2003</b>	1,91	0,36	1,22	-0,21	-0,36	-1,09	-1,09	-0,97	-0,36	1,22	-0,07	0,36
<b>2004</b>	1,38	1,59	0,36	0,00	-0,67	-0,97	-0,97	-0,76	-0,36	0,36	0,00	1,09
<b>2005</b>	0,97	1,22	1,91	-0,21	-0,67	-0,97	-1,09	-0,76	-0,28	0,00	0,07	1,91
<b>2006</b>	1,22	1,09	0,67	0,67	-0,76	-0,97	-0,97	-0,86	-0,21	0,00	0,07	1,22
<b>2007</b>	1,22	1,91	0,36	-0,21	-0,67	-1,09	-0,97	-0,97	-0,76	0,00	0,00	1,09
<b>2008</b>	1,59	1,09	1,22	-0,07	-0,67	-1,09	-1,09	-1,09	-0,36	0,00	0,67	1,22
<b>2009</b>	0,67	0,36	0,36	0,00	-0,51	-0,76	-1,09	-0,76	-0,21	-0,07	0,00	1,91

Cont. Apêndice B. Índice de Precipitação Padronizado para 12 meses (SPI-12) nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará junto a Amazônia Legal entre 1985 e 2019.

Anos	SPI-12											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
<b>2010</b>	1,91	0,00	1,09	-0,21	-0,76	-1,09	-1,09	-0,86	-0,67	0,00	0,28	1,59
<b>2011</b>	1,91	1,59	0,43	-0,21	-0,67	-1,09	-1,09	-0,97	-0,67	0,67	0,36	0,67
<b>2012</b>	1,91	1,09	0,36	-0,21	-0,67	-0,76	-1,09	-1,09	-0,21	0,07	0,51	0,00
<b>2013</b>	1,22	1,91	1,91	0,36	-0,67	-0,86	-1,09	-0,97	-0,21	1,09	1,59	1,22
<b>2014</b>	1,22	1,91	2,20	0,07	-0,28	-0,86	-1,09	-0,76	-0,36	-0,07	0,36	1,09
<b>2015</b>	1,22	1,59	0,07	-0,07	-0,28	-0,97	-1,09	-1,09	-0,67	0,00	-0,07	0,28
<b>2016</b>	1,91	-0,07	1,91	-0,28	-0,76	-0,86	-1,09	-0,76	-0,07	0,00	1,09	0,86
<b>2017</b>	1,91	1,22	1,91	0,36	-0,76	-0,86	-1,09	-1,09	-0,67	-0,07	0,00	1,38
<b>2018</b>	1,22	1,91	1,91	0,36	-0,36	-0,86	-1,09	-0,76	-0,28	1,22	0,00	1,38
<b>2019</b>	1,22	1,09	1,59	0,51	-0,67	-0,97	-1,09	-0,97	-0,36	0,36	0,36	1,91
<b>Desvio-padrão</b>	0,45	0,63	0,63	0,38	0,18	0,12	0,07	0,15	0,18	0,38	0,41	0,58
<b>Mínimo</b>	0,51	-0,07	0,07	-0,36	-0,86	-1,09	-1,09	-1,09	-0,76	-0,21	-0,21	0,00
<b>Máximo</b>	2,20	1,91	2,20	1,38	-0,28	-0,76	-0,86	-0,59	0,00	1,22	1,59	2,20
<b>Média</b>	1,43	1,00	0,98	0,07	-0,58	-0,96	-1,05	-0,90	-0,32	0,18	0,28	1,02

\*No qual o valor do SPI-12 corresponde a determinada categoria: -2,00 ou menos (Extremamente seco), -1,50 a -1,99 (Severamente seco), -1,00 a -1,49 (Moderadamente seco), 0,99 a - 0,99 (Próximo ao normal), 1,00 a 1,49 (Moderadamente úmido), 1,50 a 1,99 (Severamente úmido) e 2,00 ou mais (Extremamente úmido).

Apêndice C. Distribuição média mensal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e estimativa do fluxo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>Flux) nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará na Amazônia Legal entre 1985 e 2019.

Meses	Índice	
	NDVI	CO <sub>2</sub> Flux
<b>Janeiro</b>	0,66	-2,27
<b>Fevereiro</b>	0,66	-1,05
<b>Março</b>	0,66	-1,24
<b>Abril</b>	0,70	-2,67
<b>Mai</b>	0,66	-1,38
<b>Junho</b>	0,57	0,14
<b>Julho</b>	0,46	2,13
<b>Agosto</b>	0,36	3,89
<b>Setembro</b>	0,37	3,48
<b>Outubro</b>	0,58	-1,26
<b>Novembro</b>	0,65	-1,68
<b>Dezembro</b>	0,67	-1,10
<b>Desvio-padrão</b>	0,12	2,20
<b>Mínimo</b>	0,36	-2,67
<b>Máximo</b>	0,70	3,89
<b>Média</b>	0,58	-0,25

Apêndice D. Distribuição média anual do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e estimativa do fluxo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>flux) nas áreas de estudo localizadas no trecho Cuiabá-Santarém da BR-163, compreendido nos estados do Mato Grosso e Pará na Amazônia Legal entre 1985 e 2019.

Ano	Índices	
	NDVI	CO <sub>2</sub> Flux
1985	0,80	-6,75
1986	0,78	-8,34
1987	0,74	-6,41
1988	0,66	-4,51
1989	0,76	-7,30
1990	0,75	-6,08
1991	0,66	-4,66
1992	0,71	-5,92
1993	0,75	-6,72
1994	0,67	-3,91
1995	0,44	2,16
1996	0,58	-1,49
1997	0,48	1,46
1998	0,49	1,68
1999	0,43	2,59
2000	0,45	2,37
2001	0,44	2,98
2002	0,46	1,55
2003	0,45	2,31
2004	0,48	1,82
2005	0,55	1,02
2006	0,48	1,93
2007	0,33	4,73
2008	0,49	2,23
2009	0,52	0,67
2010	0,54	0,28
2011	0,50	1,24
2012	0,55	0,25
2013	0,45	2,68
2014	0,52	1,45
2015	0,55	1,37
2016	0,54	1,59
2017	0,54	1,22
2018	0,58	0,87
2019	0,51	2,21
<b>Desvio-padrão</b>	0,12	3,73
<b>Mínima</b>	0,33	-8,34
<b>Máxima</b>	0,80	4,73
<b>Média</b>	0,56	-0,56



Anexo A. Valores médios do Índice de Oscilação Sul (ONI), versão 5 (ERSSTv5, Huang et al., 2017), com base em um limite de  $\pm 0,5$  °C da TSM do Pacífico Equatorial na região El Niño 3.4, para 3 meses consecutivos de TSM nos anos de El Niño, La Niña e Neutro classificados como quente (vermelho), frio (azul) e neutros (preto) no período de 1985 a 2019, extraído de NOAA (2020).

