



Caracterização do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do Rio Moxotó por meio de imagens de satélite

Sávio Barbosa dos Santos¹ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3321-713X>

Ailton Feitosa² - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5433-0465>

¹ Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão/SE, Brasil*

² Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL), Arapiraca/AL, Brasil**

Artigo recebido em 09/07/2025 e aceito em 08/10/2025

RESUMO

O presente estudo utilizou dados gerados por satélites do SRTM e Landsat-8, com o objetivo de caracterizar as condições naturais mais determinantes na bacia hidrográfica do Rio Moxotó, cuja área está situada no ambiente de semiárido, abrangendo partes do seu território localizado no Oeste do Estado de Alagoas, Cento e Sudoeste do Estado de Pernambuco e Sul do Estado da Paraíba. Para caracterização e identificação das áreas úmidas e do tipo de cobertura do solo foram empregadas técnicas de classificação digital da vegetação, como o NDVI e a classificação semiautomática de valores de pixel. A estratificação da cobertura do solo para a bacia do Rio Moxotó indica que as áreas de capoeirão representam 33,13%, enquanto o solo exposto corresponde a 8,87% de toda área da bacia. Somadas, somente essas duas classes ocupam 42% do total da área, significando o quanto a baixa disponibilidade de água tem afetado as atividades humanas na região. Outra observação, que pode ser relacionada a essa realidade, é o desaparecimento da vegetação nativa e consequentemente descaracterização da paisagem natural, considerando o percentual dessas áreas. Esses fatores têm contribuído para a desaparecimento da vegetação nativa e a descaracterização da paisagem. Resultados como estes, foram possíveis graças ao uso de dados de sensoriamento remoto, que hoje facilitam a tomada de decisão a partir de diagnósticos que são construídos com o emprego de ferramentas de software como o QGIS, para o processamento e modelagem das informações.

Palavras-chave: Semiárido; recursos hídricos; sensoriamento remoto; paisagem natural.

Characterization of land use and land cover in the Moxotó River basin using satellite images

ABSTRACT

This study used data generated by SRTM and Landsat-8 satellites to characterize the most important natural conditions in the Moxotó River basin, which is located in a semi-arid environment and covers parts of its territory in the west of the state of Alagoas, the central and southwest of the state of Pernambuco, and the south of the state of

* Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Sergipe (UFS). E-mail: savio.santos.prodic@alunos.uneal.edu.br

** Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Dinâmicas Territoriais e Cultura, Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL). E-mail: ailton@uneal.edu.br



Paraíba. Digital vegetation classification techniques, such as NDVI and semi-automatic pixel value classification, were used to characterize and identify the wetlands and the type of soil cover. The stratification of the soil cover for the Moxotó River basin indicates that the capoeirão areas represent 33.13%, while the exposed soil corresponds to 8.87% of the entire area of the basin. Together, these two classes alone occupy 42% of the total area, indicating how much the low water availability has affected human activities in the region. Another observation that can be related to this reality is the disappearance of native vegetation and the consequent loss of character of the natural landscape, considering the percentage of these areas. These factors have contributed to the disappearance of native vegetation and the loss of character of the landscape. Results such as these were possible thanks to the use of remote sensing data, which today facilitate decision-making based on diagnoses that are constructed using software tools such as QGIS for processing and modeling information.

Keywords: Semi-arid; water resources; remote sensing; natural landscape.

Caracterización del uso y cobertura del suelo en la cuenca del río Moxotó mediante imágenes satelitales

RESUMEN

El presente estudio utilizó datos generados por los satélites SRTM y Landsat-8, con el objetivo de caracterizar las condiciones naturales más determinantes de la cuenca del río Moxotó, cuya área se ubica en el ambiente semiárido, abarcando partes de su territorio ubicadas en el Oeste del Estado de Alagoas, Centro y Suroeste del Estado de Pernambuco y Sur del Estado de Paraíba. Para caracterizar e identificar las zonas húmedas y el tipo de cobertura del suelo, se utilizaron técnicas de clasificación digital de la vegetación, como el NDVI y la clasificación semiautomática de valores de píxeles. La estratificación de la cobertura del suelo de la cuenca del río Moxotó indica que las áreas de capoeirão representan el 33,13%, mientras que el suelo expuesto corresponde al 8,87% de toda el área de la cuenca. En conjunto, estas dos clases ocupan el 42% del área total, lo que demuestra cuánto ha afectado la baja disponibilidad de agua a las actividades humanas en la región. Otra observación, que puede relacionarse con esta realidad, es la desaparición de la vegetación nativa y consecuentemente la pérdida del carácter del paisaje natural, considerando el porcentaje de estas áreas. Estos factores han contribuido a la desaparición de la vegetación nativa y a la pérdida del carácter del paisaje. Resultados como estos fueron posibles gracias al uso de datos de teledetección, que hoy facilitan la toma de decisiones basadas en diagnósticos que se construyen utilizando herramientas de software como QGIS para procesar y modelar la información.

Palabras clave: Semi árido; recursos hídricos; teledetección; paisaje natural.

INTRODUÇÃO

Em regiões como o Semiárido nordestino, a paisagem vem sofrendo transformações causadas por ações antrópicas, que ao longo do tempo, vêm se agravando — principalmente nas áreas de caatinga arbustiva e arbórea, que estão dando lugar a áreas de pastagem e a áreas destinadas a cultivos temporários, deixando grandes extensões do solo sem cobertura vegetal. Desse modo, o comportamento de um fenômeno, numa escala de tempo estimada, pode ser observado por meio de um modelo criado sob a ótica de uma realidade (Feitosa, 2013). Assim, um determinado fenômeno pode ser estudado numa escala espacial sob diferentes variáveis, podendo ser influenciado por fatores internos ou externos, ou seja, pelos inputs e outputs relacionados a uma determinada situação de um dado momento na paisagem como um todo ou em um ambiente específico (Christofolletti, 1999).

A opção pela caracterização do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Moxotó, se deu por estar inserida num ambiente Semiárido, onde estudos utilizando sensoriamento remoto venha a facilitar a identificação das áreas úmidas, por considera-se essas áreas como sendo unidades espaciais sistêmicas num ambiente de Semiárido onde a escassez de água e a disponibilidade de ambientes úmidos é limitada, principalmente em anos de seca, uma vez que estas podem ser individualizadas, hierarquizadas e caracterizadas.

Nesse sentido, segundo Santos (2023), Santos (2017), Feitosa (2012), Novo (2008), Bittencourt (2007), Florenzano (2002) e Beltrame (1994), o uso de dados de sensoriamento remoto tem contribuído significativamente para ampliar a compreensão das estruturas ecossistêmicas e de suas interações. Ainda de acordo com esses autores, há um interesse especial na utilização de imagens de satélite para verificar a variação espacial e temporal da composição da água, suas áreas de ocorrências e seus padrões de drenagem, por meio de métodos de classificação digital. A cobertura vegetal, a topografia, o relevo e a cobertura do solo, são outros elementos do meio que têm despertado grande interesses, principalmente no que se refere às suas formas, áreas e padrões espectrais. Dessa forma, os processos naturais (geomorfológicos, pedológicos, hidrológicos, climatológicos) e antrópicos (uso e ocupação do solo), podem ser identificados e caracterizados sob a perspectiva de suas dinâmicas e limites, observados a partir de dados obtidos por sensores remotos.

Conforme Lorenzetti (2015), Tullio *et. al.* (2018), Menezes *et. al.* (2019) e Baptista (2019), o sensoriamento remoto aliado ao Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e às geotecnologias permite o emprego de técnicas baseadas na utilização de dados da superfície terrestre, ou seja, sem o contato físico direto entre o sensor e o alvo. Nesse sentido, os sensores remotos têm como finalidade captar a radiação eletromagnética (REM) refletida ou emitida pelos alvos (composição orgânica, mineral, tamanho de partículas e sua organização), gerando informações espaciais (tamanho, forma, estrutura e textura) e também as espectrais do alvo (reflectância, absorvância e transmitância). Ademais, ao comparar as feições espectrais do período chuvoso com as do período seco de uma determinada região nota-se a perda de pigmentos fotossintetizantes, que tem a função de absorver a energia eletromagnética. A partir dessas informações, é possível identificar vastas transformações naturais e, principalmente, aquelas, decorrente de ações antrópicas, que tem gerado um grande impacto ambiental.

