

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

RICHELY DA SILVA LIMA

**DINÂMICA DA COBERTURA DA TERRA (2016-2023): UM ESTUDO NO PARQUE
NATURAL MUNICIPAL MATA DO FRIO E SEU ENTORNO, PAULISTA-PE**

RECIFE – PE

2023

RICHELY DA SILVA LIMA

**DINÂMICA DA COBERTURA DA TERRA (2016-2023): UM ESTUDO NO PARQUE
NATURAL MUNICIPAL MATA DO FRIO E SEU ENTORNO, PAULISTA-PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Everaldo Marques de Lima Neto

Coorientador: Prof. Dr. Emanuel Araújo Silva

RECIFE – PE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L732d

Lima, Richely da Silva

Dinâmica da cobertura da terra (2016-2023): um estudo no Parque Natural Municipal Mata do Frio e seu entorno, Paulista-PE / Richely da Silva Lima. - 2023.
49 f. : il.

Orientador: Everaldo Marques de Lima Neto.

Coorientador: Emanuel Araujo Silva.

Inclui referências e apêndice(s).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia Florestal, Recife, 2023.

1. Unidade de conservação. 2. Sensoriamento remoto. 3. Uso e ocupação da terra. I. Neto, Everaldo Marques de Lima, orient. II. Silva, Emanuel Araujo, coorient. III. Título

CDD 634.9

RICHELY DA SILVA LIMA

**DINÂMICA DA COBERTURA DA TERRA (2016-2023): UM ESTUDO NO PARQUE
NATURAL MUNICIPAL MATA DO FRIO E SEU ENTORNO, PAULISTA-PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Aprovada em: 18/09/2023

Banca Examinadora

Prof. Dr. Everaldo Marques de Lima Neto - UFRPE

Orientador

Me. Erika Rayra Lima Nonato – UFRPE

Examinador

Me. Nélio Domingos da Silva – UFRPE

Examinador

AGRADECIMENTO

Agradeço profundamente a Deus por me proporcionar as condições e a força necessárias para alcançar este momento. Expresso minha imensa gratidão à minha amada família, cujo apoio tem sido um pilar inabalável, e ao meu namorado e amigos, que estiveram me oferecendo suporte e incentivo.

Quero estender meus sinceros agradecimentos ao Professor Everaldo Neto por gentilmente aceitar o papel de orientador em minha jornada e por oferecer um suporte incansável. Ao Professor Emanuel Araújo, minha gratidão pela valiosa assistência e por concordar em ser meu coorientador.

Por último, mas não menos importante, agradeço a todos aqueles que, de maneira direta ou indireta, estiveram ao meu lado, fornecendo apoio, encorajamento e inspiração ao longo desse percurso.

RESUMO

As Unidades de Conservação (UC) no Brasil são utilizadas como ferramentas para o aumento da preservação ambiental e dos ecossistemas. Porém, sem a devida fiscalização e gestão essas tornam alvos de degradação e crimes ambientais, em destaque aquelas unidades presentes no meio urbano, que acabam por sofrer pressão antrópica. Levando em consideração as denúncias realizadas de desmatamentos ocorridos dentro do Parque Natural Municipal Mata do Frio em Paulista – PE, este estudo teve como objetivo analisar o uso e cobertura da terra dessa unidade de conservação por meio de técnicas de sensoriamento remoto, utilizando-se o Índice de Vegetação Normalizada (NDVI) para avaliar a área em um intervalo de 7 anos a partir de imagens oriundas do Satélite Planet. Para isso, foram utilizados recortes da área de estudo dos anos de 2016 e 2023, assim como foi gerado um buffer de 1 km para avaliar a área de influência. Com as imagens recortadas foi aplicado o cálculo do NDVI, e as classes foram reclassificadas de acordo com os seus valores em água, solo exposto, área antropizada, vegetação rasteira e vegetação densa. Além disso, as imagens dos anos estudados foram correlacionadas para verificar as mudanças de cobertura da terra. A partir deste estudo, verificou-se um aumento da vegetação densa na UC, saindo de 26,72% para 65,81%, além de uma redução nas áreas antropizadas de 3,33% para 1,89% da área total. Observou-se a conversão de áreas de ocupação antrópica em vegetação rasteira e vegetação densa, sendo 4,74% e 0,28%, respectivamente. Apesar destes dados positivos, observou-se o desmatamento de 1,17 ha (5,70% da área de vegetação). Em relação a área do entorno, verificou-se um aumento na área antropizada de 33,17% para 47,12% devido a expansão urbana, sendo parte dessa área antropizada reflexo de desmatamento de 67,41 ha de vegetação rasteira. Para validação da acurácia dos dados obtidos, foi utilizado o índice *kappa*, que apresentou valores acima de 80% (muito boa) para as imagens de 2016, e acima de 90% (excelente) para as imagens de 2023. Os resultados do estudo permitiram verificar que as degradações ambientais ocorridas na UC em questão não foram expressivas, mas puderam ser observadas, implicando na necessidade do aumento das fiscalizações e práticas de educação ambiental com a comunidade, além da realização do plano de manejo da unidade e a delimitação da sua zona de amortecimento, visto que há pressão antrópica na área circundante do Parque.