Classe	Período			Trimestre de referência												
	ENOS <sup>1</sup>	Início	Fim	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	
		1985	-	1986	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0.0
ENM		1986	-	1987	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	0.9	1.0	1.2
ENF		1987	-	1988	1.5	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.9	-1.3
LNF		1988	-	1989	-1.3	-1.1	-1.2	-1.5	-1.8	-1.8	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4
		1989	-	1990	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
		1990	-	1991	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6
ENF		1991	-	1992	0.7	0.6	0.6	0.8	1.2	1.5	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.7
		1992	-	1993	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6
		1993	-	1994	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	
ENM		1994	-	1995	0.4	0.4	0.6	0.7	1.0	1.1	1.0	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0
LNM		1995	-	1996	-0.2	-0.5	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3
		1996	-	1997	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2
ENMF		1997	-	1998	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4	2.2	1.9	1.4	1.0	0.5	-0.1
LNF		1998	-	1999	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	-1.5	-1.3	-1.1	-1.0	-1.0	-1.0
LNF		1999	-	2000	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6
LNF		2000	-	2001	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1
		2001	-	2002	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7
ENM		2002	-	2003	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.3	-0.2
		2003	-	2004	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3
ENF		2004	-	2005	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1
LNF		2005	-	2006	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.0
ENF		2006	-	2007	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.9	0.7	0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.4
LNF		2007	-	2008	-0.5	-0.8	-1.1	-1.4	-1.5	-1.6	-1.6	-1.4	-1.2	-0.9	-0.8	-0.5
LNF		2008	-	2009	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.1	0.4
ENM		2009	-	2010	0.5	0.5	0.7	1.0	1.3	1.6	1.5	1.3	0.9	0.4	-0.1	-0.6
LNF		2010	-	2011	-1.0	-1.4	-1.6	-1.7	-1.7	-1.6	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4

<sup>1</sup> No qual: ENF (El Niño fraco), ENM (El Niño moderado), ENF (El Niño forte), ENMF (El Niño muito forte), LNF (La Niña fraca), LNM (La Niña moderada), LNF (La Niña forte) e LNMF (La Niña muito forte).

Cont. Anexo A. Valores médios do Índice de Oscilação Sul (ONI), versão 5 (ERSSTv5, Huang et al., 2017), com base em um limite de  $\pm 0,5$  °C da TSM do Pacífico Equatorial na região El Niño 3.4, para 3 meses consecutivos de TSM nos anos de El Niño, La Niña e Neutro classificados como quente (vermelho), frio (azul) e neutros (preto) no período de 1985 a 2019, extraído de NOAA (2020).

Classe	Período			Trimestre de referência											
	ENOS <sup>1</sup>	Início	Fim	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ
LNM	2011	-	2012	-0.5	-0.7	-0.9	-1.1	-1.1	-1.0	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	0.1
	2012	-	2013	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3
	2013	-	2014	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2
ENF	2014	-	2015	0.1	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.8	1.0	1.2
ENMF	2015	-	2016	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.6	2.5	2.2	1.7	1.0	0.5	0.0
LNF	2016	-	2017	-0.3	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.4	0.4
LNF	2017	-	2018	0.2	-0.1	-0.4	-0.7	-0.9	-1.0	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.1
ENF	2018	-	2019	0.1	0.1	0.4	0.7	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5
ENF	2019	-	2020	0.3	0.1	0.1	0.3	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.3	0.0	-0.3

<sup>1</sup> No qual: ENF (El Niño fraco), ENM (El Niño moderado), ENF (El Niño forte), ENMF (El Niño muito forte), LNF (La Niña fraca), LNM (La Niña moderada), LNF (La Niña forte) e LNMF (La Niña muito forte).

Anexo B. Relação das bandas espectrais disponíveis no satélite Landsat-5 por meio do sensor Thematic Mapper (TM). Fonte: USGS (2019a).

Sensor	LANDSAT-5 Bandas	Faixa espectral ( $\mu\text{m}$ )	Resolução espacial (m)
TM	Banda 1 – Azul	0,450 – 0,520	30
	Banda 2 – Verde	0,520 – 0,600	30
	Banda 3 – Vermelho	0,630 – 0,690	30
	Banda 4 – Infravermelho próximo (NIR)	0,760 – 0,900	30
	Banda 5 – Infravermelho médio (SWIR 1)	1,550 – 1,750	30
	Banda 6 – Termal	10,40 – 12,50	80
	Banda 7 - Infravermelho médio (SWIR 2)	2,080 – 2,350	30

Anexo C. Relação das bandas espectrais disponíveis no satélite Landsat-7 por meio do sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+). Fonte: USGS (2019a).

Sensor	LANDSAT-7 Bandas	Faixa espectral ( $\mu\text{m}$ )	Resolução espacial (m)
ETM+	Banda 1 – Azul	0,441 – 0,514	30
	Banda 2 – Verde	0,519 – 0,601	30
	Banda 3 – Vermelho	0,631 – 0,692	30
	Banda 4 – Infravermelho próximo (NIR)	0,772 – 0,898	30
	Banda 5 – Infravermelho médio (SWIR 1)	1,547 – 1,749	30
	Banda 6 – Termal	10,31 – 12,36	60
	Banda 7 - Infravermelho médio (SWIR 2)	2,064 – 2,345	30
	Banda 8 – Pancromática	0,515 – 0,896	15

Anexo D. Relação das bandas espectrais disponíveis no satélite Landsat-8 por meio do sensor Operational Land Imager (OLI). Fonte: USGS (2019b).

Sensor	LANDSAT-8 Bandas	Faixa espectral ( $\mu\text{m}$ )	Resolução espacial (m)
OLI	Banda 1 – Aerossol	0,435 – 0,451	30
	Banda 2 – Azul	0,452 – 0,512	30
	Banda 3 – Verde	0,533 – 0,590	30
	Banda 4 – Vermelho	0,636 – 0,673	30
	Banda 5 – Infravermelho próximo (NIR)	0,851 – 0,879	30
	Banda 6 – Infravermelho médio (SWIR 1)	1,566 – 1,651	30
	Banda 7 – Infravermelho médio (SWIR 2)	2,107 – 2,294	30
	Banda 8 – Pancromática	0,503 – 0,676	15
	Banda 9 – Cirrus	1,363 – 1,384	30

Anexo E. Orientações para submissão no periódico *Remote Sensing of Environment - An Interdisciplinary Journal* no qual o manuscrito será submetido. Disponível em: [journals.elsevier.com/remote-sensing-of-environment/](http://journals.elsevier.com/remote-sensing-of-environment/)



## REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT

An Interdisciplinary Journal

Editores-chefes: Jing. M. Chen, Menghua Wang, Marie Weiss

ISSN: 0034-4257

### GUIA PARA AUTORES

#### Objetivos e escopo

*O Sensoriamento Remoto do Meio Ambiente (RSE)* atende à comunidade de observação da Terra com a publicação de resultados sobre a teoria, ciência, aplicações e tecnologia dos estudos de sensoriamento remoto. Totalmente interdisciplinar, RSE publica em sensores terrestres, oceânicos e atmosféricos. A ênfase da revista está em abordagens biofísicas e quantitativas de sensoriamento remoto em escalas locais a globais.

As áreas de interesse incluem, mas não estão necessariamente restritas a:

- Agricultura, silvicultura e variedade
- Modelos biofísico-espectrais
- Ecologia
- Informação geográfica e terrestre
- Geologia e geociências
- Hidrologia e recursos hídricos
- Ciência atmosférica e meteorologia
- Oceanografia
- Riscos naturais
- Processamento e análise de imagens
- Sistemas de sensores e medições radiométricas espectrais.

