



REVISTA
Casa da

ISSN 2316-8056

GEOGRAFIA
de Sobral

EVOLUÇÃO TEMPORAL DO SENSORIAMENTO REMOTO NO CONTEXTO DA DETECÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NA AMAZÔNIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Temporal evolution of remote sensing in the context of detecting degraded areas in the Amazon: a systematic review

Evolución temporal de la teledetección en el contexto de la detección de áreas degradadas en la Amazonia: una revisión sistemática

 <https://doi.org/10.35701/rcgs.v26.922>

Vagner Paz da Silva¹

José Fábio França Orlanda²

Histórico do Artigo:

Recebido em 12 de abril de 2023

Aceito em 26 de março de 2024

Publicado em 08 de abril de 2024

RESUMO

Este artigo apresenta uma revisão sistemática baseado em método exploratório-descritivo visando analisar e descrever a evolução cronológica do sensoriamento remoto face ao estudo de áreas degradadas na Amazônia. Para isso, se utilizou de uma busca sistemática na literatura científica nas bases “Web of Science” e “Google Scholar”, no momento em que foram utilizados os descritores: “sensoriamento remoto”, “Amazônia” e “degradação”. Considerando apenas trabalhos publicados entre os anos 2000 e 2022, após a leitura do título e resumo de artigos potencialmente aptos para compor a revisão, e aplicação de critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados um total de 19 artigos para este estudo. Os resultados apontaram para a importância do sensoriamento remoto no contexto de detecção e monitoramento de áreas degradadas, pois foi perceptível, através da literatura analisada, que os produtos de sensoriamento remoto possibilitaram avanços incontestáveis no monitoramento da Amazônia nos últimos anos. Em especial, pode ser notado a evolução temporal do sensoriamento com finalidade de monitoramento ambiental a partir do surgimento de novas técnicas e/ou incorporação de ferramentas para aumentar a robustez das análises espaciais.

Palavras-Chave: Bioma amazônico. Monitoramento. Impactos ambientais.

¹ Engenheiro Sanitarista e Ambiental. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental da Universidade Federal do Pará (UFPA). E-mail: vagnerpazdasilva@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8766-5122>

² Doutor em Química. Professor Associado I do Curso de Química e Geografia da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL). E-mail: fabio.franca@uemasul.edu.br

 <https://orcid.org?0000-0002-6402-6192>

ABSTRACT

This article presents a systematic review based on an exploratory-descriptive method aiming to analyze and describe the chronological evolution of remote sensing in the study of degraded areas in the Amazon. For this, a systematic search was used in the scientific literature in the “Web of Science” and “Google Scholar” databases, when the following descriptors were used: “remote sensing”, “Amazon” and “degradation”. Considering only studies published between the years 2000 and 2022, after reading the title and abstract of articles potentially suitable for composing the review, and applying inclusion and exclusion criteria, a total of 19 articles were selected for this study. The results pointed to the importance of remote sensing in the context of detection and monitoring of degraded areas, as it was noticeable through the analyzed literature that remote sensing products have made possible undeniable advances in monitoring the Amazon in recent years. In particular, the temporal evolution of sensing for the purpose of environmental monitoring could be noted from the emergence of new techniques and/or incorporation of tools to increase the robustness of spatial analyses.

Keywords: Amazon biome. Monitoring. Environmental Impacts.

RESUMEN

Este artículo presenta una revisión sistemática basada en un método exploratorio-descriptivo con el objetivo de analizar y describir la evolución cronológica de la teledetección frente al estudio de áreas degradadas en la Amazonía. Para ello se utilizó una búsqueda sistemática en la literatura científica en las bases de datos “Web of Science” y “Google Scholar”, cuando se utilizaron los descriptores: “remote Sensing”, “Amazon” y “degradación”. Considerando solo artículos publicados entre 2000 y 2022, después de leer el título y el resumen de los artículos potencialmente aptos para la composición de la revisión y aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron un total de 19 artículos para este estudio. Los resultados señalaron la importancia de la teledetección en el contexto de la detección y monitoreo de áreas degradadas, ya que se percibió a través de la literatura analizada que los productos de teledetección posibilitaron avances innegables en el monitoreo de la Amazonía en los últimos años. En particular, se pudo notar la evolución temporal de la detección con fines de monitoreo ambiental a partir del surgimiento de nuevas técnicas y/o incorporación de herramientas para aumentar la robustez de los análisis espaciales.

Palabras Clave: Amazon Bioma; monitorización; Impactos Ambientales.

