

DETECÇÃO DE DESFLORESTAÇÃO EM IMAGENS SENTINEL-2A NA ÁREA NORTE DE ALTAMIRA, PARÁ, BRASIL: período de 2019 a 2022

Ponciana Freire de Aguiar ¹
Antonio Vieira²

Conservação de solos e Recuperação de áreas degradadas (RAD)

Resumo

A Região Amazônica tem sofrido muito com a desflorestação que vêm ocorrendo mais intensamente nos últimos três anos, e gerado diversos problemas como a erosão de solos, e a intensificação das mudanças climáticas, além do aumento dos graves conflitos e problemas sociais decorrentes disso. Assim, os objetivos desta pesquisa foram analisar a desflorestação na área norte do município de Altamira utilizando imagens do satélite Sentinel-2A. Para tanto, foram realizadas análises da evolução de áreas desflorestadas detectadas por meio de NDVI, e uma comparação entre o período de 2019 a 2022, contribuindo para a análise da conservação dos solos na área de estudo, tendo sido gerados também o NDWI nas mesmas imagens. A metodologia incluiu uma análise de áreas desflorestadas na área em estudo, com geração de mapas no *software* Qgis com base em imagens orbitais do sensor MSI satélite Sentinel-2A, tendo sido realizadas a detecção de áreas desflorestadas por meio cálculo de NDVI, de intensidade espectral da faixa do vermelho em relação ao infravermelho próximo, e uma comparação da evolução da desflorestação entre o período de 2019 a 2022, juntamente com a extração de corpos d'água pelo cálculo do NDWI. Os resultados dos índices NDVI e NDWI apresentaram-se de forma boa nos cálculos utilizando as bandas multiespectrais do Sentinel-2A na geração de imagens sintéticas falsa-cor, para a análise da variação dos quatro cenários multitemporais, de 2019 a 2022, ficando bem evidente a desflorestação na área norte de Altamira, e as áreas de nuvens foram destacadas junto aos corpos d'água pelo NDWI.

Palavras-chave: Desflorestamento; Sensoriamento remoto; Índice de Vegetação da Diferença Normalizada.

¹Pós-doutoranda em Geografia Física e Estudos Ambientais na Universidade do Minho – Departamento de Geografia; Prof. Dr. Universidade Federal do Pará – Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, ponciana@ufpa.br.

²Prof. Dr. da Universidade do Minho – Centro de Estudos de Comunicação e Sociedade do Departamento de Geografia, vieira@geografia.uminho.pt.

INTRODUÇÃO

A desflorestação que vêm ocorrendo na Região Amazônica Brasileira, de forma mais intensa nos últimos três anos, têm causado diversos problemas como a erosão de solos, e intensificado também as mudanças climáticas, e, conseqüentemente, gerado grandes problemas a nível local, regional e global, além do aumento dos graves conflitos e problemas sociais.

Diversos estudos têm constatado tais problemas. A exemplo disto, a retirada da vegetação implica em conseqüências como o aumento dos riscos geomorfológicos, que têm ocorridos no noroeste de Portugal, sendo fundamental o mapeamento de riscos utilizando metodologias aplicadas a análises de dados por técnicas de geoprocessamento e uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) que têm sido eficientes na quantificação e medição de áreas de riscos, segundo Vieira & Bento-Gonçalves (2020).

A alteração de classes de uso do solo contribuem para o aceleração de processos erosivos. Segundo Souza et al. (2019), pela análise de série temporal, é perceptível um elevado aumento na quantidade de erosões na Bacia Hidrográfica do Rio Claro em São Paulo, podendo-se associar as alterações de uso ao aparecimento de erosões.

Com efeito, a vegetação funciona como protetora do solo e por conseqüência da água do planeta, por conta da manutenção do equilíbrio relacionado ao fluxo de energia dentro do sistemas ambientais, funcionando como uma verdadeira síntese do meio, de acordo com Bertrand (1969), tendo suas unidades fitogeográficas correspondentes a massas vegetais perfeitamente definidas tanto no plano fisionômico quanto no plano dinâmico, sendo resultado da evolução dinâmica dos meios e mantenedora ativa do processo de biostasia.