#### Tipos de artigos

**Artigos originais de pesquisa:** Descrevem novos resultados ou métodos importantes e significativos que farão avançar a ciência ou a aplicação do sensoriamento remoto.

**Artigos de revisão:** fornecem uma revisão completa do estado da arte atual de um assunto importante, com uma síntese de trabalhos anteriores além da compilação de literatura.

**Comunicações curtas:** Artigos breves contendo novos dados ou técnicas significativas podem ser publicados como Comunicações curtas.

Os autores também podem submeter à revista dois títulos complementares; *Aplicações de Sensoriamento Remoto: A Sociedade e o Meio Ambiente* aceitam estudos regionais / locais com significância global, enquanto a *Ciência de Sensoriamento Remoto* de acesso aberto se concentra na publicação de aplicações e ciência de alto impacto.

### **Ética na publicação**

Todos os artigos devem ser originais. Parágrafos ou sentenças de outros artigos devem ser minimizados e devidamente citados. Isso também se aplica a artigos anteriores dos mesmos autores. Todos os documentos são verificados de forma cruzada com os bancos de dados da Elsevier. Artigos com índices de similaridade acima de 15% (excluindo referências) provavelmente serão rejeitados. Detalhes podem ser encontrados na seção "Ética em Publicações" (veja abaixo), e um folheto informativo sobre plágio pode ser encontrado em: <https://www.elsevier.com/editors/perk/plagiarism-complaints> .

### **Questões legais**

Após a aceitação de um artigo, os autores serão solicitados a preencher um 'Acordo de Publicação de Jornal' (veja mais informações sobre isso). Um e-mail será enviado ao autor correspondente, confirmando o recebimento do manuscrito, juntamente com um formulário de 'Contrato de Publicação de Jornal' ou um link para a versão online deste contrato. Os assinantes podem reproduzir índices ou preparar listas de artigos, incluindo resumos para circulação interna dentro de suas instituições. A permissão do Editor é necessária para revenda ou distribuição fora da instituição e para todos os outros trabalhos derivados, incluindo compilações e traduções. Se trechos de outros trabalhos protegidos por direitos autorais forem incluídos, o (s) autor (es) deve (m) obter permissão por escrito dos proprietários dos direitos autorais e creditar a (s) fonte (s) no artigo. Formulários pré-impressos para uso dos autores nestes casos. Para artigos de acesso aberto ouro: Após a aceitação de um artigo, os autores serão solicitados a preencher um 'Contrato de Licença Exclusivo' (mais informações). A reutilização permitida de artigos de ouro de acesso aberto por terceiros é determinada pela escolha da licença de usuário do autor .

### **Direitos de autor**

Como autor, você (ou seu empregador ou instituição) tem certos direitos de reutilizar seu trabalho. Mais informações.

#### ***Elsevier apoia o compartilhamento responsável***

Descubra como você pode compartilhar sua pesquisa publicada em periódicos da Elsevier.

#### ***Função da fonte de financiamento***

Solicita-se que você identifique quem forneceu apoio financeiro para a condução da pesquisa e / ou preparação do artigo e descreva resumidamente a função do (s) patrocinador (es), se houver, no desenho do estudo; na coleta, análise e interpretação dos dados; na redação do relatório; e na decisão de submeter o artigo para publicação. Se a (s) fonte (s) de financiamento não tiveram tal envolvimento, isso deve ser declarado.

#### ***Acordos e políticas de órgãos de financiamento***

A Elsevier estabeleceu uma série de acordos com órgãos de financiamento que permitem aos autores cumprir as políticas de acesso aberto de seus financiadores. Alguns órgãos de financiamento reembolsarão o autor pela taxa de publicação de ouro em acesso aberto. Detalhes dos acordos existentes estão disponíveis online.

### **Princípios Editoriais**

1. RSE é um jornal internacional transdisciplinar com foco em métodos e aplicações inovadores de dados de sensoriamento remoto.

2. Nossa filosofia é que autores, revisores e editores aprendam com o processo de edição. Podemos e devemos recomendar aos autores que melhorem seus artigos. Portanto, todos os comentários e sugestões ao longo do processo de revisão devem ser respeitosos e construtivos.

3. Tratamos cada artigo de acordo com seus próprios méritos, independentemente do país ou instituição de seus autores.

4. Estamos sujeitos às normas éticas estabelecidas pelo Comitê de Ética em Publicações (COPE).

5. Nós nos defendemos dos mais altos padrões de trabalho editorial. Como editores, tentamos fornecer um julgamento justo e objetivo da qualidade de cada artigo, com base nos comentários dos editores associados e dos revisores e em nossa experiência.

#### **Âmbito do Periódico**

O Sensoriamento Remoto do Meio Ambiente atende a comunidade de sensoriamento remoto com a publicação de resultados sobre a teoria, ciência, aplicações e tecnologia de sensoriamento remoto de Recursos Terrestres e Meio Ambiente. Totalmente interdisciplinar, RSE publica em sensores terrestres, oceânicos e atmosféricos. A ênfase está em abordagens biofísicas e quantitativas para sensoriamento remoto em escalas locais a globais. As áreas de interesse incluem, mas não estão necessariamente restritas ao seguinte:

- Mapeamento de cobertura do solo (floresta, agricultura, pastagem, pântanos, etc.)
- Detecção de mudança de cobertura da terra e análise de série temporal
- Perturbação (fogo, inseto, colheita)
- Identificação e mapeamento de espécies vegetais
- Agricultura, mapeamento de safras e previsão de rendimento
- Produtividade e estoque de florestas e pastagens
- Aplicações ecológicas (pântanos, habitat, população animal, etc.)
- Aplicações urbanas (mapeamento, consumo de energia, população, etc.)
- Modelos de transferência radiativa para vegetação e solo
- Parâmetros estruturais da vegetação
- Traços fisiológicos da vegetação
- Produtividade do ecossistema terrestre e ciclos de carbono
- Refletância e temperatura da superfície da terra (incluindo estudos de calibração do sensor)
- Energia da superfície da terra e balanço hídrico
- Propriedades do solo (umidade, matéria orgânica, textura, estrutura, etc.)
- Aplicações geológicas (minerais, deslizamento de terra, subsidência, geomorfologia, terremoto, etc.)
- Hidrologia e recursos hídricos
- Águas interiores e costeiras
- Ciência atmosférica e meteorologia
- Oceanografia e ciências marinhas
- Mapeamento e modelagem da criosfera
- Neve, gelo e geleiras
- Topografia de superfície, hidrologia e inundações

#### **Revisão por pares**

Este jornal opera um único processo de revisão cega. Todas as contribuições serão avaliadas inicialmente pelo editor quanto à adequação ao periódico. Os artigos considerados adequados são normalmente enviados a um

editor associado ou tratados diretamente pelos editores. Um mínimo de dois especialistas independentes são convidados a atuar como revisores do manuscrito para avaliar a qualidade científica do artigo. O Editor é responsável pela decisão final quanto à aceitação ou rejeição dos artigos. A decisão do Editor é final.

A revista desencoraja ciclos repetidos do processo de revisão. Por esse motivo, sempre que um artigo receber revisões importantes, os autores devem resolver os principais problemas levantados pelos avaliadores e garantir que nenhuma revisão importante adicional seja necessária. Se a nova versão não satisfizer os revisores e o Editor que trata do manuscrito, ela provavelmente será rejeitada. Da mesma forma, quando um manuscrito é rejeitado, ele não será aceito como uma nova submissão, a menos que seja explicitamente declarado na carta de decisão do Editor.