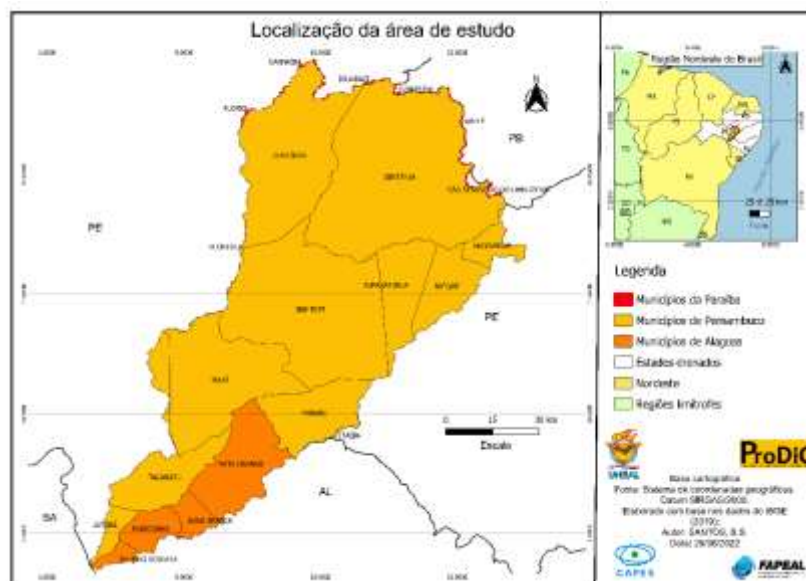
De acordo com Schowengerdt (2007) e Silva (2008), uma imagem digital é constituída por pixels, sendo que o tamanho do pixel está associado à qualidade da imagem. Para tanto, a utilização de imagens de sensoriamento remoto multiespectral, aliada às informações hiperespectrais não imageadoras, constitui

um importante recurso para o mapeamento temporal e espacial, contribuindo com estimativas relevantes das condições naturais. Essas informações são obtidas por meio da análise da energia eletromagnética refletida ou emitida pelos alvos, coletada por meio de sensores instalados em satélites. Nesse contexto, os trabalhos voltados ao mapeamento, por sensoriamento remoto para identificação de bacias hidrográficas e áreas úmidas, variam conforme a disponibilidade dos sensores orbitais e a escala de trabalho adotada.

O uso de dados orbitais gerados por sensores remotos tem permitido uma rápida avaliação temática, qualitativa e quantitativa, possibilitando uma caracterização abrangente das informações contidas na superfície terrestre, tanto em volume em quantidade e qualidade. Segundo estudos realizados por Feitosa (2011;2012), Bitencurt (2007); Anderson (2006); e Florenzano (2002), esses dados têm contribuído para uma maior compreensão de sistemas complexos, como as bacias hidrográficas, que sofrem diferentes influências advindas da entrada de energia e matéria (inputs) oriundas de diferentes condições naturais e atividades antrópicas.

A área do desenvolvimento deste estudo é a bacia hidrográfica do Rio Moxotó , situada no Semiárido nordestino, drenando as regiões Centro e Sudoeste do Estado de Pernambuco (nos municípios de Custódia, Sertânia, Ibimirim, Arcoverde, Buíque, Tupanatinga, Itaíba, Manari, Inajá, Tacaratu, Jatobá, Carnaíba, Floresta, Flores e Iguaracy); o Oeste do Estado de Alagoas (municípios de Água Branca, Mata Grande, Delmiro Gouveia e Pariconha); e uma pequena porção ao Sul do Estado da Paraíba (nos municípios de Monteiro, Zabelê e São Sebastião do Umbuzeiro) totalizando 22 municípios (CPRM, 2010) (Figura 1). Com os dados gerados a partir de imagens de satélite do SRTM (2008), foi possível estabelecer a localização da bacia hidrográfica do Rio Moxotó, compreendida entre as coordenadas 07°52'21" e 09°19'03" de latitude sul e 36°57'49" e 38°14'41" de longitude oeste, com sua principal nascente localizada no município de Sertânia (PE). Sua extensão territorial é de 189,91 Km no sentido Norte-Sul e 92,24 Km no sentido Leste-Oeste. A área total da bacia é de 9.906,20 Km², sendo 9.769,09 Km² drenados e 137,11 Km² não drenados, com perímetro de 6.39,31 Km e altitude média de 700 m em relação ao nível do mar.

Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Assim, o objetivo deste estudo foi realizar a caracterização socioambiental da bacia hidrográfica do Rio Moxotó, com base na coleta de dados obtidos por sistemas de sensoriamento remoto, visando avaliar a precisão das informações geradas pelos sensores do sistema Landsat-8 e SRTM. A partir desses dados, torna-se possível delimitar a área da bacia, bem como a hierarquia dos canais de drenagem e suas cotas altimétricas. Além dessas coisas, buscou-se realizar uma análise das áreas e paisagens inseridas na bacia do Rio Moxotó, que estão sob a influência do sistema de drenagem hidrográfica e de suas condições morfológicas, tais como o relevo, declividade, tipos de cobertura do solo, rede de drenagem e vegetação.

METODOLOGIA

Este estudo exploratório, descritivo e comparativo adota uma abordagem sistêmica, quantitativa e qualitativa, utilizando técnicas de extração de dados e mapeamento digital a partir de informações orbitais do sensoriamento remoto SRTM (2008) e do satélite Landsat-8 (TM) (2022). Fundamenta-se na análise de conceitos, parâmetros e procedimentos técnicos para processamento de dados orbitais, visando à identificação e caracterização do sistema hidrográfico e das paisagens da bacia do Rio Moxotó.

Coleta de dados por técnica de mapeamento digital

Empregando a técnica de Modelagem de dados Computacionais (MDC), foram processadas, no software QGIS 3.10, as informações orbitais provenientes do sensoriamento remoto, utilizando imagens do satélite Landsat-8 TM, da coleção Landsat Níveis 2, que possuem correções atmosféricas

(reflectância, absortância transmitância). As imagens correspondem às órbitas/pontos 215/66 e 216/66, datadas de 09/02/2022 e 17/02/2022, respectivamente, com resolução espacial de 30 metros, adquiridas junto ao United States Geological Survey (USGS, 2022). Também foram utilizadas informações orbitais do sensoriamento remoto proveniente da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM, 2008), referentes às órbitas-pontos SB-24-Z-C, SB-24-Z-D, SC-24-X-A, SC-24-X-C e SC-24-X-B, obtidas junto à EMBRAPA (2008), com resolução espacial de 90 x 90 metros e elipsoide de referência WGS-84, compatíveis com a escala de 1:100.000.

Seleção das áreas para coleta de campo

Com a utilização do software QGIS 3.10, foram selecionadas as áreas de coleta após a classificação semiautomática das imagens do satélite Landsat- 8 para a área de estudo, utilizando o plugin SCP. Para isso, foi coletado o maior número possível de áreas para cada classe definida de uso e cobertura do solo. Assim, foram criadas 9 classes: corpos hídricos, caatinga arbustiva, cultivo permanente, solo exposto (areia)/cultivo temporário, capoeirão/pastagens, construção civil, solo exposto (vermelho) e caatinga arbórea. Neste procedimento, foram selecionadas áreas homogêneas, com o objetivo de minimizar informações com erros de cada classe na imagem referente a bacia hidrográfica do Rio Moxotó. A seleção das áreas de visita para validação dos dados considerou as áreas cujos resultados do processamento concentravam maior densidade de características físicas. Foram definidos 15 pontos de coleta, levando em conta que uma área selecionada representa uma informação digital igual ou superior a 30 x 30 metros para cada classe gerada.

Visita técnica

Nesta etapa, foi realizada a análise de acurácia das informações geradas pelo sensoriamento remoto das imagens dos satélites SRTM e Landsat-8. A visita técnica ocorreu nos dias 16 e 17 de dezembro de 2022 nos municípios de Mata Grande, Água Branca, Pariconha e Delmiro Gouveia localizados no estado de Alagoas, na porção Leste e Sudeste da bacia hidrográfica do Rio Moxotó. Para orientação geográfica e a coleta dos dados em formato SIG, foi utilizada a base cartográfica com as classes criadas, empregando a ferramenta QuickMapServices com o Google Hybrid, disponível no QGIS 3.10. Em campo, de posse dos mapas base, foram utilizados um telefone celular da marca Motorola, modelo One; caderneta de campo; e um aparelho Drone da marca dji MINI SE (Figura 2).

Figura 2- Material utilizado na atividade de campo



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

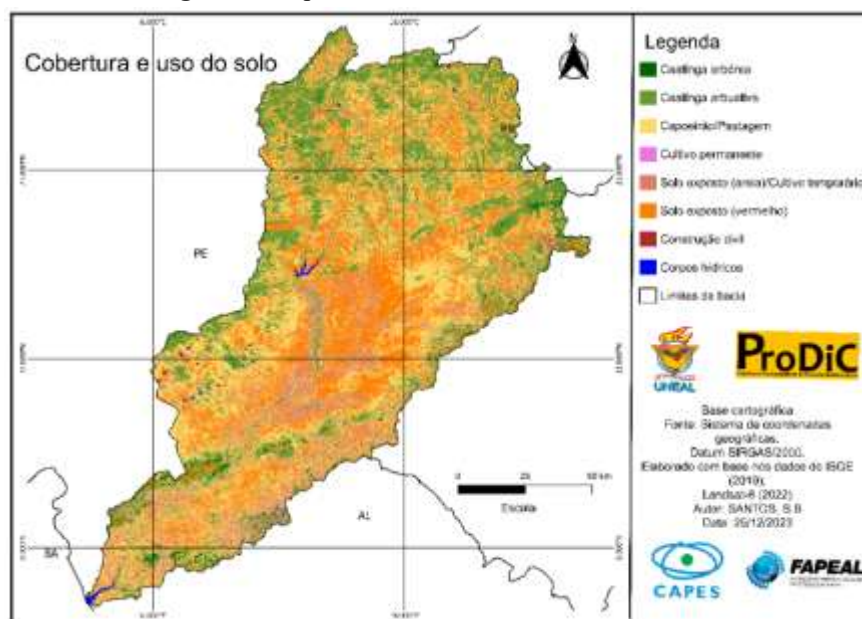
Os dados de coordenadas geográficas foram observados e coletados pelo sistema do drone no momento dos sobrevoos realizados com o equipamento. Na caderneta de campo, foram anotados os dados de observação e os registros das características físicas das áreas. Foram consideradas as informações do raio de voo do drone, a precisão do GPS e anotações descritivas da paisagem. Todas as imagens coletadas durante o trabalho de campo possuem informação georreferenciada, adquiridas por meio do aplicativo UTM Geo Map (telefone celular) e do GPS integrado ao drone.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Classificação das imagens do satélite Landsat-8 no uso e ocupação do solo

Com resolução espacial de 30 metros por pixel, as imagens processadas (Figura 3) indicam que a classe capoeirão/pastagem foi a mais significativa, abrangendo uma área de 3.007,701 Km², o que corresponde a 33,13% de toda área da bacia. Em seguida, destaca-se a classe de solo exposto (vermelho), com área de 2.643,108 Km², que representa 29,11%. As áreas identificadas como caatinga arbustiva somam 2.113,070 Km², correspondendo a 23,28%. Para a classe solo exposto (areia)/cultivo temporário foi identificado uma área de 805,694 Km², que representa 8,87%. A caatinga arbórea ocupa 242,321 Km², equivalente a 2,67 %. As áreas de construção civil totalizam 230,577 Km² (2,54%) e os corpos hídricos representam 24,051 Km², ou 0,26% da área da bacia. Por fim, a classe de cultivo permanente possui 12,043 Km², equivalente a 0,13% da área total da bacia.