Por tanto, as análises espaciais com detecção de desflorestação, bem como das classes de cobertura vegetal, são fundamentais para o monitoramento de perda da vegetação, permitindo identificar áreas de riscos aos solos, principalmente na área de estudo.

A utilidade da análise de desflorestação e incêndios é primordial, inclusive para

Realização

Apoio



análises de riscos, uma vez que, segundo Bento-Gonçalves *et al.* (2019), a desflorestação de uma forma geral, e os provocados por incêndios florestais, causam risco à população, e, por tanto, as autoridades públicas devem monitorar por sensoriamento remoto as áreas desflorestadas e incêndios, a fim de permitir a definição de áreas de intervenção prioritárias e, assim, estabelecer planos para a implementação de medidas de mitigação da emergência, que podem ser medidas, por exemplo, pela variação de NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada).

A área de estudo fica na parte norte do município de Altamira, e localiza-se no estado do Pará, Brasil, dentro da maior Floresta Tropical do mundo, a Amazônia, albergando um enorme manancial de água (Figura 1), possuidora também da maior biodiversidade do planeta, e uma floresta densa que protege os solos e regula o clima do planeta.

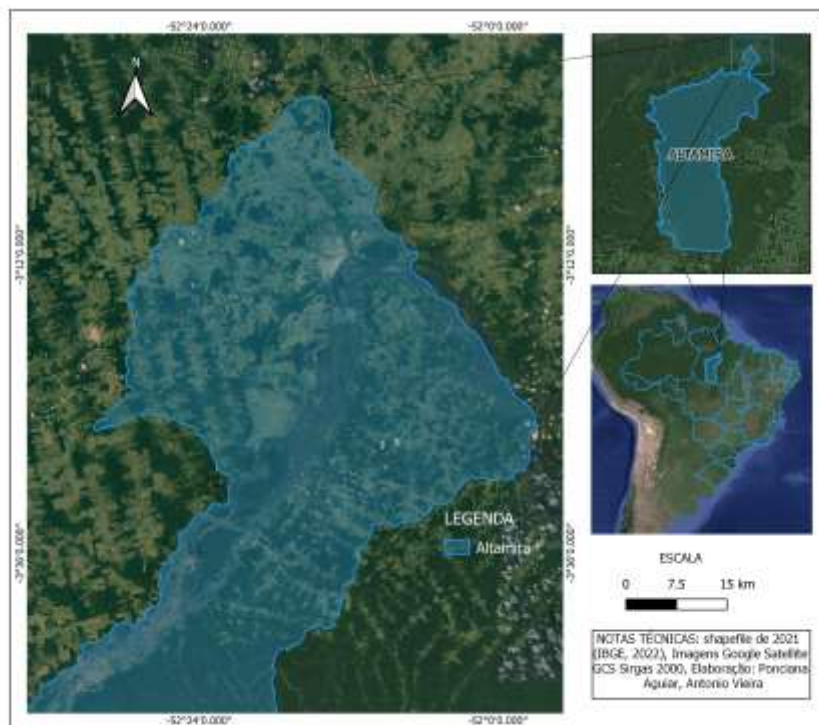


Figura 01: Mapa de localização da área norte do município de Altamira.

Esta pesquisa é parte do relatório de pós-doutoramento em Geografia Física e Estudos Ambientais que está sendo realizado na Universidade do Minho em Portugal, com título do Projeto “Análise da Desflorestação da Floresta Amazônica no Município de

Realização

Apoio

Altamira, estado do Pará, Brasil”, correspondendo a uma pesquisa que está em andamento.