INTRODUÇÃO

A floresta amazônica, localizada na América do Sul, é considerada a maior floresta tropical de grande importância para o equilíbrio do planeta. Cerca de 61% desse bioma encontra-se dentro do território brasileiro e 40% cobre a América do Sul e, aproximadamente, 31% representa a área de floresta tropical úmida do mundo, formando um bioma com rico ecossistema e maior diversidade de espécies (WEISS, 2020).

A Amazônia desempenha importantes funções, entre elas, o abrigo de uma imensa diversidade de espécies animais e vegetais, ajustamento e normalização do clima, global e regional, devido às espécies vegetais possibilitarem a remoção do dióxido de carbono (CO₂) do ar, ocasionando a redução do efeito estufa, principal responsável pelo aquecimento global. Outro ponto em destaque na região é a bacia amazônica, apontada como dois terços do fornecimento de água doce do planeta (WEISS, 2020).

Desta forma, a ciência enfatiza a preservação do uso racional dos recursos florestais,

entretanto, intervenções antropogênicas de forma exploratória vêm provocando danos ambientais na floresta amazônica. Há décadas, a região faz parte do plano de desenvolvimento do país devido ao vasto território, abundância de riquezas minerais, madeira e outros recursos naturais. Por ser abundante em muitos aspectos esse bioma sofre com diversos problemas oriundos das atividades como agropecuária, mineração, indústrias químicas e outros grandes empreendimentos que, em sua instalação ou processos, geram impactos ambientais negativos (SANTANA et al., 2021; ROSSONI; MORAES, 2020; VAREDA et al., 2019).

As medidas para mitigar os danos ambientais, na floresta amazônica, ocorrem através das fiscalizações físicas por meio de órgãos como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e conduzidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). É realizada também uma análise primordial do monitoramento da cobertura florestal, notadamente, na Região Amazônica, por meio do Projeto de Estimativa do Desflorestamento da Amazônia (PRODES), pelo Sistema Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER) e o Sistema Mapeamento da Degradação Florestal na Amazônia Brasileira (DINIZ et al., 2014).

Nas últimas décadas, o geoprocessamento tem-se destacado no desenvolvimento de geotecnologias voltadas para o planejamento, monitoramento e gestão ambiental. As geotecnologias englobam várias técnicas e instrumentos que permitem coletar, processar, analisar, armazenar e manusear informações que podem ser localizadas no espaço através do uso de uma referência geográfica ou georreferenciamento. Abrangem a cartografia digital, o sensoriamento remoto (SR), o sistema de informação geográfica (SIG), o sistema de posicionamento global (GPS), a aerofotogrametria, a geodésia e a topografia (MACHADO et al., 2024; SILVA et al., 2019; LEAL; TODT; YHUM, 2013; GIOMETTI; PANCHER, 2012).

Dentre as geotecnologias amplamente utilizadas no monitoramento ambiental e detecção de áreas degradadas, o sensoriamento remoto (SR) tem permitido a aquisição de informações mais precisas e detalhadas sobre áreas em dimensões que antes seriam extremamente difíceis de captar e sistematizar conjuntos de dados espaciais (SANTORI, 2021; BORLACHENCO, 2018). O termo “sensoriamento” está associado a todo processo de aquisição de dados ou informação sobre algo e a palavra “remoto” por sua vez, transmite a ideia de algo feito à distância, sem que haja contato direto com o objeto (BORGES et al., 2015).

Segundo Weiss et al. (2020), o sensoriamento remoto se destina à obtenção de imagens adquiridas por meio de sensores remotos de radiação eletromagnética onde é registrado o meio físico, podendo ser interpretadas as informações geradas. Existem três tipos de sensoriamento, aéreo (drones

e vants), o terrestre (sensores unidos em máquinas agrícolas) e orbital (satélites), que captam como a radiação interage com os alvos, a energia refletida, a variação dos comprimentos de onda e das faixas espectrais. Os sensores chamados de passivos necessitam de fonte de luz externa, geralmente, proveniente do sol e o sensor ativo emite luz própria, essa energia é denominada reflectância, absorvância ou transmitância (COSTA, 2019).

Estas técnicas contribuem de modo expressivo para a rapidez, eficiência e confiabilidade nas análises que envolvem os processos de degradação da vegetação natural, e outros parâmetros que podem influenciar em modificações do ambiente natural (ABAD-SEGURA et al., 2020). Com isso, o sensoriamento remoto analisa, prevê e consegue proteger este bioma tão rico.