Figura 3- Mapa de classes de uso e cobertura da terra



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Esses dados refletem diretamente no uso abusivo dos recursos naturais pelas ações antrópicas, principalmente nas áreas identificadas como capoeirão/pastagem e solo exposto, que juntas representa 71,12% de toda área da bacia hidrográfica do Rio Moxotó.

Dados de cobertura do solo por técnica de classificação digital dos Índices de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI)

Para a classificação digital dos índices de vegetação por diferença normalizada (NDVI) das imagens do satélite Landsat-8, foram selecionadas imagens com presença de nuvens inferior a 10%, o que possibilitou uma melhor classificação das imagens para a bacia hidrográfica do Rio Moxotó. Para calcular o NDVI, foram escolhidas as bandas 4 (Red) e 5 (Ned Infrared - NIR), que operam com comprimentos de onda do vermelho visível e do infravermelho próximo, respectivamente.

A partir da utilização da Calculadora Raster do QGIS 3.10, foram elaboradas informações referente ao NDVI, utilizando a fórmula apresentada a seguir, no qual ρ_{NIR} e ρ_{RED} correspondem, respectivamente, aos valores de reflectância bidirecional de superfície das bandas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (RED), conforme mostrado na equação abaixo:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$$

A representação dos valores gerados pelo cálculo do NDVI está classificada conforme a Tabela 1. Valores próximo de + 1 indicam grande quantidade de cobertura vegetal densa. Nas imagens processadas

da área da bacia hidrográfica do Rio Moxotó, observa-se uma variação de cores que vai de verde escuro, representando alta cobertura vegetal (valores próximos a +1), a vermelho, indicando áreas próximas a -1, associadas à presença de nuvens ou corpos hídricos.

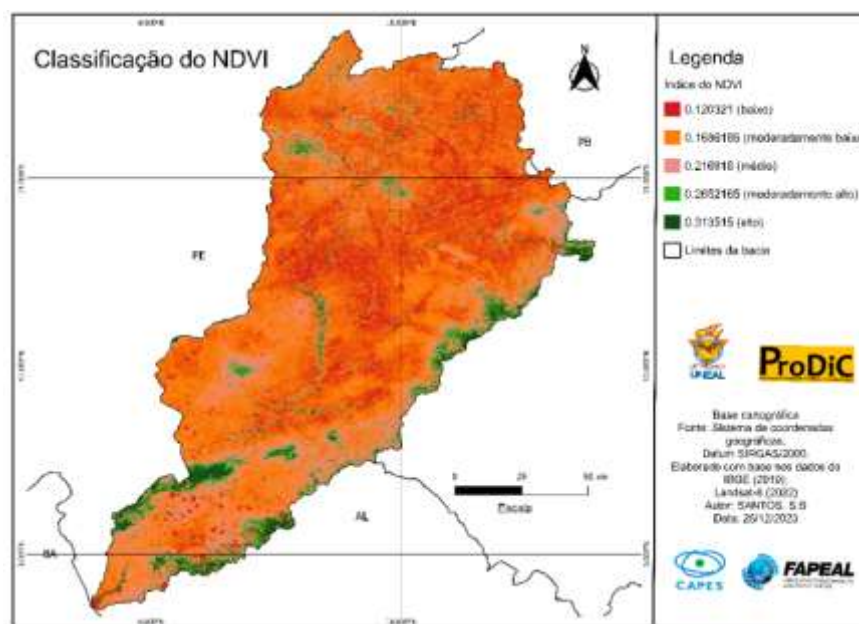
Tabela 1- Classificação do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (*NDVI*)

Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (<i>NDVI</i>)	Caracterização
-1 a 0,49	Nuvens e corpos hídricos
0,5 a 0,99	Solo exposto
0 a 0,49	Construção civil
0,5 a 0,99	Vegetação arbustiva ou em transição para vegetação arbórea
1	Vegetação arbórea

Fonte: Elaborado de acordo com Feitosa (2012) e Baptista (2019).

De acordo com a Figura 4, observa-se que na porção do alto e médio curso há uma grande área em tons vermelho e laranja, com os valores de 0.120321 e 0.1686195, respectivamente, indicando índices de vegetação de moderadamente baixo a baixo. Esses valores mostram que a vegetação nativa concentra-se principalmente junto aos canais principais de drenagem. Já no baixo curso, predominam as áreas mais verdes. Essa análise evidencia uma paisagem que sofreu transformações antrópicas. Essas alterações estão associadas à construção civil e à presença de solos expostos, resultantes da remoção da mata nativa e de sua substituição por atividades agropecuárias. Predominam, nesse contexto, áreas de caatinga arbustiva e capoeirão, destinadas principalmente a pastagens para criação de animais de grande porte (bovinos, equinos, suínos, ovinos e caprinos) e ao cultivo de culturas de subsistência e forrageiras, como feijão, milho e palma.

Figura 4- Mapa de classes de índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)



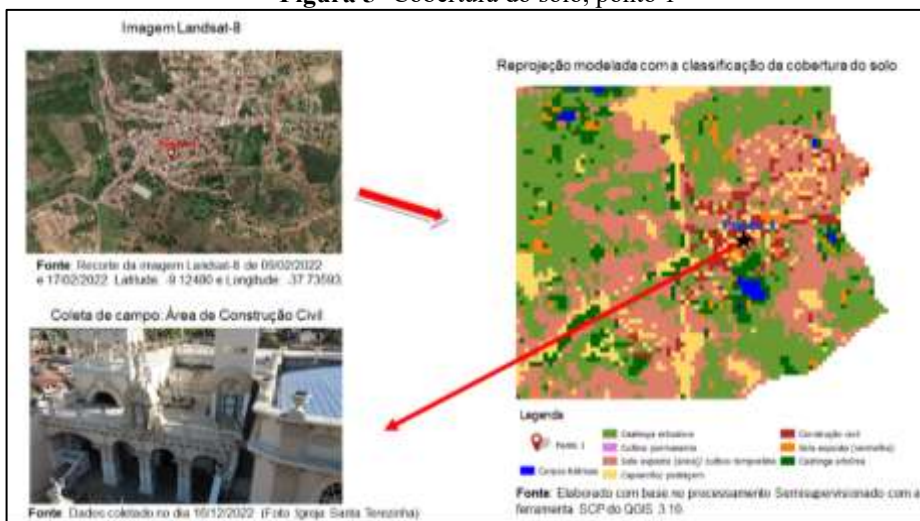
Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Acurácia dos dados de visita técnica e do sensoriamento remoto

Os primeiros pontos de coleta foram localizados no município de Mata Grande/AL, com base em dados gerados pelos satélites do SRTM e Landsat-8. Para validação desses dados processados em ambiente computacional, realizou-se uma visita técnica. A primeira coleta ocorreu em 16/12/2022 às 7h20min, no centro da cidade de Mata Grande/Al (ponto 1), em frente à igreja Santa Terezinha, cujas coordenadas geográficas são 09° 7' 13" de latitude sul, 37° 43' 53" de longitude oeste. Comparando os valores gerados pelo SRTM, observou-se que a altitude máxima estimada para o Ponto 1 foi de 630 metros, enquanto a medição em campo indicou uma altitude de 625, 79 metros, com uma margem de erro de 4, 21 metros.

Com base nos dados do satélite Landsat-8, verificou-se que o Ponto 1 (Figura 5) está situado em área de construção civil, com residências próximas a áreas de encostas. Também foram observadas áreas de pastagem, vegetação de caatinga arbustiva e caatinga arbórea, além de extensas áreas de capoeirão/pastagens, sendo constatado a presença de bovinos e equinos. A paisagem apresenta relevo forte ondulado a montanhoso, com afloramentos rochosos e trechos de solo exposto proveniente de queimadas.