Sendo assim, os objetivos desta pesquisa são analisar a desflorestação na área norte do município de Altamira utilizando imagens orbitais do satélite Sentinel-2A, e para tanto, foram realizadas uma análise da evolução de áreas desflorestadas detectadas por meio de NDVI, e uma comparação entre o período de 2019 a 2022, no intuito de monitorar para melhor gerir, e contribuir para a conservação dos solos na área de estudo, tendo sido gerados também o NDWI nas mesmas imagens.

METODOLOGIA

Esta pesquisa condiz com uma pesquisa exploratória de cunho científico, que conta com um estudo descritivo e explicativo, voltada para a identificação e a quantificação de variáveis. Para tanto, buscou-se reavaliação sistemática de dados pré-existentes, baseadas em textos documentos, dados cartográficos e dados secundários, e geração de produtos com apoio de geotecnologias voltadas para o mapeamento com uso de geoprocessamento e o sensoriamento remoto.

Segundo Câmara & Ortis (2014), o mapeamento básico e temático são disponibilizados por instituições produtoras que realizam uma Cartografia Automatizada essencial para a compreensão do meio ambiente, e que dispõem de ferramentas e de técnicas sofisticadas de entrada de dados e de produção de mapas, e dados espaciais, o que permite uma gama de informações para a gestão pública e ambiental, sendo fundamental na análise de mudanças dos territórios e suas características naturais, por permitir mapear em diferentes metodologias os mais diversos processos (SMITH, 2020).

A pesquisa conta com os apoios do Centro de Estudos de Comunicação e Sociedade (CECS) e do Departamento de Geografia da Universidade do Minho, do Grupo de Geoprocessamento para a Gestão Pública e Ambiental do Programa de Pós-graduação em Gestão Pública do Desenvolvimento do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da Universidade Federal do Pará (UFPA), do Grupo de Estudos Ambientais e Costeiros da Geologia da UFPA e seu Laboratório de Geologia Marinha e Ambiental e do Laboratório

Realização

Apoio

de Geologia Marinha e Aplicada da Geologia da Universidade Federal do Ceará (UFC), no uso das licenças de SIG e no uso de equipamentos e softwares.

Foram realizadas consultas de dados secundários em órgãos públicos e privados e sites de download, tais como dados de sensores remotos dos portais do United States Geological Survey (USGS), do Sentinel Hub Eo Browser e da Agência Espacial Européia (European Space Agency - ESA), shapefiles do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dentre outros, para consulta de dados cartográficos e de imagens de satélites.

As imagens baixadas do sensor MSI do satélite Sentinel-2A para os cálculos de NDVI e NDWI, foram escolhidas na estação seca, pós período chuvoso, devido a uma menor cobertura de nuvens (Figura 02), que sempre é um entrave devido a ser comum altas coberturas de nuvens na Floresta Amazônica principalmente no período chuvoso, e também porque são momentos mais expressivos de aumento da desflorestação na região.

Segundo Baptista (2021) a análise dos alvos imageados no sensoriamento remoto é possível pela compreensão do comportamento da vegetação, cuja umidade pode ser lida a partir do seu espectro, principalmente, na faixa do infra-vermelho próximo (*Near InfraRed* – NIR), que ocorrem por conta da água na estrutura celular, através da qual diversos trabalhos têm permitido a compreensão e monitoramento da desflorestação.

Por tanto, utilizou-se nesta pesquisa alguns dos métodos de estudos de Bento-Gonçalves et al. (2019) que analisaram os cenários pré e pós incêndios de 2017 em Braga, Portugal, utilizando cálculos e equações em SIG na compreensão do comportamento da vegetação através do sensor do Instrumento Multiespectral (*MultiSpectral Instrument* - MSI) do produto L2A do satélite Sentinel, com base em dados de refletância de superfície, em dados pré-fogo com cálculo dos índices espectrais de varredura por NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada).