Além do monitoramento, a detecção por meio de geotecnologias de áreas degradadas, surge como importante aliada no combate à degradação ambiental da Amazônia, sob essa perspectiva o presente estudo visa analisar como as técnicas de sensoriamento remoto têm sido aplicadas na identificação de área degradadas, na Amazônia brasileira, no período de 2000 a 2022, por meio de levantamento bibliográfico.

METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de pesquisa bibliográfica de caráter quali-quantitativa, por meio de análise bibliométrica com propósito exploratório-descritivo no intuito de descobrir e interpretar sobre a temática em questão (ALLAN, 2020). Desse modo, foram realizadas buscas na literatura científica, via bases de dados: “*Web of Science*” e “*Google Scholar*”, por artigos originais nos idiomas português, inglês e espanhol, disponíveis gratuitamente entre os anos de 2000 a 2022.

A análise bibliográfica foi realizada a partir do levantamento de artigos originais na base de dados “*Web of Science* e *Google Scholar*” com os seguintes descritores: “sensoriamento remoto”, “Amazônia” e “degradação”. Nesta etapa foram encontrados 80 artigos na plataforma “*Web of Science*” e 7.380 no “*Google Scholar*”, que passaram pela leitura do título e resumo, para selecionar alguns, potencialmente, capazes de compor a revisão. A partir da seleção criteriosa dos artigos, os critérios de inclusão e exclusão foram aplicados (Tabela 1) e, ao final, restaram 19 artigos para compor este trabalho.

Tabela 1: Critérios de inclusão e exclusão de artigos.

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
Artigo Original Completo	Carta ao Editor
Revisão Sistemática e Meta-análise	Artigo de Opinião
Artigos de Acesso Aberto	Não Englobam a Temática

Fonte: Autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apontaram que o sensoriamento remoto tem sido utilizado em diversos contextos de aplicações ambientais. A obtenção de dados remotos pode ser usada para integrar os monitoramentos a campo e dependendo da velocidade de processamento os dados e mapas podem ser disponibilizados, praticamente, em tempo real ou em frequências regulares (SHIMABUKURO et al., 2002).

Esse estudo, portanto, se propôs analisar a aplicabilidade do SR na gestão ambiental, particularmente, na detecção de áreas degradadas, no contexto da Amazônia brasileira, à luz da literatura científica. Na Tabela 2, são apresentadas informações sobre os 19 artigos selecionados para compor o presente estudo.

Tabela 2: Artigos incluídos na revisão.

Título do Artigo	Autor(es)	Periódico	Base de busca
Hidrogeomorfometria e índice de desmatamento da microbacia Rio dos Veados, Amazônia Ocidental, Brasil.	Panza et al., 2021.	RICA	<i>Google Scholar</i>
Perda de vegetação e Políticas Públicas: Estudo de uma Área de Assentamento de Reforma Agrária na Amazônia Meridional.	Lima et al., 2020.	Revista de Ciências Agrárias	<i>Google Scholar</i>
Aplicação do modelo linear de mistura espectral para mapeamento de pastagens degradadas e solo exposto na Amazônia.	Leal et al., 2020.	NATIVA: Pesquisas Agrárias e Ambientais	<i>Google Scholar</i>

Índice de desmatamento na Bacia do Rio Bamburro durante período de 1985 a 2015, Amazônia Ocidental, Brasil.	Vendruscolo et al., 2017.	Revista Geográfica Venezuelana	<i>Google Scholar</i>
MODIS Time Series to Detect Anthropogenic Interventions and Degradation Processes in Tropical Pasture.	Aguiar et al., 2017.	Remote Sensing	<i>Web of Science</i>
The Red Queen race in Brazilian Amazon deforestation: the necessity of a sustainable economy to zero deforestation.	Souza; Marco Junior, 2015.	Natureza e Conservação	<i>Web of Science</i>
Potencial de dados multiespectrais e hiperespectrais para detectar solos expostos à salinidade no Brasil.	Moreira et al., 2015.	GIScience & Remote Sensing	<i>Web of Science</i>
Detecção da expansão da área minerada no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais, no período de 1985 a 2011 através de técnicas de sensoriamento remoto.	Diniz et al., 2014.	Boletim de Ciências Geodésicas	<i>Web of Science</i>
Uso de técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens.	Andrade et al., 2013.	Revista Engenharia na Agricultura	<i>Web of Science</i>
Características da paisagem para manejo dos recursos naturais na microbacia do Rio Jacuri, Amazônia Ocidental, Brasil.	Távora et al., 2011.	Boletim Científico ESMPU	<i>Google Scholar</i>
Identificação de classes de cobertura da terra na Amazônia, utilizando imagens ALOS/PALSAR e classificação Orientada a objeto.	Prado et al., 2010.	Revista Brasileira de Cartografia	<i>Google Scholar</i>
Fraction Images Derived From Terra MODIS Data for Mapping Burned Area in Acre State, Brazilian Amazonia.	Shimabukuro et al., 2009.	IEEE	<i>Web of Science</i>
Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise	Mascarenhas et al., 2009.	Sociedade e Natureza	<i>Google Scholar</i>