Palavras-chave: Unidade de conservação; Sensoriamento remoto; Uso e ocupação da terra.

ABSTRACT

The Conservation Units (UC) in Brazil are used as tools for increasing environmental preservation and ecosystem protection. However, without proper monitoring and management, they become targets for degradation and environmental crimes, particularly those units located in urban areas, which are subject to anthropogenic pressure. Taking into consideration the reported cases of deforestation within the Municipal Natural Park Mata do Frio in Paulista – PE, this study aimed to analyze the land use and land cover of this conservation unit using remote sensing techniques, specifically the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), to assess changes over a 7-year interval based on satellite images from the Planet Satellite. To achieve this, study area cutouts from the years 2016 and 2023 were utilized, and a 1 km buffer was generated to assess the influence area. The NDVI calculation was applied to the cutout images, and the classes were reclassified based on their values into water, exposed soil, anthropized areas, low vegetation, and dense vegetation. Additionally, images from the studied years were correlated to identify changes in land cover. The study revealed an increase in dense vegetation within the UC, rising from 26.72% to 65.81%, along with a reduction in anthropized areas from 3.33% to 1.89% of the total area. Conversion of anthropogenic areas into low and dense vegetation was observed, accounting for 4.74% and 0.28%, respectively. Despite these positive findings, deforestation of 1.17 ha (5.70% of vegetation area) was noted. Concerning the surrounding area, there was an increase in anthropized areas from 33.17% to 47.12% due to urban expansion, with part of this anthropized area resulting from the deforestation of 67.41 ha of low vegetation. To validate the accuracy of the obtained data, the kappa index was used, showing values above 80% (very good) for the 2016 images and above 90% (excellent) for the 2023 images. The study results indicated that the environmental degradations in the specific UC were not significant but were noticeable, highlighting the need for increased monitoring, environmental education practices with the community, implementation of the unit's management plan, and the delineation of its buffer zone, given the anthropogenic pressure in the surrounding area of the Park.

Keywords: Conservation unit; Remote sensing; Land use and land cover.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de localização do Parque Natural Municipal Mata do Frio em Paulista-PE..	20
Figura 2	- Fluxograma metodológico para análise da classificação de uso e cobertura da terra no Parque Municipal Mata do Frio, Paulista-PE	22
Figura 3	- Mapa comparativo de cobertura da terra no Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista-PE	29
Figura 4	- Percentual das classes de cobertura encontradas no Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista -PE.....	30
Figura 5	- Mapa de mudança de cobertura da vegetação no Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista-PE entre 2016 e 2023	31
Figura 6	- Mapa comparativo de cobertura do solo no entorno do Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista-PE.....	34
Figura 7	- Gráfico percentual das classes de cobertura encontradas no entorno do Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista-PE	35
Figura 8	- Mapa de mudança de cobertura do solo para solo exposto e área antropizada na área do entorno do Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista – PE entre 2016 e 2023	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes de cobertura definidas e seus significados	26
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Bandas utilizadas na geração do NDVI	24
Tabela 2 - Distribuição dos valores NDVI em classes.....	24
Tabela 3 - Intervalos e qualidade do mapa de acordo com o Índice <i>Kappa</i>	25
Tabela 4 - Classificação da qualidade da classificação das imagens	28
Tabela 5 - Classes de ocupação do solo convertidas no Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista-PE	32
Tabela 6 - Classes de ocupação do solo convertidas no entorno do Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista - PE.....	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo geral	13
2.2	Objetivos específicos	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	Unidades de conservação	14
3.1.1	Parque municipal	15
3.2	Geotecnologias e suas aplicações	16
3.3	Uso e ocupação da terra	18
3.4	Índices de vegetação	18
4	MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1	Caracterização da área	20
4.2	Procedimentos metodológicos	21
4.3	Base de dados	22
4.4	Pré-processamento das imagens e cálculo do índice de vegetação	23
4.4.1	Distribuição de classes	24
4.4.2	Classificação supervisionada e acurácia (<i>kappa</i>)	25
4.5	Análise das mudanças de cobertura do solo	25
4.6	Determinação do percentual das classes	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1	Acurácia das classificações	28
5.2	Classificação da cobertura e uso da terra	28
5.3	Análise de uso e cobertura da terra no Entorno da Mata do Frio	33
6	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	40
	APÊNDICE A – MATRIZ DE CONFUSÃO	48