Assim, foi realizada uma análise da desflorestação na área norte do município de Altamira, com geração de mapas no *software* Qgis utilizando imagens orbitais do sensor MSI satélite Sentinel-2A, tendo sido realizadas a detecção de áreas desflorestadas por meio cálculo de NDVI (Equação 1), de intensidade espectral da faixa do vermelho (RED da faixa 665 nm) em relação ao infravermelho próximo (*Near InfraRed* - NIR da faixa

842 nm), e uma comparação da evolução da desflorestação no período de 2019 a 2022.

$$\text{NDVI} = \frac{\rho_8 - \rho_4}{\rho_8 + \rho_4}$$

O NDWI é útil pois é passível de detectar corpos de água onde valores maiores que 0 (zero) são considerados água, maximizando a reflectância da água na faixa espectral do verde (GREEN) e minimizando a reflectância na faixa espectral do vermelho (NIR – *Near Infrared*) (DU *et al*, 2016; PENHA, 2017).

Para gerar a extração da água e no intuito de minimizar a interferência de nuvens foram gerados também o cálculo do NDWI (Equação 2) nas mesmas imagens para o período de 2019 a 2022, de intensidade espectral da faixa do infravermelho próximo (*Near InfraRed* - NIR) em relação a faixa do verde, e superpostos ao mapa de evolução do índice de vegetação da diferença normalizada.

$$\text{NDWI} = \frac{\rho_3 - \rho_8}{\rho_3 + \rho_8}$$

Em diversos âmbitos o uso das geotecnologias tem sido destaque nas análises ambientais trazendo grandes vantagens para o conhecimento das mudanças ocorridas na cobertura vegetal da terra, demandando maior agilidade na geração de mapas e em busca de uma Gestão Ambiental de qualidade no estado do Pará.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens do satélite Sentinel-2A permitem efetuar uma gama de composições e fusões de imagens, para aplicações de diferentes métodos como a classificação de imagens e fusão de imagens para melhorar a resolução espacial, ou aplicação de índices como os utilizados nesta pesquisa com a banda 8 (Figura 2) para análise do NDVI e

Realização

Apoio

NDWI.

A análise da desflorestação é possível por conta do comportamento da vegetação a partir da leitura dos alvos imageados, e os cálculos em sensoriamento remoto em que, segundo Baptista (2021), permite a importante compreensão da umidade da área lida no espectro, onde na faixa do infra-vermelho próximo (Near InfraRed – NIR) torna-se possível pela existência água na estrutura celular.

A detecção de corpos hídricos pelo NDWI permitiu de forma integrada e eficiente, delimitar as áreas de corpos d'água bem como, as áreas de nuvens e as áreas de sombras, mesmo não apresentando total precisão.

Mesmo não apresentando uma exatidão de todo o mapeamento, o NDWI contribui para diminuir os erros de omissão na detecção e delimitação de corpos hídricos, conforme estudo realizado no Cerrado (PENHA *et al.*, 2017), pois os erros podem ser minimizados quando se eliminam os ruídos, como as feições de nuvem e sombra de nuvens, funcionando de rápida na estruturação dos procedimentos metodológicos, bem como sua execução com baixo custo computacional.

Os resultados dos índices NDVI e NDWI apresentaram-se de forma boa nos cálculos utilizando as bandas multispectrais, com base nas faixas espectrais do Sentinel-2A do seu sensor MSI, na geração de imagens sintéticas falsa-cor, para a análise da variação dos quatro cenários multitemporais, de 2019 a 2022. Foi possível destacar que a desflorestação, na área norte de Altamira, ocorreu de forma significativa, facto demonstrado pela visualização de grandes áreas desmatadas, facilitado pelo processamento em diferentes etapas, sendo uma boa alternativa para realizar o mapeamento do índice de vegetação da diferença normalizada e a extração de corpos d'água, que poderão ser utilizados para a análise do uso e cobertura da terra, e para os cálculos quantitativos dessas áreas.