### **Tipos de artigos**

#### **Artigos de pesquisa originais**

Os artigos originais de pesquisa descrevem novos resultados ou métodos importantes e significativos que farão avançar a ciência ou a aplicação do sensoriamento remoto. A principal contribuição deve ser o componente de sensoriamento remoto, ao invés da investigação de um problema ambiental no qual os dados ou técnicas de sensoriamento remoto não desempenham um papel importante. Artigos que tratam de locais de estudo únicos são bem-vindos, embora os locais devam ser representativos de condições gerais adequadas para tirar conclusões de interesse para o público internacional desta revista. Estudos baseados em sensores de solo ou dados de campo apenas devem articular claramente um caminho para a detecção aérea ou de satélite. Todos os artigos devem incluir uma revisão consistente e atualizada da literatura, bem como uma seção de discussão onde as implicações das principais descobertas são apresentadas de forma adequada. Uma avaliação ou validação de precisão estatisticamente sólida é um requisito de todos os artigos de pesquisa. Um requisito crítico dos artigos é que os resultados ou métodos sejam significativos o suficiente para serem de amplo interesse para as comunidades de pesquisa e / ou aplicações.

Artigos de pesquisa devem ser limitados a 15.000 palavras, incluindo referências e legendas de figuras. Em casos especiais, pode-se solicitar artigos mais longos.

#### **Artigos de revisão**

Espera-se que os artigos de revisão forneçam uma revisão completa do estado da arte atual de um assunto importante, fornecendo uma síntese de trabalhos anteriores além da compilação de literatura. Eles devem contribuir para a compreensão do tópico, fornecendo percepções e perspectivas sobre as tendências, em vez de se concentrar em artigos de pesquisa individuais.

Artigos de revisão devem ser limitados a 20.000 palavras, incluindo referências e legendas de figuras. Em casos especiais, pode-se solicitar artigos mais longos.

#### **Comunicações curtas**

Os artigos de comunicações curtas têm o objetivo de publicar novas técnicas, dados ou resultados significativos em tempo hábil, onde a expansão para um artigo completo pode causar atrasos em sua disponibilidade para a comunidade de pesquisa ou de usuários.

As comunicações curtas devem ser limitadas a 5.000 palavras, incluindo referências e legendas de figuras.

## **Preparação de um manuscrito**

### **Submissões**

A submissão a esta revista é totalmente online e você será guiado passo a passo pela criação e envio de seus arquivos ( <https://ees.elsevier.com/rse> ). O sistema converte automaticamente seus arquivos em um único arquivo PDF, que é usado no processo de revisão por pares.

Como parte do serviço Your Paper Your Way, você pode optar por enviar seu manuscrito como um único arquivo para ser usado no processo de arbitragem. Pode ser um arquivo PDF ou um documento do Word. Deve conter figuras de alta qualidade para arbitragem. Se preferir, você ainda pode fornecer todos ou alguns dos arquivos de origem no envio inicial. Observe que os arquivos de figuras individuais com mais de 10 MB devem ser carregados separadamente.

### **Idioma (uso e serviços de edição)**

Os artigos devem ser submetidos e publicados em inglês. Por favor, escreva seu texto em um bom inglês (o uso americano ou britânico é aceito, mas não uma mistura dos dois). Para evitar erros desnecessários, é altamente recomendável usar as funções de 'verificação ortográfica' e 'verificação gramatical' do seu processador de texto. Os autores que acham que seu manuscrito em inglês pode exigir edição para eliminar possíveis erros gramaticais ou ortográficos e para se adequar ao inglês científico correto podem desejar usar o serviço de edição em inglês disponível no WebShop da Elsevier.

### **Formato do manuscrito**

Todo o material deve estar em espaço duplo, com margens de 2,5 cm nos quatro lados da página. Não formate o texto em colunas. Numere as páginas e inclua a numeração das linhas (use a numeração CONTÍNUA - não reinicie a numeração em cada página).

O Sistema Internacional (SI) de unidades deve ser usado.

### **Estrutura do artigo**

Seu arquivo "Manuscrito" deve incluir o manuscrito completo, incluindo o título do artigo, nomes dos autores, afiliações dos autores, informações do autor correspondente, resumo, tabelas, figuras e referências. Coloque as tabelas e figuras no texto ao lado do texto relevante, porém, não coloque o texto em volta das tabelas ou figuras. A legenda da tabela deve aparecer ACIMA de cada tabela e a legenda da figura ABAIXO de cada figura. Notas de rodapé são desencorajadas.

Se o seu artigo incluir vídeos e/ou outro material suplementar, ele deve ser incluído em sua apresentação inicial para fins de revisão por pares e deve ser carregado na categoria "Dados suplementares". Não inclua este material em seu arquivo "Manuscrito". Não inclua este material em seu arquivo "Manuscrito".

Flexibilidade de apresentação é permitida, mas os autores são solicitados a organizar o assunto claramente em títulos como Resumo, Palavras-chave, Introdução, Métodos, Resultados, Discussão, etc. Divida seu artigo em seções claramente definidas e numeradas. As subseções devem ser numeradas 1.1 (então 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (o resumo não está incluído na numeração da seção). Use esta numeração também para referências cruzadas internas: não se refira apenas ao 'texto'. Qualquer subseção pode receber um breve título. Cada título deve aparecer em sua própria linha separada.

Resumo. Forneça um resumo dos principais objetivos e descobertas de seu artigo. Recomenda-se limitar o resumo a 400 palavras.

**Resumo gráfico.** Embora o resumo gráfico seja opcional, seu uso é incentivado, pois chama mais atenção para o artigo online. O resumo gráfico deve resumir o conteúdo do artigo de uma forma concisa e pictórica, projetada para captar a atenção de um grande número de leitores. Os resumos gráficos devem ser enviados como um arquivo separado no sistema de submissão online. Tamanho da imagem: forneça uma imagem com no mínimo  $531 \times 1328$  pixels (h  $\times$  w) ou proporcionalmente mais. A imagem deve ser legível em um tamanho de  $5 \times 13$  cm usando uma resolução de tela regular de 96 dpi. Tipos de arquivo preferidos: arquivos TIFF, EPS, PDF ou MS Office. Você pode ver exemplos de resumos gráficos em nosso site de informações.

Os autores podem utilizar os Serviços de Ilustração da Elsevier para garantir a melhor apresentação de suas imagens e de acordo com todos os requisitos técnicos.

**Destaques.** Destaques são obrigatórios para esta revista. Eles consistem em uma pequena coleção de tópicos que transmitem as principais conclusões do artigo e devem ser enviados em um arquivo editável separado no sistema de submissão online. Use 'Destaques' no nome do arquivo e inclua de 3 a 5 marcadores (máximo de 85 caracteres, incluindo espaços, por marcador). Você pode ver exemplos de destaques em nosso site de informações.

**Página de título.** Indique os objetivos do trabalho e forneça uma fundamentação adequada, evitando um levantamento detalhado da literatura ou um resumo dos resultados.

Informações essenciais da página de título

**Título.** Conciso e informativo. Os títulos são frequentemente usados em sistemas de recuperação de informações. Evite abreviações e fórmulas sempre que possível.