1 INTRODUÇÃO

As unidades de conservação (UCs) podem ser entendidas como instrumentos utilizados para a conservação da natureza, e que possuem o objetivo de garantir a sobrevivência dos seres vivos e preservar a diversidade biológica e cultural, sendo no Brasil essas unidades regidas pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 (Brasil, 2000).

Todavia, as UCs têm sido alvo de degradação ambiental de acordo com alguns estudos publicados. Um levantamento realizado pelo Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon) na região da Amazônia Legal evidenciou um aumento no desmatamento das unidades de conservação estaduais, que passou de 690 km² em 2021 para 746 km² de florestas devastadas em 2022 (Imazon, 2023).

Em UCs localizadas dentro de perímetros urbanos a degradação ambiental também é um problema encontrado. Um estudo florístico realizado por Silva, E. *et al.* (2022) evidenciou a presença de espécies típicas de áreas antrópicas dentro de uma floresta urbana no município de São Luís – MA, as quais são indicadoras de degradação ambiental.

Uma pesquisa sobre supressão e fragilidade de remanescentes florestais realizada por Lopes *et al.* (2022) em uma Área de Proteção Ambiental (APA) no estado de Alagoas, indicou que entre 2011 e 2020 houve a extinção de 18 fragmentos devido as atividades de queimadas e desmatamentos realizadas ilegalmente.

Além de utilizar dados de vegetação como parâmetro de degradação ambiental, outros fatores também podem ser considerados. Dessa forma, outro exemplo de degradação ambiental pode ser visualizado na pesquisa de Conceição *et al.* (2021), que ao analisar uma lagoa dentro da área verde de um Parque Ambiental no município de Paragominas-PA encontrou uma coloração verde translúcida e uma alta taxa de matéria orgânica e alóctones, além de uma margem com composição vegetal reduzida, indicando um elevado grau de poluição, promovido pelo meio antrópico.

Uma das principais ameaças à manutenção das unidades de conservação (UCs) é a expansão territorial e a ocupação humana nos centros urbanos. Segundo Bustamante e Metzger (2019), o histórico padrão de ocupação das áreas urbanas tem provocado um aumento na conversão de regiões verdes em áreas de construção e infraestrutura, assim como a alteração dos rios em vias urbanas.

Uma das categorias de unidade de conservação que estão inseridas próximas dos centros urbanos são os Parques, que estão dentro do grupo de proteção integral. Em Pernambuco, a categoria Parque Municipal descrita na Lei Estadual Nº 13.787 de 8 de junho de 2009, diz que

esta categoria tem como objetivo preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais (Pernambuco, 2009).

Como forma de monitorar as pressões exercidas sob as unidades de conservação, o uso do sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas (SIG) são facilitadores no estudo de uso e ocupação do solo para a análise de mudanças na paisagem, principalmente com a utilização dos índices de vegetação (Freire *et al.*, 2020).

Segundo Almeida *et al.* (2016), as imagens de satélite estão se tornando cada vez mais presentes em estudos realizados em diversos campos do conhecimento, mas principalmente em estudos que envolvem análise de impactos ambientais relacionados ao uso e cobertura do solo.

Apesar da categoria Parque Municipal fazer parte do grupo de proteção integral, o que implica uma conservação ambiental mais rígida, há indícios que o Parque Natural Municipal Mata do Frio localizado em Paulista, estado de Pernambuco (Paulista, 2015) pode estar sendo alvo de desmatamentos, queimadas, e construções irregulares no interior do parque de acordo com denúncias que estão sendo recebidas pela promotoria da cidade (Paulista [...], 2022). Logo, supõe-se que é possível visualizar a mudança de cobertura da terra ocorrida na paisagem do parque, o que evidenciaria as denúncias realizadas.