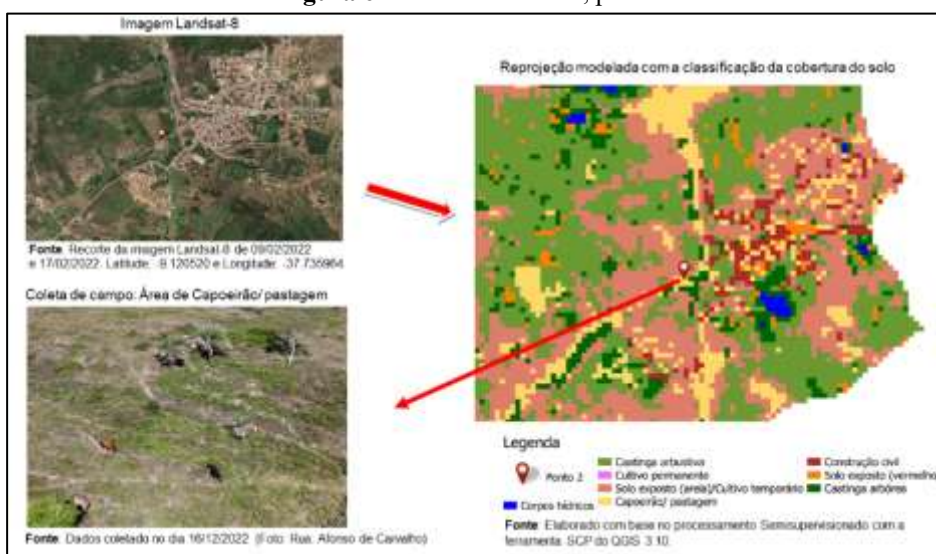
Figura 5- Cobertura do solo, ponto 1



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

A coleta de informações do ponto 2 ocorreu na área central do município de Mata Grande/AL, no final da Rua Afonso de carvalho, em frente a uma igreja abandonada, em direção à localidade do Sítio Gato. A visita foi realizada em 16/12/2022, às 7h50min, quando foram registradas as coordenadas geográficas: 09° 7' 13" de latitude sul e 37° 44' 9" de longitude oeste. De acordo com os dados gerados do SRTM, a altitude máxima para o local é de 590 metros, a medição em campo indicou 586, 11 metros, com uma margem de erro de 3, 89 metros. As imagens do satélite Landsat-8 indicam a presença de áreas de capoeirão/pastagens, com criação de bovinos e equinos, além de vegetação de caatinga arbustiva e arbórea, solo exposto e áreas de queimadas, relevo caracterizado como ondulado a forte ondulado (Figura 6).

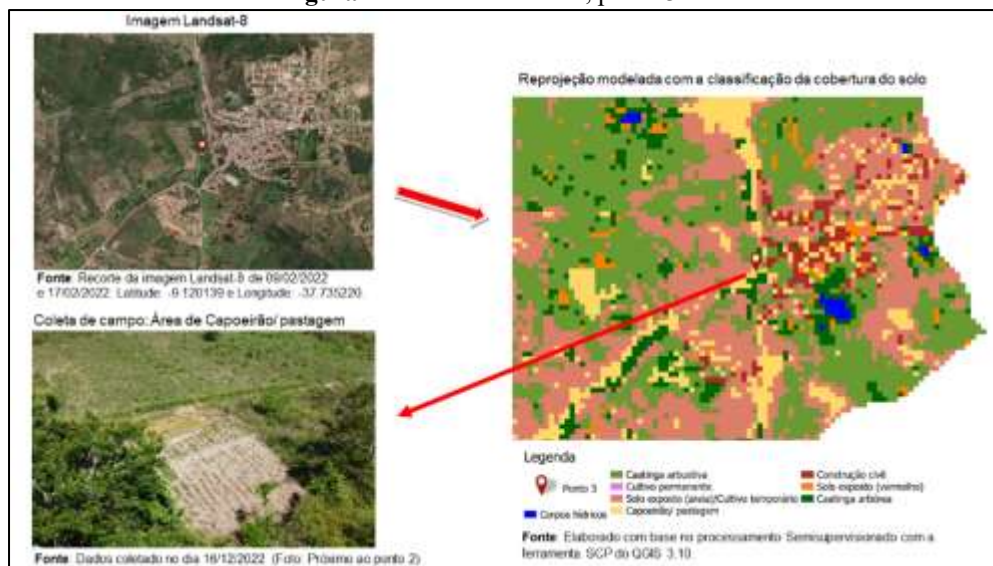
Figura 6- Cobertura do solo, ponto 2



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Os dados do ponto 3 (Figura 7) foram coletados em 16/12/2022 às 8h05min, próximo ao Ponto 2. As coordenadas geográficas 09° 7' 12" de latitude sul e 37° 44' 6" longitude oeste. De acordo com o SRTM, a altitude máxima para este local é de 600 metros, a medição em campo indicou 590, 28 metros, resultando em uma margem de erro de 9, 72 metros. Ainda, foi identificado um curso d'água intermitente de 1ª ordem.

Figura 7- Cobertura do solo, ponto 3

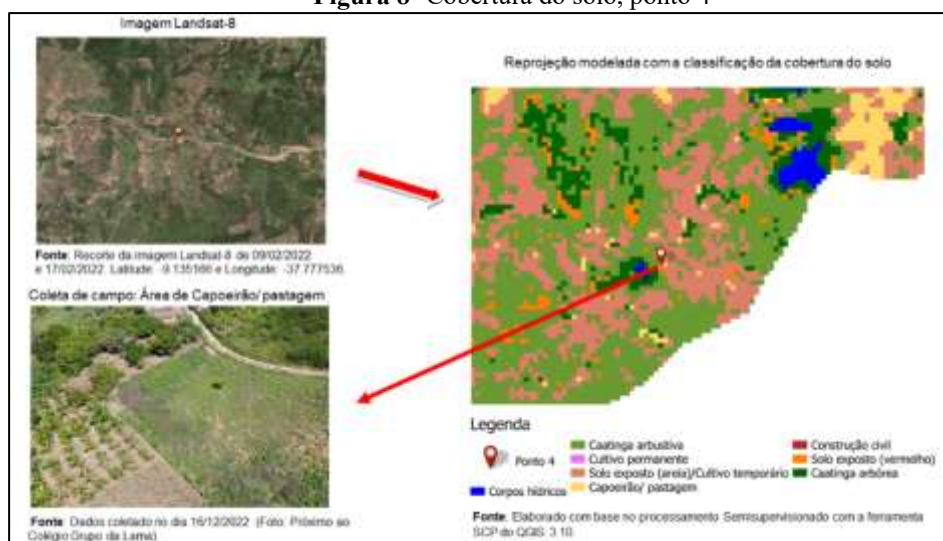


Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

A análise das imagens Landsat-8 indica a presença de áreas de solo exposto (areia)/cultivos temporários, além de trechos de capoeirão/pastagens, com um relevo de ondulado a forte ondulado, vegetação de caatinga arbustiva e arbórea, e zonas de construção civil. Destaca-se nesse ponto a presença do canal de drenagem Riacho da Salina, que apresenta pequeno fluxo de água e recebe despejo de esgoto das residências próximas. O leito do canal é coberto por gramíneas, com ocorrência de vegetação de caatinga arbustiva e bananeiras ao redor.

Ainda no município de Mata Grande/AL, o ponto 4 (Figura 8) foi registrado em 16/12/2022, às 8h40min, no povoado São Gonçalo, próximo ao colégio Grupo da Lama. As coordenadas geográficas são 09° 8' 6" de latitude sul 37° 46' 38" de longitude oeste. Segundo os dados do SRTM, a altitude máxima da área é de 660 metros, enquanto a medição em campo indicou 662, 51 metros, com margem de erro de 2, 51 metros. Neste ponto, também foi identificado um canal de drenagem intermitente de primeira ordem.

Figura 8- Cobertura do solo, ponto 4

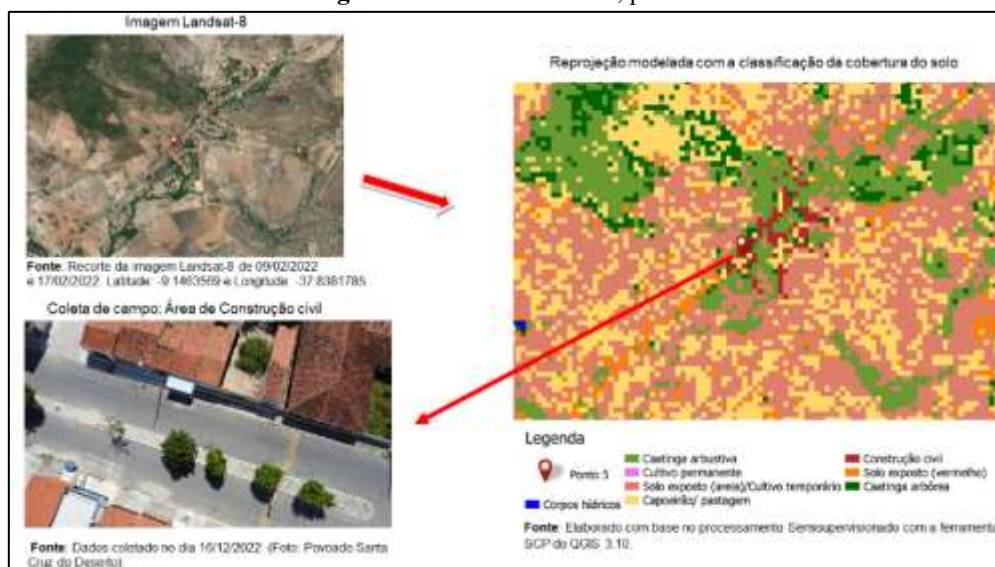


Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

A análise dos dados do satélite Landsat-8 para esta localidade indica solo exposto (areia)/cultivo temporário. Nas proximidades, foram identificadas áreas de caatinga arbórea e arbustiva, capoeirão/pastagens com presença de bovinos, locais de queimada que deixam o solo exposto, e áreas de afloramento rochoso. Além disso, na área de capoeirão/pastagens foram observados corpos hídricos, como pequenos açudes. O relevo desta região varia de ondulado a forte ondulado.