da cobertura vegetal remanescente na Bacia do Rio Araguaia.			
Uma contribuição do sensoriamento remoto para detecção de áreas degradadas na caatinga brasileira.	Pacheco et al., 2006.	Boletim Goiano de Geografia	<i>Google Scholar</i>
Sensoriamento remoto e recursos naturais da Amazônia.	Souza Filho et al, 2006.	Ciência e Cultura	<i>Google Scholar</i>
Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon.	Morton et al., 2006.	Proc Natl Acad Sci USA	<i>Web of Science</i>
Assessment of deforestation in near real time over the Brazilian Amazon using multitemporal fraction images derived from Terra MODIS.	Anderson et al., 2005	IEEE	<i>Web of Science</i>
Processamento digital de imagens multitemporais Landsat-5 TM e JERS-1 SAR aplicado ao mapeamento e monitoramento de áreas de alteração antrópica na Amazônia.	Shimabukuro; Almeida Filho, 2002.	Geografia	<i>Google Scholar</i>
Mapping and monitoring deforestation areas in Amazon region using semi-automatic classification of Landsat Thematic.	Shimabukuro et al., 2000.	IEEE	<i>Web of Science</i>

Fonte: Autores.

Análise dos artigos pela técnica utilizada

Em todos os artigos escolhidos foi aplicado alguma técnica que utilizasse produto de sensoriamento remoto. Nesse aspecto, existem diversas missões e projetos que fornecem tais produtos. Na Tabela 3, é possível observar a origem do produto e a quantidade de artigos que o utilizou.

Tabela 3: Origem do produto de sensoriamento remoto.

Origem do produto de Sensoriamento Remoto	Artigos em que é utilizado
LANDSAT	12
MODIS	4
CIBERS	2
SPOT	1
ALOS	1

Fonte: Autores.

É perceptível que a maioria dos produtos utilizados nos estudos selecionados são de origem da missão *LandSat*. Isso se deve ao fato das missões serem pioneiras na geração de informações sobre observação da terra. Nesse sentido, a série para fins de SR iniciou em 1975, a partir de um projeto desenvolvido pela Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA), dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres (INPE, 2020).

O satélite *LandSat-1* foi o primeiro satélite de sensoriamento remoto no mundo. A missão perdura, atualmente, através do satélite *LandSat-8*. Apesar de ser a primeira missão para formação de produtos no sensoriamento remoto, nunca perdeu sua importância, por serem utilizadas na maioria das pesquisas espaciais atuais, sobretudo, quando objetiva-se analisar algum fenômeno ambiental temporalmente (FRUTUOSO et al., 2021).

Análise dos artigos pela aplicação do sensoriamento remoto

É importante destacar que outras missões mais recentes também vêm ganhando espaço, no contexto de observação terrestre, como o satélite CIBERS-4, fruto de um acordo sino-brasileiro (INPE, 2020). Outro dado relevante acerca dos artigos selecionados é a respeito do contexto de aplicação do sensoriamento remoto. Na Tabela 4, é mencionado a divisão dos artigos selecionados por contexto.

Tabela 4: Aplicação do sensoriamento remoto no estudo de degradação em diferentes contextos.

Contexto de degradação	Quantidade de artigos
Desmatamento e queimadas	12
Pastagem (pecuária)	4
Agricultura	2
Mineração	1

Fonte: Autores.

A Tabela 4 assinala para os principais problemas ocorrentes na Amazônia brasileira, dentre os quais, o desmatamento e as queimadas são os principais destaques negativos. Os estudos de Panza et al. (2021), Vendruscolo et al. (2017), Souza e Marco Junior (2015), Távora et al. (2011), Prado et al. (2010), Shimabukuro et al. (2009), Morton et al. (2006), Pacheco et al. (2006), Anderson et al. (2005) e Shimabukuro et al. (2002) corroboram nesse aspecto.