Tendo em vista o pressuposto, esta pesquisa teve como objetivo realizar uma análise espaço-temporal da cobertura da terra no Parque Natural Municipal Mata do Frio com o intuito de identificar e avaliar as mudanças ocorridas nessa área no período de 7 anos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar as mudanças ocorridas na cobertura e uso da terra no Parque Natural Municipal Mata do Frio em Paulista – PE e seu entorno em um período de 7 anos, a fim de verificar a ocorrência de degradação ambiental na paisagem.

2.2 Objetivos específicos

- a) Aplicar índice de vegetação (NDVI) por meio de sensoriamento remoto para analisar a vegetação na área estudada;
- b) Classificar a cobertura e uso da terra nos anos de 2016 e 2023 na área estudada;
- c) Determinar o percentual de cobertura vegetal nos diferentes períodos analisados no Parque Municipal estudado;
- d) Determinar a acurácia do mapeamento realizado da área de estudo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Unidades de conservação

Ao longo da história, o Brasil tem demonstrado uma preocupação constante com a preservação da biodiversidade, evidenciando esse compromisso por meio de sua participação ativa em reuniões globais, como as Conferências das Partes (COP), sendo a última realizada a COP27 (Arruda, 2022). Além disso, o país estabeleceu metas sólidas de preservação e conservação, o que reflete seu engajamento com a proteção do meio ambiente.

Essa dedicação é evidenciada pelas metas nacionais definidas pelo Governo Brasileiro em resposta à Convenção de Diversidade Biológica, conforme delimitado na Resolução CONABIO nº 06, de 03 de setembro de 2013. Entre essas metas, estava a preservação de 17% de todas as áreas dos diversos biomas, 30% para a região Amazônica e 10% para os ecossistemas marinhos até o ano de 2020 (Brasil, 2013).

No Brasil, a criação de unidades de conservação tem sido considerada a principal ferramenta estratégica para preservar a biodiversidade e conter o ritmo acelerado de alterações na paisagem (Foli; Faria, 2020). Atualmente, o país possui cerca de 334 unidades de conservação federais, e cerca de 17% de todo seu território nacional protegidos pelas UCs estaduais e municipais (ICMBio, 2021).

As unidades de conservação (UCs) exercem um papel importante na preservação e conservação dos recursos naturais, bem como na manutenção dos serviços ecossistêmicos (Brasil, 2000). No Brasil, as UCs são regulamentadas pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 que estabelece o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), um sistema que alcançou reconhecimento internacional devido ao fato de que, além de abranger uma parcela das áreas protegidas já previstas na legislação brasileira, possibilitou a criação de novas categorias de unidades de conservação (Leuzinger; Santana; Souza, 2018).

No SNUC, as unidades de conservação são divididas em dois grupos principais, as de uso sustentável e de proteção integral, as quais se distinguem pelo nível de restrição de uso, sendo o grupo de proteção integral mais restrito, o qual tem como objetivo principal a preservação da natureza, admitindo apenas o uso indireto dos seus recursos (BRASIL, 2000).

As unidades pertencentes ao grupo de proteção integral são cinco: estação ecológica, reserva biológica, parque nacional, monumento natural e refúgio de vida silvestre (Brasil, 2000). Cada uma dessas categorias desempenha um papel específico na proteção e preservação

dos ecossistemas e da biodiversidade, e possui seus objetivos individuais bem definidos na lei, bem como suas características principais.

Referente à administração das unidades de conservação, as unidades federais são de responsabilidade do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), enquanto as unidades estaduais e municipais são administradas pelos estados e municípios segundo os seus sistemas de unidades de conservação (Brasil, 2000). A exemplo, em Pernambuco as unidades de conservação além de serem regidas pela Lei nº 9.985/2000, elas também são reguladas pela Lei Nº 13.787, de 8 de junho de 2009, que institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC) (Pernambuco, 2009).