**Nomes de autores e afiliações.** Indique claramente o (s) nome (s) e sobrenome (s) de cada autor e verifique se todos os nomes foram digitados corretamente. Apresente os endereços de afiliação dos autores (onde o trabalho real foi feito) abaixo dos nomes. Indique todas as afiliações com uma letra sobrescrita minúscula imediatamente após o nome do autor e na frente do endereço apropriado. Forneça o endereço postal completo de cada afiliação, incluindo o nome do país e, se disponível, o endereço de e-mail de cada autor.

**Autor correspondente.** Indique claramente quem irá lidar com a correspondência em todas as fases de avaliação e publicação, também após a publicação. Essa responsabilidade inclui responder a quaisquer dúvidas futuras sobre Metodologia e Materiais. Certifique-se de que o endereço de e-mail seja fornecido e que os dados de contato sejam mantidos atualizados pelo autor correspondente.

**Endereço atual/permanente.** Se um autor mudou desde que o trabalho descrito no artigo foi feito, ou estava visitando na época, um 'endereço atual' (ou 'endereço permanente') pode ser indicado como uma nota de rodapé ao nome desse autor. O endereço no qual o autor realmente fez o trabalho deve ser mantido como o endereço de afiliação principal. Números arábicos sobrescritos são usados para essas notas de rodapé.

**Introdução-histórico.** Forneça uma estrutura na qual sua pesquisa possa ser classificada. Isso deve incluir uma boa revisão da literatura sobre o tópico de seu manuscrito. A introdução deve responder às seguintes questões: Por que sua pesquisa é importante? O que foi feito antes? Como você planeja melhorar o conhecimento atual? Quais são seus principais objetivos?

**Métodos.** Descreva os métodos usados para obter seus objetivos. Lembre-se de que qualquer manuscrito científico deve descrever uma determinada pesquisa de forma que possa ser reproduzida por outros autores.

**Discussão.** Você deve apresentar as implicações e análises de seus resultados e a forma como o impacto no estado atual do conhecimento. Lembre-se do público internacional do RSE.

Descrição das responsabilidades do autor. Um parágrafo descrevendo as tarefas desenvolvidas por cada autor contribuinte pode ser incluído. Devem fornecer um breve reconhecimento das principais responsabilidades de cada autor.

**Formatação de fontes de financiamento.** Liste as fontes de financiamento desta forma padrão para facilitar o cumprimento dos requisitos do financiador:

Financiamento: Este trabalho foi financiado pelo National Institutes of Health [números de concessão xxxx, yyyy]; a Fundação Bill e Melinda Gates, Seattle, WA [número da concessão zzzz]; e os Institutos de Paz dos Estados Unidos [número de concessão aaaa].

Não é necessário incluir descrições detalhadas sobre o programa ou tipo de bolsas e prêmios. Quando o financiamento vier de um subsídio em bloco ou outros recursos disponíveis para uma universidade, faculdade ou outra instituição de pesquisa, envie o nome do instituto ou organização que forneceu o financiamento.

### Referências

Na citação do texto. As referências devem ser citadas no texto pelo (s) nome (s) do (s) autor (es), seguido do ano de publicação entre parênteses, por exemplo, Baret e Guyot (1991). Quando o mesmo autor e ano são citados novamente, essas referências devem ter o ano seguido de (a), (b), etc. Evite citar as referências por números. Use os seguintes formatos:

Autor único: o nome do autor (sem iniciais, a menos que haja ambiguidade) e o ano de publicação;

Dois autores: nome de ambos os autores e ano de publicação;

Três ou mais autores: o nome do primeiro autor seguido de 'et al.' e o ano de publicação.

As citações podem ser feitas diretamente (ou entre parênteses). Os grupos de referências devem ser listados primeiro em ordem alfabética e, em seguida, cronologicamente.

Exemplos: 'conforme demonstrado (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan e Jones, 1999). Kramer et al. (2010) mostraram recentemente ... '

Certifique-se de que todas as referências citadas no texto também estão presentes na lista de referências (e vice-versa). Quaisquer referências citadas no resumo devem ser fornecidas por extenso. Resultados não publicados e comunicações pessoais não são recomendados na lista de referências, mas podem ser mencionados no texto. Se essas referências estiverem incluídas na lista de referências, elas devem seguir o estilo de referência padrão da revista e devem incluir uma substituição da data de publicação por 'Resultados não publicados' ou 'Comunicação pessoal'. A citação de uma referência como 'no prelo' implica que o item foi aceito para publicação e uma cópia da página de título do artigo relevante deve ser enviada.

Estilo de referência. Lista: as referências devem ser organizadas primeiro em ordem alfabética e, em seguida, em ordem cronológica, se necessário. Mais de uma referência do (s) mesmo (s) autor (es) no mesmo ano devem ser identificadas pelas letras 'a', 'b', 'c', como se faz no texto principal, colocado após o ano de publicação.

Exemplos:

Referência a uma publicação em jornal: Van der Geer, J., Hanraads, JAJ, Lupton, RA, 2010. A arte de escrever um artigo científico. *J. Sci. Comum.* 163, 51–59.

Referência a um livro: Strunk Jr., W., White, EB, 2000. *The Elements of Style*, quarta ed. Longman, Nova York.

Referência a um capítulo em um livro editado: Mettam, GR, Adams, LB, 2009. Como preparar uma versão eletrônica de seu artigo, em: Jones, BS, Smith, RZ (Eds.), *Introdução à Era Eletrônica*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Referências da web. Cancer Research UK, 1975. Relatórios de estatísticas do câncer para o Reino Unido. <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> (acessado em 13 de março de 2003). No mínimo, o URL completo deve ser fornecido e a data em que a referência foi acessada pela última vez. Quaisquer informações adicionais, se conhecidas (DOI, nomes dos autores, datas, referência a uma publicação fonte, etc.), também devem ser fornecidas. As referências da Web podem ser listadas separadamente (por exemplo, após a lista de referências) sob um título diferente, se desejado, ou podem ser incluídas na lista de referências.

Referências de dados. Este jornal encoraja você a citar conjuntos de dados subjacentes ou relevantes em seu manuscrito, citando-os em seu texto e incluindo uma referência de dados em sua Lista de Referência. As referências de dados devem incluir os seguintes elementos: nome (s) do autor, título do conjunto de dados, repositório de dados, versão (quando disponível), ano e identificador persistente global. Adicione [dataset] imediatamente antes da referência para que possamos identificá-lo corretamente como uma referência de dados. O identificador de [conjunto de dados] não aparecerá em seu artigo publicado. [Conjunto de dados] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Dados de mortalidade para a doença da murcha do carvalho japonês e composições da floresta circundante. *Mendeley Data*, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Software de gerenciamento de referência. A maioria dos periódicos da Elsevier tem seu modelo de referência disponível em muitos dos produtos de software de gerenciamento de referência mais populares. Isso inclui todos os produtos que suportam estilos de Citation Style Language, como Mendeley e Zotero, bem como EndNote. Usando os plug-ins de processador de texto desses produtos, os autores só precisam selecionar o modelo de periódico apropriado ao preparar seu artigo, após o qual as citações e bibliografias serão formatadas automaticamente no estilo do periódico. Se ainda não houver um modelo disponível para este periódico, siga o formato das referências e citações de amostra, conforme mostrado neste Guia. Se você usar um software de gerenciamento de referência, certifique-se de remover todos os códigos de campo antes de enviar o manuscrito eletrônico. Mais informações sobre como remover códigos de campo.