Dentre os trabalhos que buscaram detectar áreas degradadas, seja em qualquer contexto, uma importante característica notada é a necessidade de se utilizar dados históricos de SR. A comparação entre cenas históricas é quase protocolar para detectar um alvo em degradação. Nesse sentido, Panza et al. (2021), em seu estudo na Amazônia ocidental brasileira, concluíram que entre os anos de 1990 e 2020 a área de estudo perdeu cerca de 76,42% da floresta nativa.

Logo, a partir da primeira missão *LandSat*, em 1975, diversos estudos vêm demonstrando preocupação no monitoramento e detecção de áreas degradadas na Amazônia. Nesse aspecto, é importante ressaltar um avanço e aprimoramento crescente e natural das técnicas utilizadas para esse fim no transcorrer do tempo. Tomando como exemplo Shimabukuro et al. (2009), Pacheco et al. (2006), e Morton et al. (2006), em suas pesquisas utilizaram apenas técnicas de classificação supervisionada ou não supervisionada para detectar mudanças na Amazônia.

Anderson et al. (2005) traz uma comparação entre duas técnicas para detecção de áreas degradadas, uma utilizando modelo linear para tratar resposta espectral oriundas de produto MODIS e outra técnica básica de classificação via produto de origem *LandSat*. Os resultados apontaram que a técnica que incorporou tratamento estatístico foi mais eficiente para analisar o fenômeno estudado.

Mascarenhas et al. (2009) utilizaram Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para analisar a cobertura vegetal de uma bacia hidrográfica da região. Com relação ao NDVI, indicam a proporção de vegetação fotossinteticamente ativa. Com valores variando entre -1 e 1, quanto mais próximos de 1, mais densa e vigorosa é a cobertura vegetal. Por outro lado, valores tendendo a zero ou negativos indicam a ocorrência de solo, água, ou vegetação em processo de senescência, como as pastagens que predominam nas áreas antropizadas.

Seguindo essa cronologia mais recente, Moreira et al. (2015), Souza e Marco Junior (2015), Távora et al. (2011), Lima et al. (2020), Leal et al. (2020) e Panza et al. (2021) integraram técnicas estatísticas nas análises de dados de sensoriamento remoto. A utilização da chamada assinatura espectral de alvos terrestres já estava mais difundida. Assim, a mesclagem de técnicas no tratamento de dados sensoriais de maior qualidade possibilitou um avanço significativo em estudos de sensoriamento remoto para detecção de áreas com degradação.

Dentre os trabalhos dos autores citados mais recente considerando a cronologia, os artigos de Távora et al. (2011), Moreira et al. (2015) e Leal et al. (2020) realizaram estudos utilizando Índice de Vegetação (IV) para detectar solos expostos à salinidade, áreas degradadas por atividades da pecuária e avaliação da recuperação de áreas degradadas, respectivamente. Já os demais estudos trazem um viés mais estatístico para tratamento de dados de sensoriamento remoto.

O estudo de Souza e Marco Junior (2015) trouxe uma análise estatística descritiva comparando dados de sensoriamento sobre desmatamento com dados de crescimento econômico na Amazônia brasileira. Panza et al. (2021) realizaram um estudo de caracterização hidrogeomorfológica e índice de vegetação pôde-se contemplar um produto não muito recorrente nos estudos considerados, trata-se da utilização de Modelo Digital de Elevação (MDE), importante ferramenta para estudar variação de algum fenômeno influenciado pela altitude, como, por exemplo, a temperatura do ar. A pesquisa de Távora et al. (2011) utilizou NDVI para avaliar a recuperação de áreas degradadas e concluiu que o índice tem relação forte com a densidade foliar e pode ser empregado para avaliar a evolução temporal da recuperação de uma área degradada.

Evolução temporal

A partir dos estudos analisados nesse trabalho esboçou-se uma linha cronológica (Figura 1), dividida em 3 (três) principais momentos, os quais organizam temporalmente a aplicação do sensoriamento remoto na detecção e monitoramento de áreas degradadas na Amazônia. Segundo os estudos de Herbst e Lucena (2022), a evolução do sensoriamento remoto em áreas urbanas e rurais é vista conforme a melhora na qualidade de imagens e dados obtidos por meio das adaptações ao longo dos anos no ramo. Santos (2020) menciona os resultados positivos e retrata o aumento do uso dessa tecnologia em áreas exposta à degradação ambiental.

Figura 1: Evolução temporal do sensoriamento remoto para estudo de áreas degradadas.