O ponto 5, último da visita em Mata Grande/AL, foi no povoado de Santa Cruz do Deserto (Figura 9), em uma pequena praça próxima à loja JG Móveis e Eletros. A coleta de dados ocorreu em 16/12/2022, às 9h15min, com coordenadas geográficas 09° 8' 43" de latitude sul e 37° 50' 13" de longitude oeste. Segundo dados do SRTM, a altitude máxima para esta área foi de 410 metros, enquanto a medição em campo indicou 406,35 metros, com uma margem de erro de 3,65 metros.

Figura 9- Cobertura do solo, ponto 5

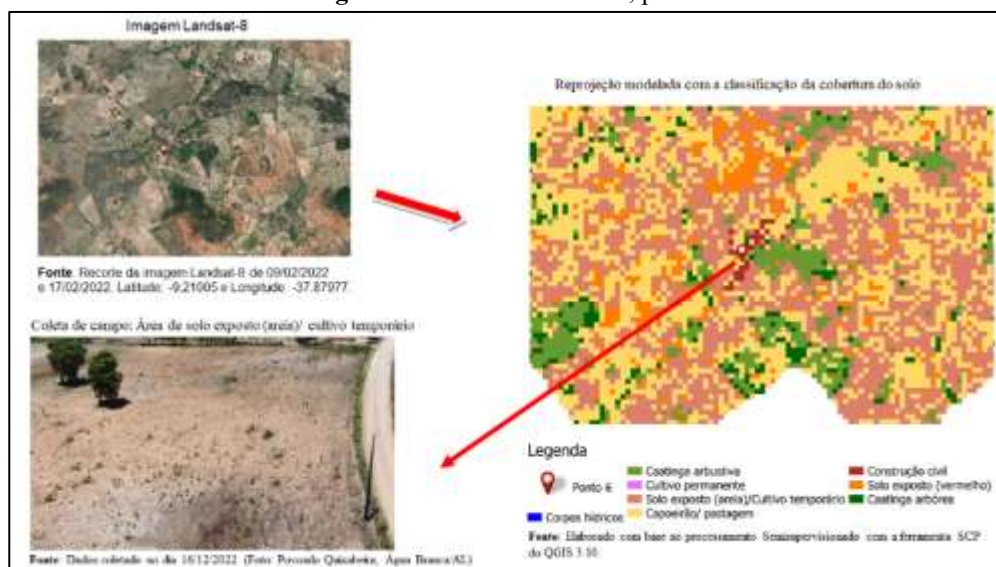


Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Com base das imagens do satélite Landsat-8 (Figura 9), foram identificadas áreas de construção civil, caatinga arbórea e coqueiros próximo a residências, além de caatinga arbustiva, capoeirão/pastagens com afloramento rochoso e relevo suave ondulado a ondulado. Também se observou áreas de solo exposto (areia)/cultivo temporário e solo exposto (vermelho), indicando forte degradação da cobertura natural do solo em razão das atividades agropecuárias. Destaca-se ainda o Riacho Santa Cruz, um curso d'água de segunda ordem, que recebe esgotos das residências próximas e apresenta sinais de poluição.

O segundo município visitado para coleta de informações foi Água Branca/AL. O sexto ponto (Figura 10) localiza-se no povoado Quixabeira, em uma pequena praça ao lado da Escola Santa Ana, com registros realizados em 16/12/2022 às 10h. As coordenadas geográficas foram 09° 11' 7" de latitude sul e 37° 52' 12" de longitude oeste. De acordo com os dados do SRTM, a altitude é de 410 metros, enquanto campo indicou 404, 08 metros, com margem de erro de 5, 92 metros. Nesta área, também se identificou um canal de drenagem de primeira ordem.

Figura 10- Cobertura do solo, ponto 6



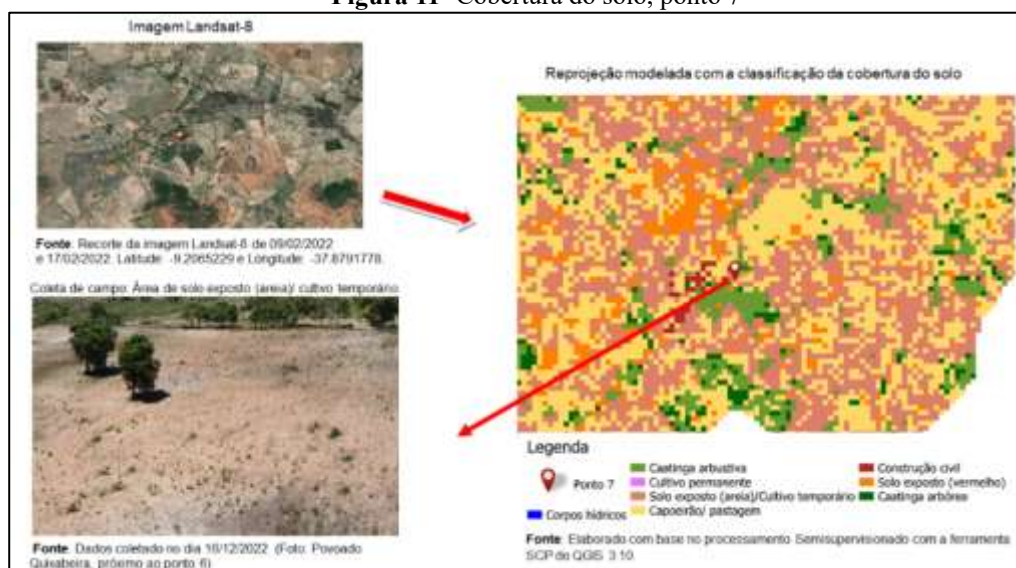
Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Para comparar as informações geradas pelo satélite Landsat-8, identificou-se predominância de áreas de solo exposto (areia, vermelho) /cultivo temporário com afloramento rochoso, áreas de caatinga arbórea e arbustiva, e áreas de capoeirão/pastagens, onde foi observada criação de bovinos, além de áreas de construção civil, conforme detectado nas imagens de satélite. O relevo dessa área varia de plano a suave ondulado, apresentando uma paisagem bastante dissecada.

O ponto 7 está localizado em uma estrada de terra próximo ao ponto 6, tendo sido coletado no dia 16/12/2022 às 10h45min. As coordenadas geográficas são 09° 11' 49" de latitude sul 37° 52' 51" de longitude oeste. A partir dos dados do SRTM, a altitude estimada para esta área é de 420 metros, enquanto a coleta em campo indicou uma altitude de 412, 29 metros, com margem de erro de 7, 71 metros.

Ao comparar com as imagens do satélite Landsat-8 (Figura 11), identificaram-se áreas de solo exposto (areia e vermelho) /cultivo temporários, além de extensas áreas de capoeirão/ pastagens. Foi observado a presença de animais (bovinos, ovinos, caprinos e equinos). Nas áreas de pastagens/capoeirão foi identificado, um pequeno açude e um canal de drenagem de 1ª ordem. A região apresenta predominância de caatinga arbustiva com afloramentos rochoso, além de pequenas áreas de caatinga arbórea. A paisagem é bastante dissecada e mostra interferências de ações antrópicas, na modificação da paisagem, principalmente na cobertura do solo destinadas áreas de pastagens. O relevo varia de plano a forte ondulado.

Figura 11- Cobertura do solo, ponto 7

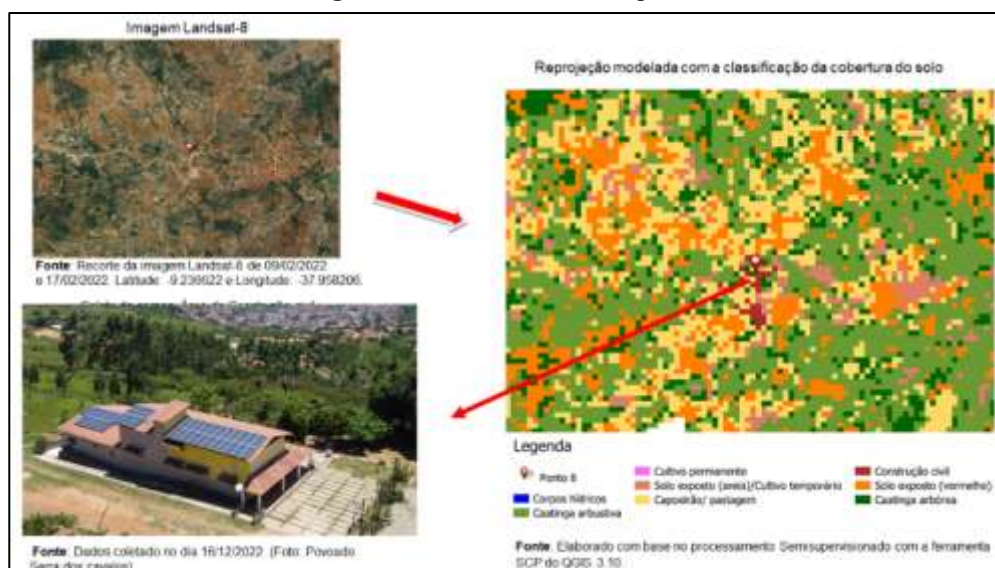


Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Em continuidade aos pontos da visita técnica no município de Água Branca/AL, foram identificadas as classes de uso e cobertura do solo, além das informações de altitude do terreno para o ponto 8, localizando no Povoado Serra dos Cavalos. As informações foram registradas em 16/12/2022 às 11h40min, com coordenadas de 09° 15' 0" latitude sul e 37° 56' 32" longitude oeste. Pelos dados do SRTM, a altitude foi estimada em 730 metros, enquanto a medição em campo indicou 725, 65 metros, com uma margem de erro de 4, 35 metros.