Os usuários do Mendeley Desktop podem facilmente instalar o estilo de referência para este periódico clicando no seguinte link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/remote-sensing-of-environment>

Ao preparar seu manuscrito, você irá então ser capaz de selecionar este estilo usando os plug-ins Mendeley para Microsoft Word ou LibreOffice.

### **Figura, tabelas e equações**

Todas as equações, tabelas e legendas das figuras devem ser numeradas consecutivamente ao longo do artigo usando o sistema de numeração 1, 2, 3, etc. Certifique-se de que todas as tabelas e figuras estão incluídas no texto, perto de onde foram citadas. Devem ter uma legenda que inclua um breve título (não na própria figura) e uma descrição da ilustração. Reduza o texto nas próprias ilustrações, mas explique todos os símbolos e abreviações usados.

### **Arte eletrônica**

Pontos gerais:

- Certifique-se de usar letras e tamanhos uniformes de sua arte original.

- Fontes preferidas: Arial (ou Helvetica), Times New Roman (ou Times), Symbol, Courier.
- Numere as ilustrações de acordo com sua sequência no texto.
- Use uma convenção de nomenclatura lógica para seus arquivos de arte.
- Indique por figura se é uma imagem de ajuste de 1,5 ou 2 colunas simples.
- Apenas para envios em Word, você ainda pode fornecer figuras e suas legendas e tabelas em um único arquivo na fase de revisão.
- Observe que os arquivos de figura individual com mais de 10 MB devem ser fornecidos em arquivos de origem separados.

Um guia detalhado sobre arte eletrônica está disponível. Recomendamos que você visite este site; alguns trechos das informações detalhadas são fornecidos aqui.

Formatos. Independentemente do aplicativo usado, quando sua arte eletrônica for finalizada, "salve como" ou converta as imagens em um dos seguintes formatos (observe os requisitos de resolução para desenhos de linhas, meios-tons e combinações de linhas / meios-tons fornecidos abaixo):

EPS (ou PDF): Desenhos vetoriais. Incorpore a fonte ou salve o texto como 'gráficos'.

TIFF (ou JPG): Fotografias coloridas ou em escala de cinza (meios-tons): sempre use um mínimo de 300 dpi.

TIFF (ou JPG): Desenhos de linha em bitmap: use no mínimo 1000 dpi.

TIFF (ou JPG): Combinações de linha de bitmap / meio-tons (colorido ou escala de cinza): no mínimo 500 dpi é necessário.

Por favor não:

Forneça arquivos que são otimizados para uso na tela (por exemplo, GIF, BMP, PICT, WPG); a resolução é muito baixa.

Forneça arquivos com resolução muito baixa.

Envie gráficos desproporcionalmente grandes para o conteúdo.

Arte colorida. Certifique-se de que os arquivos de arte estão em um formato aceitável (TIFF (ou JPEG), EPS (ou PDF) ou arquivos do MS Office) e com a resolução correta. Se, juntamente com seu artigo aceito, você enviar figuras coloridas utilizáveis, a Elsevier garantirá, sem nenhum custo adicional, que essas figuras aparecerão em cores online (por exemplo, ScienceDirect e outros sites), independentemente de essas ilustrações serem ou não reproduzidas em cores na versão impressa. Para a reprodução em cores na impressão, você receberá informações sobre os custos da Elsevier após o recebimento do artigo aceito. Indique a sua preferência de cor: impressa ou apenas online. Mais informações sobre a preparação de arte eletrônica.

### **Vídeo**

A Elsevier aceita material de vídeo e sequências de animação para apoiar e aprimorar sua pesquisa científica. Os autores que possuem arquivos de vídeo ou animação que desejam enviar com seu artigo são fortemente encorajados a incluir links para estes no corpo do artigo. Isso pode ser feito da mesma forma que uma figura ou tabela, referindo-se ao conteúdo do vídeo ou animação e observando no corpo do texto onde deve ser colocado. Todos os arquivos enviados devem ser devidamente rotulados para que se relacionem diretamente com o conteúdo do arquivo de vídeo. Para garantir que o seu material de vídeo ou animação possa ser usado diretamente, forneça o arquivo em um dos formatos de arquivo recomendados com um tamanho máximo preferido de 150 MB

por arquivo, 1 GB no total. Os arquivos de vídeo e animação fornecidos serão publicados online na versão eletrônica do seu artigo em produtos da Web da Elsevier, incluindo ScienceDirect. Forneça 'fotos' com seus arquivos: você pode escolher qualquer quadro do vídeo ou animação ou fazer uma imagem separada. Eles serão usados no lugar dos ícones padrão e irão personalizar o link para seus dados de vídeo. Para obter instruções mais detalhadas, visite nossa página de instruções de vídeo. Nota: como vídeo e animação não podem ser incorporados na versão impressa da revista, forneça texto tanto para a versão eletrônica quanto para a impressa para as partes do artigo que se referem a este conteúdo.

### **Material complementar**

Material complementar, como aplicativos, imagens e clipes de som, pode ser publicado com o seu artigo para aprimorá-lo. Os itens suplementares enviados são publicados exatamente como são recebidos (os arquivos Excel ou PowerPoint aparecerão como tal online). Envie seu material junto com o artigo e forneça uma legenda concisa e descritiva para cada arquivo suplementar. Se você deseja fazer alterações no material suplementar durante qualquer estágio do processo, certifique-se de fornecer um arquivo atualizado. Não anote nenhuma correção em uma versão anterior. Desative a opção 'Rastrear alterações' nos arquivos do Microsoft Office, pois eles aparecerão na versão publicada.

**Dados de pesquisa.** Esta revista incentiva e permite que você compartilhe dados que apoiem a publicação de sua pesquisa quando apropriado e permite que você interligue os dados com seus artigos publicados. Os dados de pesquisa referem-se aos resultados de observações ou experimentações que validam os resultados da pesquisa. Para facilitar a reprodutibilidade e a reutilização de dados, esta revista também incentiva você a compartilhar seu software, código, modelos, algoritmos, protocolos, métodos e outros materiais úteis relacionados ao projeto.

Abaixo estão algumas maneiras pelas quais você pode associar dados a seu artigo ou fazer uma declaração sobre a disponibilidade de seus dados ao enviar seu manuscrito. Se você está compartilhando dados de uma dessas maneiras, você é encorajado a citar os dados em seu manuscrito e lista de referências. Consulte a seção "Referências" para obter mais informações sobre a citação de dados. Para obter mais informações sobre como depositar, compartilhar e usar dados de pesquisa e outros materiais de pesquisa relevantes, visite a página de dados de pesquisa.

**Vinculação de dados.** Se você disponibilizou seus dados de pesquisa em um repositório de dados, pode vincular seu artigo diretamente ao conjunto de dados. A Elsevier colabora com vários repositórios para vincular artigos no ScienceDirect a repositórios relevantes, dando aos leitores acesso aos dados subjacentes que lhes dão uma melhor compreensão da pesquisa descrita. Existem diferentes maneiras de vincular seus conjuntos de dados ao seu artigo. Quando disponível, você pode vincular diretamente seu conjunto de dados ao seu artigo, fornecendo as informações relevantes no sistema de submissão. Para obter mais informações, visite a página de vinculação do banco de dados.