Fonte: Autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo analisou 19 artigos através dos quais foi possível avaliar a evolução temporal do sensoriamento remoto face ao estudo de áreas degradadas. Os produtos de sensoriamento remoto possibilitaram avanços incontestáveis no monitoramento terrestre. Tais avanços têm contribuído para a melhor compreensão do sistema terrestre por meio de pesquisas científicas.

No âmbito da detecção e monitoramento de áreas degradadas, vimos o quão importante são as ferramentas e técnicas de sensoriamento remoto, porquanto de todas as possíveis aplicabilidades constatou-se que o Sensoriamento Remoto é mais utilizado nas atividades de desmatamento e queimadas.

É imprescindível ressaltar a aplicação conjunta com outras áreas para tratamento de dados de sensoriamento remoto, em especial a estatística, que tem contribuído significativamente com técnicas, atualmente, já consolidadas no meio científico e profissional.

Observou-se, ainda, que o Landsat 8 é uma das tecnologias mais usual no SR, bem como as técnicas que o acompanha. Especialmente, na Amazônia, a evolução do SR pelo landsat 8 apresentou maior crescimento nos anos 2010 até 2022 conforme a análise da evolução temporal na região.

Assim sendo, diante de todo exposto, é possível perceber por meio de fatos e dados que a floresta amazônica é patrimônio ambiental importantíssimo para o equilíbrio do sistema que coliga natureza e homem, e que sistemas tecnológicos colaboram para um manejo sustentável dos recursos naturais, possibilitando a coexistência do binômio natureza e humanidade.

REFERÊNCIAS

- ABAD-SEGURA, Emilio; GONZÁLEZ-ZAMAR, Mariana-Daniela; VÁZQUEZ-CANO, Esteban; LÓPEZ-MENESES, Eloy. Remote sensing applied in forest management to optimize ecosystem services: advances in research. **Forests**, Switzerland, v. 11, n. 9, p. 1-28, 2020.
- AGUIAR, Daniel Alves; MELLO, Marcio Pupin; NOGUEIRA, Sandra Furlan; GONÇALVES, Fabio Guimarães; ADAMI, Marcos; RUDORFF, Bernardo Friedrich Theodor. MODIS time series to detect anthropogenic interventions and degradation processes in tropical pasture. **Remote Sensing**, Switzerland, v. 9, n. 1, p. 1-20, 2017.
- ALLAN, Graham; SKINNER, Chris. Qualitative research. In: ALLAN, Graham (org.). **Handbook for research students in the social sciences**. Routledge, 2020. p. 177-189.
- ANDERSON, Liana O.; SHIMABUKURO, Yosio Edemir; DEFRIES, Ruth S.; Morton, Douglas C. Assessment of deforestation in near real time over the Brazilian amazon using multitemporal fraction images derived from Terra MODIS. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, United States, v. 2, n. 3, p. 315–318, 2005.
- ANDRADE, Ricardo Guimarães; RODRIGUES, Cristina Aparecida Gonçalves; Sanches, Ieda Del'Arco; TORRESAN, Fábio Enrique; QUARTAROLI, Carlos Fernando. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 234–243, 2013.
- BORGES, Gustavo Marques; PACHÊCO, Admilson da Penha; SANTOS, Francisco Kennedy Silva dos. Sensoriamento remoto: avanços e perspectivas. **Revista de Geografia**, Recife, v. 32, n. 2, p. 267-292, 2015.
- BORLACHENCO, Natascha Góes Cintra. **Avaliação da recuperação de uma área degradada com espécies arbóreas melíferas**. 2018. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária). Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária, Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2018.
- COSTA, Watus Cleigson Alves da. **Caracterização agrônômica da cultura do café com auxílio de ferramentas do controle estatístico e sensoriamento remoto terrestre**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2019.
- DINIZ, Juliana Maria Ferreira de Souza; REIS, Aliny Aparecida dos; ACERBI JUNIOR, Fausto Weimar; GOMIDE, Lucas Rezende. Detecção da expansão da área minerada no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais, no período de 1985 a 2011 através de técnicas de sensoriamento remoto. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 20, n. 3, p. 683–700, 2014.
- FRUTUOSO, R.; LIMA, A.; TEODORO, A. C. Application of remote sensing data in gold exploration: targeting hydrothermal alteration using Landsat 8 imagery in northern Portugal. **Arabian Journal of Geosciences**, Germany, v. 14, n. 6, p. 1-18, 2021.
- GIOMETTI, A. B. R.; PANCHER, A. M. Geotecnologias na representação do espaço geográfico. In: Analúcia Bueno dos Reis Giometti. (Org.). **Caderno de Formação: formação de professores didática dos conteúdos**. 1. ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012, p. 72-91.
- HERBST, Isabela de Almeida; LUCENA, Andrews José de. Análise espaço-temporal da evolução do IBI e NDVI na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro/RJ entre 2001 e 2020. **Revista de Geografia**, Juiz de Fora, v. 12, n. 2, p. 139-161, 2022.
- INPE. Perguntas Frequentes. In: INPE. **Perguntas frequentes: Para que serve o satélite CBERS?** [S. l.], 1 jan. 2020. Disponível em:
<http://www.inpe.br/faq/index.php?pai=17#:~:text=Para%20que%20serve%20o%20sat%C3%A9lite,%20florestas%20%20geologia%20e%20etc>. Acesso em: 1 mar. 2023
- LEAL, Fabrício Assis; ALMEIDA, Maila Pereira de; LEAL, Glória da Silva Almeida. Aplicação do modelo linear de mistura espectral para mapeamento de pastagens degradadas e solo exposto na Amazônia. **Nativa**, Sinop, v. 8, n. 3, p. 352–360, 2020.