Com base nas informações do satélite Landsat-8, foi realizada uma comparação com as observações de em campo (Figura 12), tendo como referência uma torre telefônica e uma quadra de futebol abandonada. Identificaram-se áreas de construção civil, vegetação de caatinga arbórea e arbustiva, bem como extensões de capoeirão/pastagens. Nesta localidade, constatou-se apenas a criação de caprinos, e a presença de pequenos corpos hídricos, como açudes. Observou-se, ainda, uma predominância de solo exposto (areia e vermelho) /cultivo temporário, com destaque para o plantio da mandioca, milho e capim. A paisagem apresenta relevo ondulado a forte ondulado, incluindo áreas mais afastadas com indícios de queimadas.

Figura 12- Cobertura do solo, ponto 8

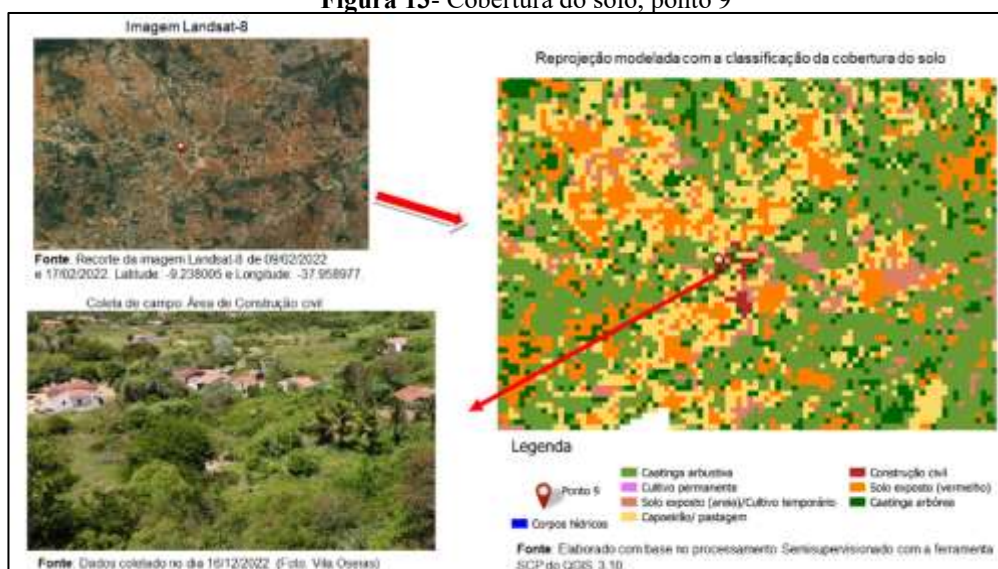


Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

A última amostragem em Água Branca/Al, ocorreu na Vila Oseias (próximo ao ponto 8). Assim, levantamento do ponto 9 (Figura 13) foi realizado em 16/12/2022 às 12h15min, registrando as coordenadas geográficas de 09° 14' 16" de latitude sul e 37° 57' 33" de longitude oeste. De acordo com os dados do SRTM, a altitude nessa área é de 720 metros, com a aferição em campo indicou 709, 91 metros, com uma margem de erro de 10, 9 metros.

Com as informações geradas pelo satélite Landsat-8, constatou-se no ponto 9 a presença de áreas de caatinga arbórea e arbustiva com afloramentos rochosos, além de zonas de construção civil e solo exposto (areia e vermelho) associado a cultivos temporários, principalmente de milho e mandioca. Nas áreas de capoeirão/pastagens foi observada a criação de caprinos e a existência de pequenos açudes. A paisagem local apresenta relevo que varia de suave ondulado a fortemente ondulado.

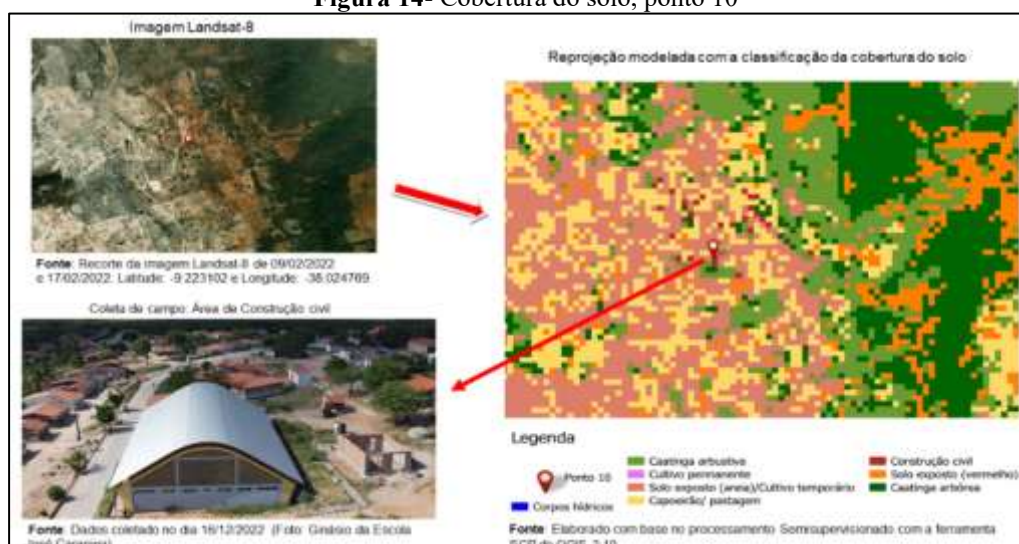
Figura 13- Cobertura do solo, ponto 9



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Os pontos 10, 11 e 12 foram levantados no município de Pariconha/AL, sendo o ponto 10 (Figura 14) registrado no dia 16/12/2022, às 14h35min, na zona rural, especificamente na aldeia indígena Geripancó, tendo como referência o ginásio da Escola José Carapina. As coordenadas geográficas anotadas foram 09° 13' 23" de latitude sul e 38° 1' 29" de longitude oeste. De acordo com os dados do SRTM, a altitude estimada foi de 410 metros, enquanto a medição em campo indicou 398 metros, com margem de erro de 12 metros. Além disso, identificou-se um canal de drenagem de 1ª ordem.

Figura 14- Cobertura do solo, ponto 10

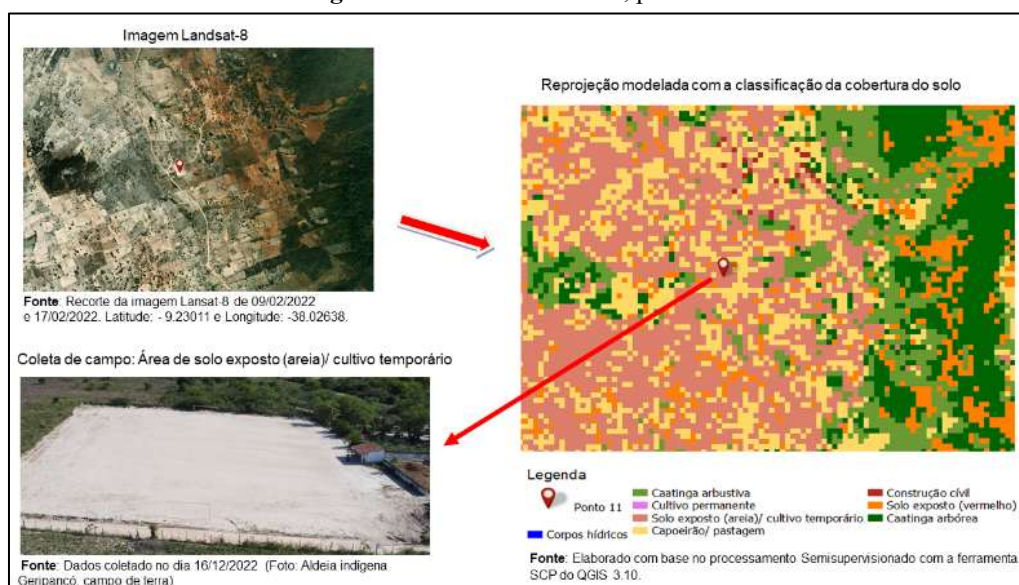


Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

No tocante a este ponto, realizou-se o levantamento de imagens para comparação com os dados gerados pelo satélite Landsat-8. Verificou-se (Figura 14) a presença de áreas de construção civil, caatinga arbórea e arbustiva, além de capoeirão/pastagens, onde foram identificados pequenos açudes e criação de caprinos. Destacam-se ainda as extensões de solo exposto (areia e vermelho) /cultivos temporários, como mandioca e palma, evidenciando áreas degradadas em uma paisagem bastante dissecada. O relevo local varia de suave ondulado a ondulado, com indícios de queimada nas proximidades do ponto de registro.