Assim, percebeu-se uma boa discriminação entre as classes geradas pelo NDVI, e na geração do NDWI houve uma menor precisão somente em áreas de nuvens e sombras, mas que, com a integração desses dados, foi possível identificar de forma satisfatória, principalmente na diferenciação das áreas desmatadas das áreas de florestas (Figura 03). Além disso, ficaram bem visualizáveis os corpos d'água dentro do mapa.

Realização



Apoio



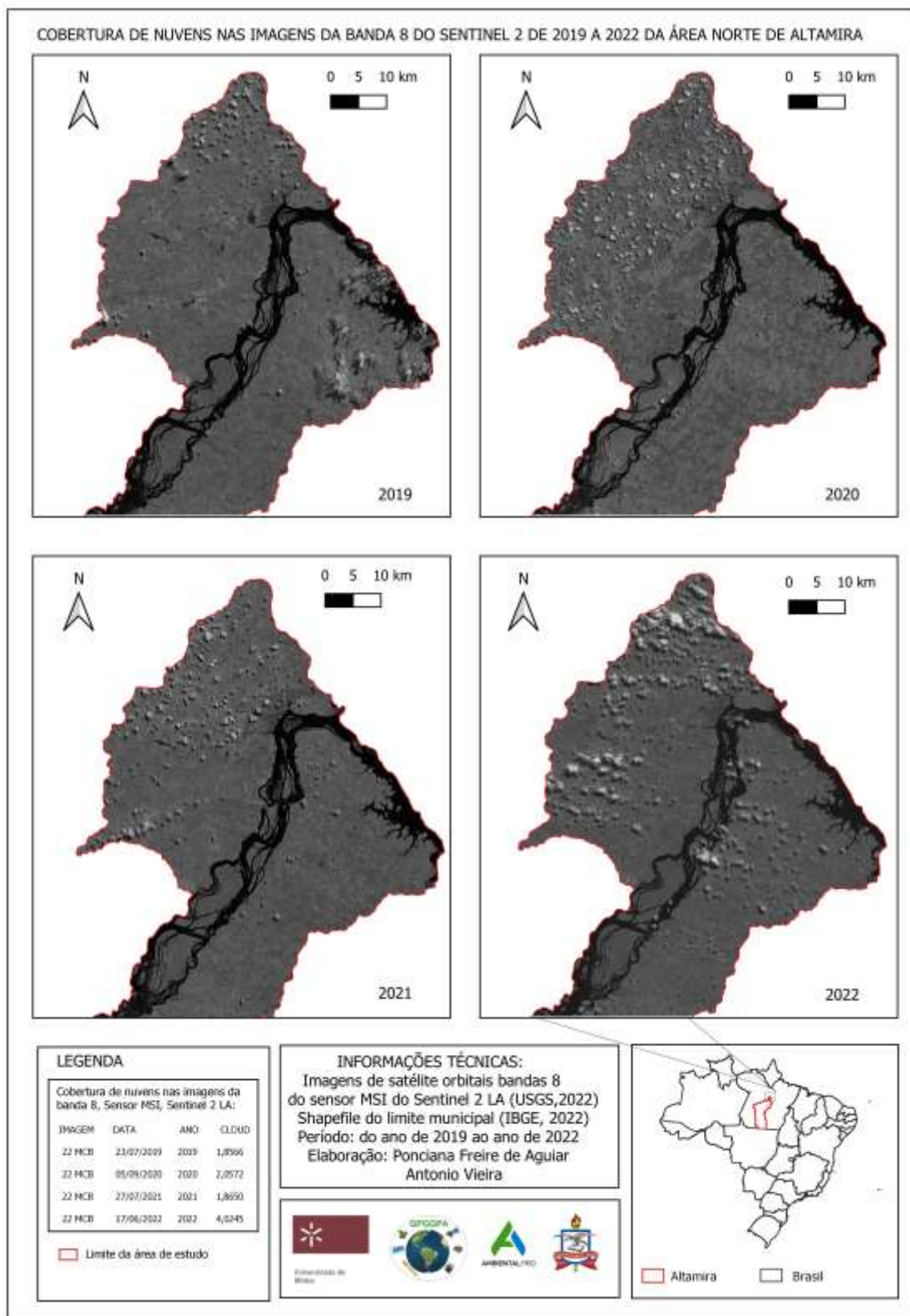


Figura 02: Imagens da faixa espectral da banda 8 (NIR) utilizadas na geração do NDVI, e no NDWI para gerar máscara para de água.