LEAL, Josabeth Viana; TODT, Viviane; THUM, Adriane Brill. O uso de sig para monitoramento de áreas degradadas - estudo de caso: APP do Arroio Gil, Triunfo-RS. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 65, n. 5, p. 967-983, 2013.

LIMA, Rogério Brito de; LIMA, Sabrina Miranda Borges da Silva Brito de; CALVI, Miqueias Freitas; Morais. Vinicius Augusto de. Perda de vegetação e políticas públicas: estudo de uma área de assentamento de reforma agrária na Amazônia Meridional. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 43, n. 2, p. 231-239, 2020.

MACHADO, G. M. P. N.; SILVA, B. A.; PEDROSA, V. G. O.; BATISTA, T. B. O uso do geoprocessamento como ferramenta de monitoramento de áreas degradadas. **Revistaft**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 130, p. 1-10, 2024.

MASCARENHAS, Luciane Martins de Araújo; FERREIRA, Laerte Guimarães; FERREIRA, Manuel Eduardo. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na Bacia do Rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 1, p. 5-18, 2009.

MOREIRA, Luis Clenio Jário; TEIXEIRA, Adunias; GALVÃO, Lênio Soares. Potential of multispectral and hyperspectral data to detect saline-exposed soils in Brazil. **GIScience & Remote Sensing**, United Kingdom, v. 52, n. 4, p. 416-436, 2015.

MORTON, Douglas C.; DEFRIES, Ruth S.; SHIMABUKURO, Yosio E.; ANDERSON, Liana O.; ARAI, Egídio; del Bon Espirito-Santo, Fernando; FREITAS, Ramon; MORISSETTE, Jeff. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 39, p. 14637-14641, 2006.

PACHECO, Admilson P.; FREIRE, Neison Cabral Ferreira; BORGES, Utaiguara da Nóbrega. Uma contribuição do sensoriamento remoto para detecção de áreas degradadas na caatinga brasileira. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 26, n. 1, p. 50-68, 2006.

PANZA, Mylena Rego; SOUZA, Tiago Way Serrão de; DONEGÁ, Miquel Victor Batista; LIMA, Marcelo Medeiros de; SARAIVA, Jhade Goudinho; PACHECO, Fabrício Matheus Pimenta; CAVALHEIRO, Wanderson Cleiton Schmidt; VENDRUSCOLO, Jhony. Hidrogeomorfometria e índice de desmatamento da microbacia Rio dos Veados, Amazônia Ocidental, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju, v. 12, n. 4, p. 399-411, 2021.

PRADO, Bruno Rodrigues do; MARTINS, Vagner Azarias; HAYAKAWA, Ericson Hideki; TAVARES JÚNIOR, João Batista; SHIMABUKURO, Yosio Edemir. Identificação de classes de cobertura da terra na Amazônia utilizando imagens ALOS/PALSAR e classificação orientada a objeto. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 3, n. 62, p. 563-569, 2010.

ROSSONI, Roger Alexandre; MORAES, Marcelo Lopes de. Agropecuária e desmatamento na Amazônia Legal Brasileira: uma análise espacial entre 2007 e 2017. **Geografia em Questão**, Marechal Cândido Rondon, v. 13, n. 3, p. 130-148, 2020.