Para repositórios de dados suportados, um banner de repositório aparecerá automaticamente ao lado do seu artigo publicado no ScienceDirect.

Além disso, você pode vincular a dados ou entidades relevantes por meio de identificadores dentro do texto do seu manuscrito, usando o seguinte formato: Banco de dados: xxxx (por exemplo, TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

**Mendeley Data.** Este periódico apoia o Mendeley Data, permitindo que você deposite quaisquer dados de pesquisa (incluindo dados brutos e processados, vídeo, código, software, algoritmos, protocolos e métodos)

associados ao seu manuscrito em um repositório de acesso aberto e gratuito. Antes de enviar seu artigo, você pode depositar os conjuntos de dados relevantes na Mendeley Data. Inclua o DOI do (s) conjunto (s) de dados depositado (s) em seu arquivo manuscrito principal. Os conjuntos de dados serão listados e diretamente acessíveis aos leitores ao lado do seu artigo publicado online. Para obter mais informações, visite a página Mendeley Data para periódicos.

**Dados resumidos.** Você tem a opção de converter qualquer ou todas as partes de seus dados brutos suplementares ou adicionais em um ou vários artigos de dados, um novo tipo de artigo que abriga e descreve seus dados. Os artigos de dados garantem que seus dados sejam ativamente revisados, com curadoria, formatados, indexados, dados um DOI e disponibilizados publicamente para todos após a publicação. Incentivamos você a enviar seu artigo para Data in Brief como um item adicional diretamente ao lado da versão revisada de seu manuscrito. Se o seu artigo de pesquisa for aceito, o seu artigo de dados será automaticamente transferido para o Data in Brief, onde será revisado editorialmente e publicado no jornal de dados de acesso aberto, Data in Brief. Observe que uma taxa de acesso aberto de US\$ 500 deve ser paga para publicação no Data in Brief. Detalhes completos podem ser encontrados no site Data in Brief. Use este modelo para escrever seus dados resumidos.

**Methods X.** Você tem a opção de converter protocolos e métodos relevantes em um ou vários artigos Methods X, um novo tipo de artigo que descreve os detalhes de métodos de pesquisa personalizados. Muitos pesquisadores gastam uma quantidade significativa de tempo no desenvolvimento de métodos para atender às suas necessidades ou ambientes específicos, mas muitas vezes sem obter crédito por esta parte de seu trabalho. Methods X, um periódico de acesso aberto, agora publica essas informações a fim de torná-las pesquisáveis, revisadas por pares, citáveis e reproduzíveis. Os autores são encorajados a enviar seu artigo do Methods X como um item adicional diretamente ao lado da versão revisada de seu manuscrito. Se seu artigo de pesquisa for aceito, seu artigo de métodos será automaticamente transferido para Methods X, onde será revisado editorialmente. Observe que uma taxa de acesso aberto deve ser paga para publicação em Methods X. Detalhes completos podem ser encontrados no site da Methods X. Use este modelo para preparar seu artigo do Methods X.

**Declaração de dados.** Para promover a transparência, encorajamos você a declarar a disponibilidade de seus dados em seu envio. Isso pode ser um requisito do seu órgão de financiamento ou instituição. Se seus dados estiverem indisponíveis para acesso ou inadequados para postagem, você terá a oportunidade de indicar o motivo durante o processo de envio, por exemplo, declarando que os dados da pesquisa são confidenciais. A declaração aparecerá com seu artigo publicado no ScienceDirect. Para obter mais informações, visite a página Declaração de dados.

**Visualização de dados.** Inclua visualizações de dados interativos em sua publicação e deixe seus leitores interagirem e se envolverem mais de perto com sua pesquisa. Siga as instruções para descobrir sobre as opções de visualização de dados disponíveis e como incluí-las em seu artigo.

#### Uso de software de processamento de texto

Independentemente do formato do arquivo da submissão original, na revisão você deve nos fornecer um arquivo editável de todo o artigo. Mantenha o layout do texto o mais simples possível. A maioria dos códigos de formatação será removida e substituída no processamento do artigo. O texto eletrônico deve ser preparado de maneira muito semelhante à dos manuscritos convencionais (consulte também o Guia para Publicações com a Elsevier). Veja também a seção Arte eletrônica.

Para evitar erros desnecessários, é altamente recomendável usar as funções de 'verificação ortográfica' e 'verificação gramatical' do seu processador de texto.

### **Outras considerações**

Certifique-se de que foi obtida permissão para o uso de material protegido por direitos autorais de outras fontes (incluindo a Internet)

Declarações de interesse relevantes foram feitas

As políticas do periódico detalhadas neste guia foram revisadas

Sugestões de árbitros e detalhes de contato fornecidos, com base nos requisitos do periódico

### **Envios revisados**

Os envios revisados devem incluir:

1. um documento resumindo as mudanças feitas e uma resposta detalhada a todos os comentários do revisor e editor;

2. um "Manuscrito Revisado com Mudanças Destacadas";

3. um "Manuscrito Revisado sem Mudanças Destacadas"; e

4. seus arquivos de figura de alta resolução em um dos formatos recomendados (eps, tiff, jpeg e pdf de alta qualidade). ISTO É ALÉM DA versão de suas figuras com a legenda abaixo de cada figura em seu arquivo "Manuscrito". Não inclua o número e a legenda da figura nos arquivos de figura de alta resolução. Rotule cada figura na caixa DESCRIÇÃO na tela de upload como "Figura 1, Figura 2, etc." Inclua uma "LISTA DE LEGENDAS DAS FIGURAS" após as referências em seu arquivo do Manuscrito.

Recomenda-se aos autores que sigam os prazos para submissão de novas versões de seus artigos: 90 dias para as revisões principais e 30 dias para as revisões menores. Caso ocorra uma situação extraordinária, eles devem entrar em contato com o Editor responsável pelo seu manuscrito para solicitar uma extensão.

### **Correção de prova online**

Alguns dias após a aceitação do artigo, os autores correspondentes receberão um e-mail com um link para o nosso sistema de revisão online, permitindo a anotação e correção das provas online. O ambiente é parecido com o do MS Word: além da edição de texto, você também pode comentar figuras / tabelas e esclarecer dúvidas no Editor de Texto. A revisão baseada na Web fornece um processo mais rápido e menos sujeito a erros, permitindo que você digite diretamente suas correções, eliminando a introdução potencial de erros.

Se preferir, você ainda pode escolher anotar e fazer upload de suas edições na versão em PDF. Todas as instruções de revisão serão fornecidas no e-mail que enviamos aos autores, incluindo métodos alternativos à versão online e PDF.

Faremos todo o possível para que seu artigo seja publicado com rapidez e precisão. Use esta prova apenas para verificar a formatação, edição, completude e correção do texto, tabelas e figuras. Alterações significativas no artigo aceito para publicação somente serão consideradas nesta etapa com a permissão do Editor. É importante garantir que todas as correções sejam enviadas de volta para nós em uma comunicação. Verifique cuidadosamente antes de responder, pois a inclusão de quaisquer correções subsequentes não pode ser garantida. A revisão é exclusivamente sua responsabilidade.