A coleta de informações do ponto 11 (Figura 15) também ocorreu na Aldeia Indígena Geripancó, tendo como ponto de referência um campo de futebol de terra (areia). A atividade foi realizada no dia 16/12/2022, às 15h20min, sendo registradas as coordenadas geográficas 09° 14' 48" de latitude sul e 38° 5' 39" de longitude oeste. De acordo com os dados do SRTM, a altitude para esta área foi de 390 metros, enquanto a medição em campo indicou uma altitude de 381,80 metros, apresentando uma margem de erro de 8, 2 metros.

Figura 15- Cobertura do solo, ponto 11

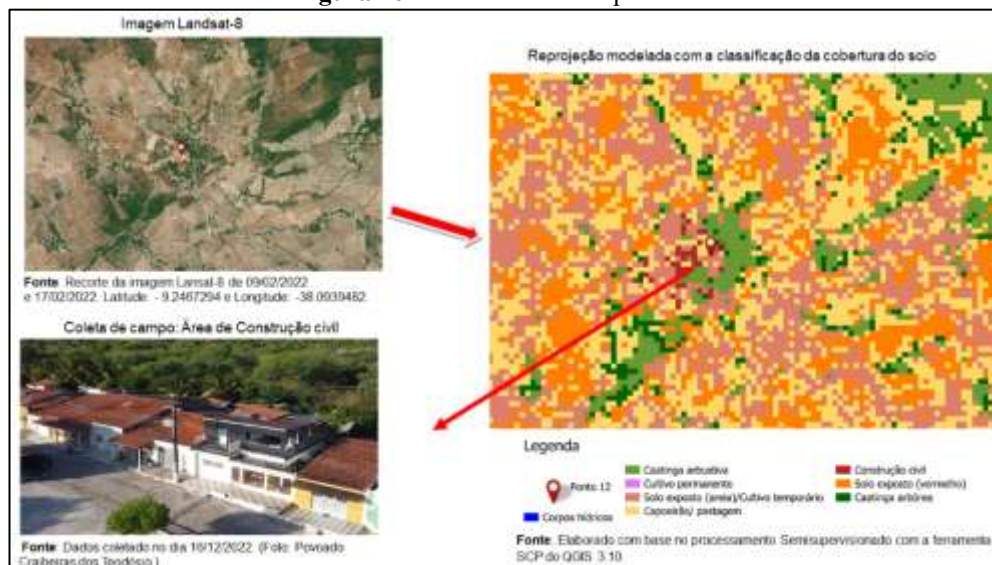


Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Contrastando com as informações de uso e cobertura do solo obtidas pelas imagens do satélite Landsat-8, identificam-se áreas de solo exposto (areia) e cultivo temporário, com destaque para plantações de mandioca. Nas áreas de capoeirão/pastagens, observa-se a criação de caprinos e muares, além de trechos recentemente queimados, que podem futuramente dar lugar a novas formações de capoeirão/pastagens. Também são perceptíveis áreas de caatinga arbustiva com presença de afloramentos rochosos. A paisagem desse ponto apresenta-se bastante dissecada, com relevo variando de suave ondulado a ondulado.

O último local de levantamento no município de Pariconha/AL foi o povoado Craibeiras dos Teodósio. Para o ponto 12 (Figura 16), os registros ocorreram no dia 16/12/2022, às 16h25min, tendo como ponto de referência a Igreja São José. Foram anotadas as coordenadas geográficas: 09° 14' 48" de latitude sul e 38° 5' 39" de longitude oeste. Os dados do SRTM indicaram uma altitude máxima de 310 metros, além da presença de um canal de drenagem de 1ª ordem próximo à área. A aferição em campo registrou altitude de 306,78 metros, com margem de erro de 3,22 metros.

Figura 16-Cobertura do solo ponto 12



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

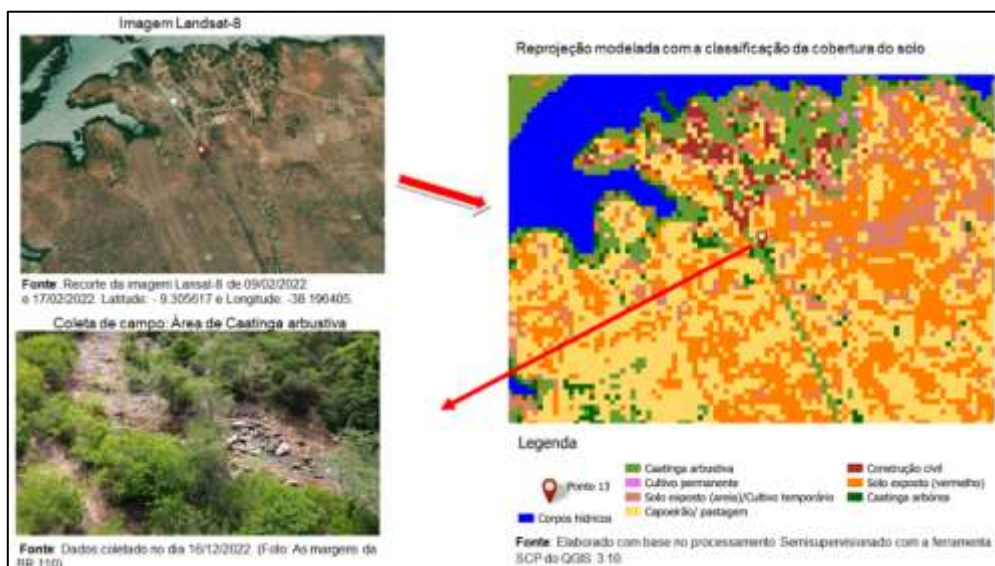
Validando as informações geradas pelo satélite Landsat-8, identificaram-se áreas de construção civil, caatinga arbustiva e arbórea, capoeirão/pastagens, solo exposto (areia e vermelho) /cultivo temporário. O relevo da área é classificado como suave ondulado a ondulado.

O último município da visita técnica foi Delmiro Gouveia/AL, contemplando os pontos 13, 14 e 15, todos localizados no povoado São Sebastião. O levantamento do ponto 13 ocorreu no dia 17/12/2022, às 8h00min, em uma pequena ponte na BR-110, próximo a um canal de drenagem de 2ª ordem com fluxo intermitente. Para este ponto, registrou-se a latitude sul de 9° 18' 55" e a longitude oeste de 38° 11' 56". Além do canal de drenagem identificado pelo SRTM, verificou-se uma altitude máxima de 270 metros, enquanto a aferição em campo indicou 260,3 metros, resultando em uma margem de erro de 9, 7 metros.

Com base nas informações geradas pelo satélite Landsat-8, realizou-se a comparação e identificação de áreas (Figura 17) de caatinga arbustiva e arbórea, capoeirão/pastagens e construção civil. Devido ao baixo fluxo de água, observou-se solo exposto (areia e vermelho) com afloramento rochoso no canal de

drenagem de segunda ordem. A área apresenta relevo plano, onde também foi identificado trecho do canal principal do Rio Moxotó. Ressalta-se que não foram identificadas áreas de cultivo temporário nem de criação de animais.

Figura 17- Cobertura do solo ponto 13

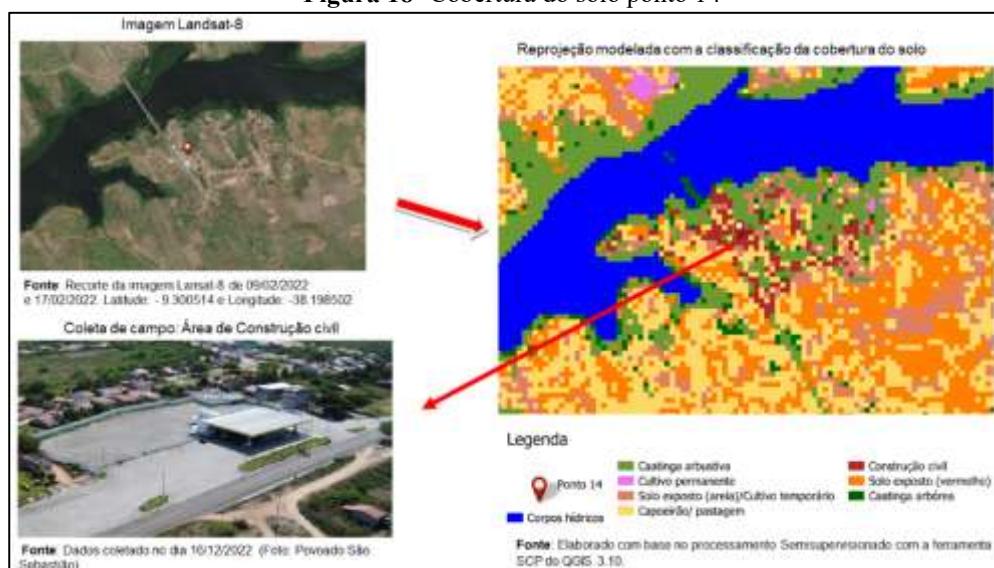


Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Em relação ao ponto 14 (Figura 18), as informações foram coletadas no dia 17/12/2022 às 08h40min, tendo como referência o pátio do posto de combustível Shell, às margens da BR 110. Os dados gerados pelo SRTM indicam altitude de 270 metros. No levantamento em campo, registraram-se as coordenadas 9° 18' 55" de latitude sul e 38° 11' 56" de longitude oeste, com altitude de 264,17 metros e margem de erro de 5,83 metros.