SANTANA, Ágatha Gonçalves; TEIXEIRA, Carla Noura; MOURA JUNIOR, João Valério de. A importância da inteligência artificial nos tribunais brasileiros para o direcionamento de políticas públicas ambientais na Amazônia. **P2P & INOVAÇÃO**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 118-134, 2021.

SANTORI, Alisson Rodrigues. **Geotecnologias aplicadas à análise ambiental: aquisição e avaliação de variáveis espectrais da vegetação entre os anos de 2018 e 2019 na bacia hidrográfica do Ribeirão das Cruzes, Selvíria/MS**. 2021. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, 2021.

SANTOS, Joao Pedro Avelino dos, LIMA, Magda Campos; ALVES, Raquel Oliveira; LIMA, Flávia Jorge de. Sensoriamento remoto e análise temporal de dados NDVI em áreas do maciço residual de Água Branca e seu entorno, semiárido de Alagoas. **Revista Homem, Espaço e Tempo**, Sobral, v. 14, n. 1, p. 164-177, 2020.

SHIMABUKURO, Y. E.; DUARTE, Valdete; ARAI, Egidio; FREITAS, Ramon Morais de; LIMA, André; VALERIANO, Dalton M.; BROWN, I. Foster; MALDONADO, M. L. R. Fraction images derived from Terra Modis data for mapping burnt areas in Brazilian Amazonia. **International Journal of Remote Sensing**, United Kingdom, v. 30, n. 6, p. 1537-1546, 2009.

SHIMABUKURO, Yosio Edemir; ALMEIDA-FILHO, Raimundo. Processamento digital de imagens multitemporais Landsat-5 tm e jers-1 sar aplicado ao mapeamento e monitoramento de áreas de alteração antrópica na Amazônia. **Geografia**, Rio Claro, v. 27, n. 2, p. 82-97, 2002.

SHIMABUKURO, Yosio Edemir; Duarte; Valdete; SANTOS. Jolo Roberto dos; BATISTA, Getúlio Teixeira. Mapping and monitoring deforestation areas in Amazon region using semi-automatic classification of Landsat Thematic Mapper images. **IEEE 2000 International Geoscience and Remote Sensing Symposium**, v. 5, p. 1999–2001, 2000.

SILVA, Caio Victor Santos; SILVA, Jhon Lennon Bezerra da; MOURA, Geber Barbosa de Albuquerque; LOPES, Fabrício Marcos Oliveira; NASCIMENTO, Cristina Rodrigues NASCIMENTO, SILVA, Landson Carlos da. Monitoramento da cobertura vegetal por sensoriamento remoto no semiárido brasileiro através de índices de vegetação. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 6, p. 708-717, 2019.

SOUZA FILHO, Pedro Walfir Martins e; PARADELLA, Waldir Renato; SOUZA JÚNIOR, Carlos; VALERIANO, Dalton de Morisson; MIRANDA, Fernando Pellon de. Sensoriamento remoto e recursos naturais da Amazônia. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 58, n. 3, p. 37–41, 2015.

SOUZA, Rodrigo Antônio de; MARCO JUNIOR, Paulo de. The red queen race in Brazilian Amazon deforestation: the necessity of a sustainable economy to zero deforestation. **Natureza & Conservação**, Goiânia, v. 13, n. 1, p. 190-192, 2015.

TÁVORA, Bruno Esteves; EGERT, Renato; BELTRÃO, Luiz. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferenças Normalizadas na avaliação da recuperação de danos em áreas degradadas. **Boletim Científico ESMPU**, Brasília, v. 10, n. 35, p. 85-95, 2011.

VAREDA, João P.; VALENTE, Artur J. M.; DURÃES, Luisa. Assessment of heavy metal pollution from anthropogenic activities and remediation strategies: A review. **Journal of environmental management**, United States, v. 246, n. 1, p. 101-118, 2019.

VENDRUSCOLO, Jhony; SILVA, André Felipe; CAVALHEIRO, Wanderson C. Schmidt; STACHIW, Rosalvo; MARIN, Aldrin Martin Perez. Índice de desmatamento na bacia do rio Bamburro durante período de 1985 a 2015, Amazônia Ocidental, Brasil. **Revista Geográfica Venezolana**, Venezuela, v. 58, n. 2, p. 378-393, 2017.

WEISS, Marie; JACOB, Frédéric; DUVEILLER, Grgory. Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. **Remote Sensing of Environment**, United States, v. 236, n. 1, p. 1-19, 2020.