Esse dado será utilizado nas próximas etapas da pesquisa de pós-doutoramento, para a análise do uso e cobertura da terra, e para os cálculos quantitativos de todas essas áreas, as desflorestadas e as de diferentes usos e ocupação do solo, que será gerado para a análise de risco e erosão do solo.

De ante-mão, mesmo antes do cálculo das taxas erosivas da área, é perceptível na análise visual dos resultados da evolução da desflorestação, que houve um aumento expressivo de áreas desmatadas na área norte acima do Rio Xingu do ano de 2019 para o ano de 2020 (Figura 03), e um aumento mais exagerado ainda quando passa-se do ano de 2020 para o ano de 2021 que foi o ano de maior desflorestação em Altamira, município que mais desmatou este ano.

Enquanto no ano de 2022, mesmo ainda sendo possível analisar somente até o mês de junho deste ano, notou-se um elevado grau de desflorestamento da Floresta Amazônica nesta área norte do município de Altamira.

Segundo Cruz *et al.* (2013), a exploração econômica dos recursos naturais na Amazônia, através do agronegócio, tem se destacado nas últimas décadas como fator de modificação do uso solo, além das políticas voltadas para a análise da densidade urbana das metrópoles, já aumentada desde a extração de borracha (fins do século XIX), pelo que é importante analisar os fatores atuais de desflorestação e degradação do solo.

Grande parte da desflorestação na Região Amazônica está relacionado aos Pólos madeireiros do estado do Pará, dentre eles o município de Altamira, que foi o município que mais desmatou no mundo em 2021, onde há carência de articulação entre o monitoramento e uma política de proteção ambiental, havendo dissimetrias das questões regulatórias (MASCARENHAS & VIDAL, 2021).

Os responsáveis pela degradação do solo e a erosão linear, que forma ravinas e voçorocas, pela desagregação e remoção das partículas do solo, possuem estreita relação com a remoção da cobertura vegetal (SOUZA et al., 2019).