As imagens coletadas para comparação com as informações geradas pelo satélite Landsat-8 identificaram áreas de construção civil, capoeirão/pastagens, solo exposto (areia e vermelho), apresentando relevo de plano a suave ondulado, além de caatinga arbórea e arbustiva, bem como corpos hídricos referentes ao canal principal do Rio Moxotó.

Figura 18- Cobertura do solo ponto 14

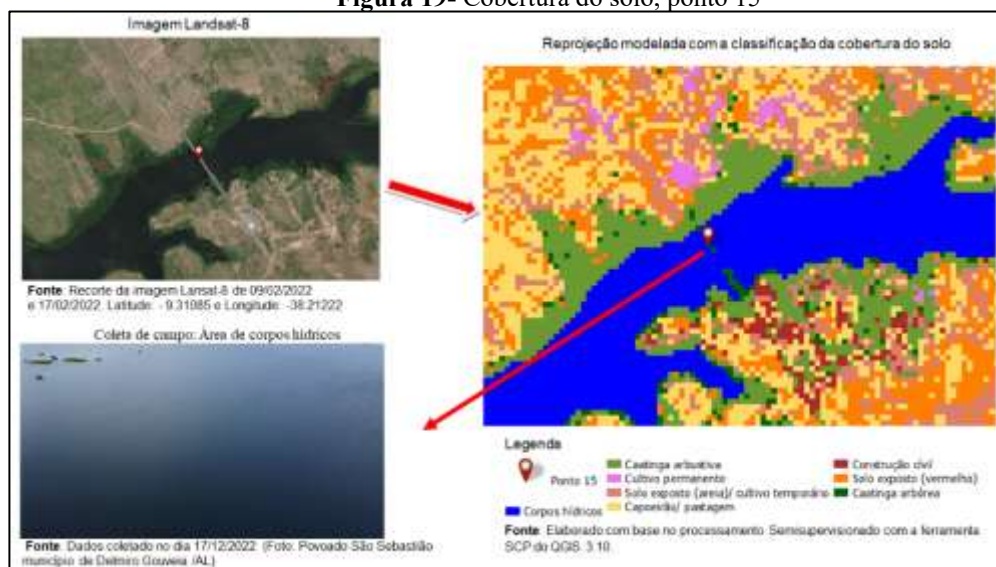


Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

O último ponto de coleta (15) foi sob a ponte da BR-110, que dá acesso ao município de Jatobá/PE, inserido na bacia hidrográfica do Rio Moxotó. A coleta ocorreu em 17/12/2022, às 09h08min, sendo as coordenadas geográficas 09° 17' 46" de latitude sul e 38° 12' 05" de longitude oeste. A altitude gerada a partir dos dados do SRTM foi de 250 metros, enquanto a aferição em campo indicou 242,86 metros, com margem de erro de 7, 14 metros.

As imagens coletadas (Figura 19), para comparação com os dados de uso e cobertura do solo gerados pelo satélite Landsat-8, identificaram áreas de vegetação de mata ciliar, caatinga arbórea (diferente da caatinga arbustiva mostrada pelo satélite), extensa área de corpos hídricos referentes ao canal principal no baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Moxotó, além de áreas de caatinga arbustiva e capoeirão/pastagens. Com o alcance proporcionado pelo drone, foi possível identificar áreas de cultivo permanente, como o coqueiro-da-baía no município de Jatobá/PE, e áreas de solo exposto (areia e vermelho), apresentando relevo plano.

Figura 19- Cobertura do solo, ponto 15



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, conclui-se que as tecnologias dos sensores remotos do SRTM (Embrapa) e do Landsat-8 são eficazes para análises morfológicas e diagnósticos das condições naturais de ambientes, como a bacia hidrográfica no Semiárido.

A partir da modelagem de dados do SRTM, foi constatada a variação altimétrica por meio das curvas de nível, apresentando a menor altitude de 227 metros e a maior de 1.075 metros. A altitude média é de 700 metros, resultando em uma diferença altimétrica de 810 metros entre os pontos máximo e mínimo em relação ao nível do mar.

As informações sobre a cobertura e uso do solo, obtidas a partir do processamento das imagens do satélite Landsat-8, constituíram um importante indicador da degradação ambiental causada pelas ações antrópicas. Na área da bacia, 71,11% das terras apresentaram solo exposto, pastagens e capoeirão, o que gera um desequilíbrio ambiental nesse sistema (inputs e outputs). Esse resultado evidencia a influência significativa das ações humanas indiscriminadas na dinâmica ecossistêmica, especialmente na cobertura vegetal natural da bacia do Moxotó, principalmente devido às atividades agropecuárias.

Na visita técnica, pôde-se constatar a precisão das informações geradas pelos satélites SRTM e Landsat-8, como a localização dos canais da rede de drenagem, a variável altitude e a identificação das coberturas e usos do solo. Essas informações mostraram-se compatíveis entre a coleta de campo e os dados processados em ambiente computacional a partir das imagens de sensoriamento remoto, corroborando os

resultados deste estudo. As diferenças observadas nos valores de altitude podem estar relacionadas à margem de erro admitida nas imagens de satélite, que, neste caso, é de aproximadamente 1,5% para cada 30 metros.

Os resultados observados neste estudo podem contribuir para futuros diagnósticos sobre as áreas úmidas e o uso do solo no Semiárido, com o objetivo de minimizar os impactos sobre os recursos naturais desses ambientes, que são, como se sabe, bastante escassos, especialmente em períodos de estiagem prolongada. Destacam-se as ações antrópicas, principalmente as decorrentes de atividades humanas desordenadas, como a agropecuária, que, associada ao desmatamento, pode ser responsável pela expansão de áreas degradadas e inaproveitáveis, conduzindo até mesmo à desertificação e à perda da capacidade produtiva das terras no Semiárido.

Por fim, esses resultados podem contribuir para futuros diagnósticos sobre as causas e consequências do uso do solo no Semiárido, com o objetivo de minimizar os impactos sobre os recursos naturais desses ambientes, que são naturalmente escassos, especialmente em períodos de estiagem prolongada. Tais impactos podem levar à desertificação, à perda da capacidade produtiva das terras e ao empobrecimento da matéria orgânica nas áreas com solo exposto devido à falta de cobertura vegetal.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual de Alagoas (UNEAL), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, J. R. et al. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados e sensores remotos**. IBGE, Rio de Janeiro, 91p, 2006.

BAPTISTA, G. M. M. **Sensoriamento remoto hiperespectral**, Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2019.

BITENCOURT, M. D. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento**. São Paulo: USP, 2007.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Diagnostico dos municípios**. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/>. Acesso em março e maio de 2022.

CHRISTORFOLETTI, A. **Geomorfologia**. – 2ª ed. – São Paulo: Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETT, **Modelagem de Sistemas Ambientais**. Editora Edgard Blücher, São Paulo, 1999, 236p.

EMBRAPA - **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Sistema Brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 306p, 2006.

FEITOSA, A.; SANTOS, B dos.; ARAÚJO, M, do S, B, de. **Caracterização Morfométrica e identificação de Áreas Susceptíveis a Erosão na Bacia do Rio Pajeú, PE: o Estudo de Caso da Bacia do Rio Pajeú/PE**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 04, n. 4, p. 820-836, dez. 2011.

FEITOSA, A. - **Zoneamento de pequenas bacias hidrográficas e caracterização de várzeas na Bacia do Pajeú, Pernambuco**. Recife, 2012. 139 f. Tese (doutorado) - UFPE, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-graduação em Geografia. Recife, 2012.

FEITOSA, A. – **Classificação dos eventos extremos de precipitação e suas ocorrências no período outono-inverno num município da Zona da Mata, Pernambuco**. Revista Ambientale, Alagoas, 2013.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de textos, 97p, 2002.

LORENZETTI, J.A. **Princípios Físicos de Sensoriamento Remoto**. São Paulo. Bluecher. 2015. 293p.
MENESES, P.R. *et.al*. **Reflectância dos Materiais Terrestres: Análise e Interpretação**. Editora Oficina de Textos, 219. 336p.

SANTOS, S. B. dos. **Uso de dados de sensoriamento remoto no estudo geoambiental: um estudo de caso na caracterização socioambiental na bacia do Rio Moxotó**. 2023. 130 f. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas Territoriais e Cultura) – Universidade Estadual de Alagoas, Arapiraca, 2023.

SILVA, M. P. S.; Câmara, G.; Escada, M. I. S.; Souza, R. C. M. **Remote Sensing image mining: detecting agents of land-use change in tropical forest areas**. International Journal of Remote Sensing, v.29, n.16, p. 4803-4822, 2008. 20

SCHOWENGERDT, R. A. **Remote Sensing Models and Methods for Image Processing**. 3a ed., Elsevier, 2007.

TULLIO, L. **Aplicações e Princípios de Sensoriamento Remoto**. Ponta Grossa: Atena, 2019.
Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2018/10/E-bookAplica-do-Sensoriamento-Remoto-1.pdf> (PDF disponível no Moodle).

ZANOTTA, C. D. et. al. **Processamento de imagens de satélite**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.