### **Offprints**

O autor para correspondência receberá, sem nenhum custo, um link de compartilhamento personalizado fornecendo 50 dias de acesso gratuito à versão final publicada do artigo no ScienceDirect. O link de compartilhamento pode ser usado para compartilhar o artigo por meio de qualquer canal de comunicação, incluindo e-mail e mídia social. Por um custo extra, separatas em papel podem ser solicitadas por meio do formulário de pedido de separatas que é enviado assim que o artigo é aceito para publicação. Os correspondentes e coautores podem solicitar separatas a qualquer momento por meio da Webshop da Elsevier. Os autores correspondentes que publicaram seu artigo com acesso aberto ouro não recebem um link de compartilhamento, pois sua versão final publicada do artigo está disponível em acesso aberto no ScienceDirect e pode ser compartilhada através do link do artigo DOI.

#### **Acesso livre**

Esta revista oferece aos autores a opção de publicar suas pesquisas:

#### **Acesso aberto ouro**

Os artigos estão disponíveis gratuitamente para assinantes e para o público em geral, com reutilização permitida.

Uma taxa ouro de publicação de acesso aberto deve ser paga pelos autores ou em seu nome, por exemplo, por seu financiador de pesquisa ou instituição. A taxa de publicação de acesso aberto ouro para esta revista é de US \$ 3800, sem impostos. Saiba mais sobre a política de preços da Elsevier: <https://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Para artigos de acesso aberto ouro, o (re) uso permitido por terceiros é definido pelas seguintes licenças de usuário Creative Commons:

Atribuição Creative Commons (CC BY). Permite que outros distribuam e copiem o artigo, criem extratos, resumos e outras versões revisadas, adaptações ou trabalhos derivados de ou de um artigo (como uma tradução), inclua em uma obra coletiva (como uma antologia), texto ou mina de dados o artigo, mesmo para fins comerciais, desde que credite o (s) autor (es), não representa o autor como endossante de sua adaptação do artigo, e não modifica o artigo de forma a prejudicar a honra ou a reputação do autor .

Creative Commons Attribution-Noncommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND). Para fins não comerciais, permite que terceiros distribuam e copiem o artigo, e incluam em uma obra coletiva (como uma antologia), desde que deem crédito ao (s) autor (es) e desde que não alterem ou modifiquem o artigo.

#### **Inscrição**

Os artigos são disponibilizados para assinantes, bem como para países em desenvolvimento e grupos de pacientes, por meio de nossos programas de acesso universal.

Nenhuma taxa de publicação de acesso aberto a pagar pelos autores.

O autor tem o direito de postar o manuscrito aceito no repositório de sua instituição e torná-lo público após um período de embargo (conhecido como Acesso Aberto verde). O artigo de periódico publicado não pode ser compartilhado publicamente, por exemplo no ResearchGate ou Academia.edu, para garantir a sustentabilidade da pesquisa revisada por pares em publicações de periódicos. O período de embargo desta revista pode ser consultado a seguir.

Independentemente de como você escolha publicar seu artigo, a revista aplicará os mesmos critérios de revisão por pares e padrões de aceitação.

#### **Acesso aberto verde**

Os autores podem compartilhar suas pesquisas de várias maneiras diferentes e a Elsevier tem uma série de opções de acesso aberto verde disponíveis. Recomendamos que os autores vejam nossa página de acesso aberto verde para mais informações. Os autores também podem arquivar seus manuscritos imediatamente e permitir o acesso público a partir do repositório de sua instituição após um período de embargo. Esta é a versão que foi aceita para publicação e que normalmente inclui alterações incorporadas pelo autor sugeridas durante a submissão, revisão por pares e nas comunicações editor-autor. Período de embargo: para artigos de assinatura, é necessário um período de tempo apropriado para que os periódicos agreguem valor aos clientes assinantes antes que um artigo se torne disponível gratuitamente ao público. Este é o período de embargo e começa a partir da data em que o artigo é formalmente publicado online na sua forma final e totalmente citável. Saiba mais.

Esta revista tem um período de embargo de 24 meses.

#### **Outros problemas**

##### **Declaração de interesse**

Todos os autores devem divulgar quaisquer relações financeiras e pessoais com outras pessoas ou organizações que possam influenciar inadequadamente (enviesar) o seu trabalho. Exemplos de potenciais conflitos de interesse incluem emprego, consultorias, propriedade de ações, honorários, depoimento de especialista pago, pedidos / registros de patentes e concessões ou outros fundos. Os autores devem preencher a declaração de interesse usando este modelo e carregá-la no sistema de submissão na etapa Anexar / Carregar Arquivos. Observação: não converta o modelo .docx em outro tipo de arquivo. As assinaturas do autor não são necessárias. Se não houver interesse a declarar, escolha: 'Declarações de interesse: nenhum' no modelo. Esta declaração será publicada no artigo, se aceita. Mais Informações

##### **Declaração de submissão**

A submissão de um artigo implica que o trabalho descrito não foi publicado anteriormente (exceto na forma de um resumo, uma palestra publicada ou tese acadêmica, consulte ' Publicação múltipla, redundante ou simultânea ' para obter mais informações), que não é sob consideração para publicação em outro lugar, que sua publicação seja aprovada por todos os autores e tácita ou explicitamente pelas autoridades responsáveis onde o trabalho foi realizado, e que, se aceito, não será publicado em outro lugar na mesma forma, em inglês ou em qualquer outro idioma, inclusive eletronicamente, sem o consentimento por escrito do detentor dos direitos autorais.

#### **Preprints**

Observe que os Preprints podem ser compartilhados em qualquer lugar e a qualquer momento, de acordo com a política de compartilhamento da Elsevier. Compartilhar suas pré-impressões, por exemplo, em um servidor de pré-impressão, não contará como publicação anterior (consulte 'Publicação múltipla, redundante ou simultânea ' para obter mais informações).

#### **Alterações na autoria**

Espera-se que os autores considerem cuidadosamente a lista e a ordem dos autores antes de enviar seu manuscrito e forneçam a lista definitiva de autores no momento da submissão original. Qualquer adição, exclusão ou reorganização de nomes de autores na lista de autoria deve ser feita somente antes do manuscrito ser aceito e

somente se aprovado pelo Editor do periódico. Para solicitar tal alteração, o Editor deve receber do autor correspondente: (a) o motivo da alteração na lista de autores e (b) confirmação por escrito (e-mail, carta) de todos os autores de que concordam com a adição, remoção ou reorganização. No caso de adição ou remoção de autores, isso inclui a confirmação do autor sendo adicionado ou removido.

Apenas em circunstâncias excepcionais o Editor considerará a adição, exclusão ou reorganização de autores após o manuscrito ter sido aceito. Enquanto o Editor considerar o pedido, a publicação do manuscrito será suspensa. Se o manuscrito já foi publicado em uma edição online, qualquer solicitação aprovada pelo Editor resultará em uma retificação.

#### **Elsevier Researcher Academy**

Researcher Academy é uma plataforma de e-learning gratuita projetada para apoiar pesquisadores em início e meio de carreira em toda a sua jornada de pesquisa. O ambiente "Aprender" na Researcher Academy oferece vários módulos interativos, webinars, guias para download e recursos para guiá-lo através do processo de redação para pesquisa e revisão por pares. Sinta-se à vontade para usar esses recursos gratuitos para aprimorar seu envio e navegar com facilidade pelo processo de publicação.