Realização



Apoio



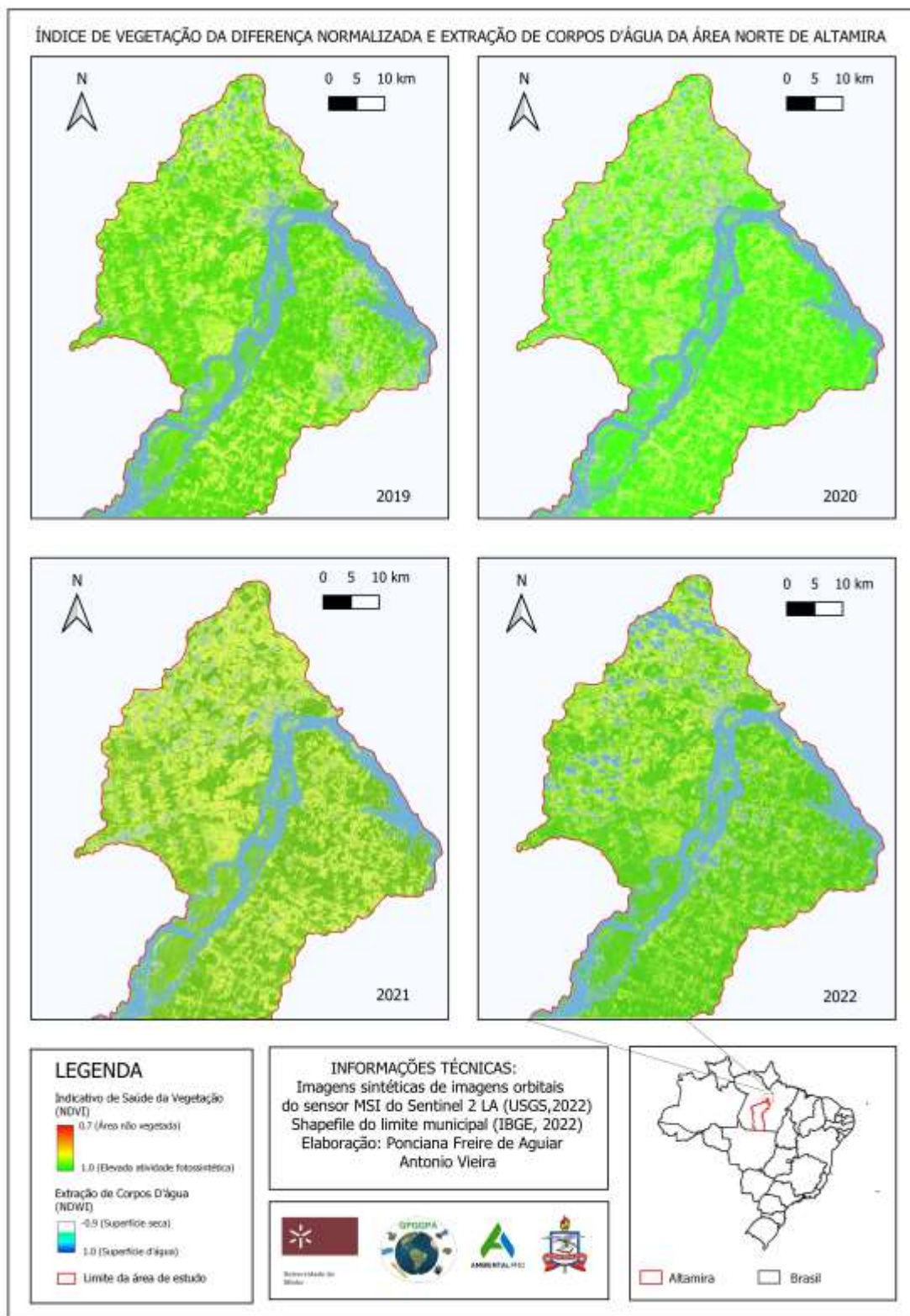


Figura 03: Evolução do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada e extração dos corpos d'água na área norte de Altamira.

Realização

Apoio



Segundo dados do PRODES (2022), o estado do Pará teve uma distribuição de 5149.8 km² de incremento na desflorestação do ano de 2020 para 2021, um valor elevadíssimo se comparado a anos anteriores. Somente para o município de Altamira inteiro esses valores somaram 777.5 Km², configurando valores alarmantes de taxas de desflorestação, chamando o olhar do mundo inteiro para preocupar-se com o equilíbrio ambiental da Floresta Amazônica e, conseqüentemente, dos diversos riscos locais, regionais e globais que este cenário implica.

Assim, os princípios de humanidade são pilares para melhores ações em busca de um desenvolvimento sustentável pautado na Carta da Terra, que segundo Boff (2012), deverá ser universalmente assumida no intuito de mudar o estado de consciência da Humanidade, onde a Grande Mãe Terra finalmente poderá ganhar a centralidade e proteção da mesma, visando uma redução dos desequilíbrios ecológico-sociais, e uma melhor qualidade de vida. Ao qual a Educação Ambiental e a ação dos órgãos públicos são fundamentais nesse processo de conscientização da humanidade e o equilíbrio ecológico.

CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os cálculos dos índices NDVI e NDWI apresentaram-se de forma boa nos resultados desta pesquisa, pois a utilização das bandas multiespectrais, e as faixas espectrais do vermelho, verde e o infra-vermelho do Sentinel-2A possibilitou-nos seu uso para a geração de imagens sintéticas falsa-cor na análise da variação multitemporal de 2019 a 2022, onde notou-se a desflorestação crescente na área norte de Altamira.

Percebeu-se uma boa discriminação entre as classes temáticas analisadas, havendo uma menor precisão apenas em algumas áreas de nuvens e sombras, além de áreas urbanas, mas que foi possível realizar de forma satisfatória. As imagens serão posteriormente reclassificadas para os cálculos das áreas e geração do mapa de uso e ocupação.

O processamento em diferentes etapas foi uma boa alternativa para realizar o mapeamento do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) e a extração de corpos d'água pelo NDWI, no mapeamento da desflorestação, e que poderão ser

Realização

Apoio

utilizados nas próximas etapas da pesquisa de pós-doutoramento para a análise do uso e cobertura da terra, e para os cálculos quantitativos de todas essas áreas as desmatadas e as de uso e ocupação do solo, que será gerado para a análise de risco e erosão do solo.

É perceptível na análise visual da evolução da desflorestação por NDVI que houve um aumento expressivo de áreas desmatadas na área norte acima do Rio Xingu do ano de 2019 para o ano de 2020, e um aumento mais exagerado ainda quando passa-se do ano de 2020 para o ano de 2021 que foi o ano de maior desflorestação em Altamira, configurando níveis elevados de preocupação por riscos ambientais consequentes disso.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA, G. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. Laboratório de Propulsão Digital. 2021. p.68. <https://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.15087123>.

BENTO-GONÇALVES, A.J.; VIEIRA, A.; BAPTISTA, G.M.de M.; ROCHA, J. The 2017 Large Wildfire of Braga - Evaluation of the Different Conditions of the Burned Vegetation. **Geo-Eco-Trop.**, 43, 4, 2019, pp. 627-640.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global**. Esboço Metodológico. 1969.

BOFF, L. A busca de um ethos planetário. Rio Grande do Sul: UNISINOS, **Caderno IHU ideias**. ISSN 1679-0316, n° 169. 2012.

CRUZ, S.H.R.; CASTRO, E.R.de; SÁ, M.E.R.de. Grandes projetos urbanos em metrópoles amazônicas: modernização e conflito. **Novos Cadernos NAEA**, v. 14, n. 2, 2011, pp. 89-116.

DU, Y.; ZHANG, Y.; LING, F.; WANG, Q.; LI, W.; & LI, X.. Water bodies' mapping from Sentinel-2 imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m spatial resolution produced by sharpening the SWIR band. **Remote Sensing**, 8, 4, 2016.

MASCARENHAS, A. L. dos S.; VIDAL, M. R. Identificação de vetores de desmatamento em Região de Hidrográfica por meio de Imagens Sentinel-2B. **Revista Papers do NAEA**. Volume 30, Nº 1 (Edição 526) 2021. pp. 1-16.

PENHA, T. V.; PLETSCH, M. A. J. S.; SILVA JUNIOR, C. H. L.; KORTING, T. S.; FONSECA, L. M. G. Detecção e delimitação automática de corpos hídricos em imagens Sentinel-2: uma proposta de integração do algoritmo Fmask aos índices espectrais NDWI e MNDWI. Proceedings **XVIII GEOINFO**, December 04th to 06nd, Salvador, BA, Brazil. 2017. pp. 340-345.

SOUZA, N. da C.; ARRUDA, N. de S.; TOYAMA, D.; LOLLO, J. A. de. Dinâmica espacial de uso e cobertura da terra e degradação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Claro (SP). Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São Paulo.. 2019. pp. 1600-1603.

VIEIRA, A.; BENTO-GONÇALVES, A. J. Riscos geomorfológicos no nordeste de Portugal.V Congresso Internacional de Riscos. Associação Portuguesa de Riscos. 2020. p.60.

Realização



Apoio