3.1.1 Parque municipal

Os parques atualmente estão sendo bastante conhecidos pela sua capacidade de visitação. Uma das contribuições importantes da categoria parque, além da preservação de ecossistemas, é a possibilidade de realização de turismo pedagógico. Os parques têm sido alvo principalmente de visitas de grupos escolares e turmas acadêmicas, o que contribui com a disseminação da educação ambiental e se torna uma ferramenta preciosa. Em Pernambuco, o Parque Nacional do Vale do Catimbau tem sido visitado anualmente por sua beleza cênica, o que promove resultados positivos na região, passando a ser uma atividade econômica (Silva; Pires, 2016).

O parque municipal é uma importante unidade de conservação, equiparada ao parque nacional. De acordo com o Artigo 11, Inciso 4º da Lei 9.985/2000, que aborda a categoria de parques nacionais, as unidades criadas pelo Estado ou pelo Município recebem as denominações de Parque Estadual e Parque Municipal, respectivamente (Brasil, 2000).

Assim sendo, ainda de acordo com o artigo supracitado, o objetivo do Parque Municipal é “a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, proporcionando a realização de pesquisas científicas, o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação em contato com a natureza e turismo ecológico” (Brasil, 2000).

Conforme o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), esta categoria pertence ao domínio público e as áreas privadas localizadas dentro do parque devem ser desapropriadas. Além disso, a visitação está sujeita às normas e restrições estabelecidas pelo plano de manejo (Brasil, 2000).

Para além dos objetivos primordiais dos parques urbanos, é possível compreender a sua relevância no contexto do aumento da qualidade de vida através de pesquisas voltadas à percepção ambiental. Conforme evidenciado por Barbosa *et al.* (2021) em sua investigação acerca do Parque da Jaqueira, o qual se trata de uma unidade de conservação localizada no município do Recife em Pernambuco, as entrevistas realizadas com os frequentadores do parque revelaram distintas interpretações da natureza e das Unidades de Conservação, mas apesar disso houve uma concordância em reconhecer a importância dessas áreas na proteção ambiental e na influência positiva sobre a qualidade de vida da comunidade, bem como na preservação do meio ambiente.

3.2 Geotecnologias e suas aplicações

A utilização de geotecnologias em análises ambientais tem sido visualizada em pesquisas realizadas em diversas temáticas, e entre elas no monitoramento de Unidades de Conservação (UCs), a fim de auxiliar na fiscalização, planejamento, diagnóstico ambiental e outros objetivos (Reis; Costa, 2017).

O uso das geotecnologias permite a avaliação de impactos ambientais em áreas protegidas, e isso foi demonstrado no estudo realizado por Carvalho *et al.* (2021) que com o uso de geotecnologias conseguiu avaliar e identificar impactos ambientais em áreas de preservação permanente em nascentes na Bahia.

Segundo Arjona (2017), o Sistema de Informações Geográficas (SIG) é um conjunto de ferramentas que estão inter-relacionadas que são capazes de adquirir, armazenar, manipular, recuperar, transformar e emitir informações espaciais referentes a todos os campos. O uso de SIG agiliza a identificação, levantamento e mapeamento de áreas, reduzindo o tempo necessário e proporcionando agilidade na obtenção de dados (Eugênio *et al.*, 2017).

O uso das técnicas de sensoriamento remoto é facilmente encontrado em estudos ambientais devido a gama de dados que é possível se obter. Na pesquisa realizada por Alencar, Meire e Mendes (2017) com o uso do sensoriamento remoto foi possível avaliar a vulnerabilidade ambiental através de componentes ambientais de Áreas de Preservação Permanente (APP) através de imagens de satélite.

O sensoriamento remoto, uma ferramenta dos sistemas de informação geográfica (SIGs), envolve a coleta e análise de informações da superfície da Terra por meio da interação entre radiação eletromagnética e objetos presentes, permitindo estudo sem contato físico direto (Oliveira, 2020).

A série LANDSAT, com 8 satélites, é uma referência no sensoriamento remoto desde 1972, fornecendo imagens observacionais por meio de parceria entre NASA e USGS (Oliveira, 2020). O primeiro satélite dessa série, LANDSAT-1, pioneiro em pesquisas de recursos naturais, marcou também o primeiro uso de sensoriamento remoto (Embrapa, 2020). Outra notável série é a SENTINEL, lançada a partir de 2014 pelo Programa Copernicus em colaboração entre ESA e Comissão Europeia. O SENTINEL-2, parte da série, utiliza sensor óptico de alta resolução para monitorar vegetação, solos e áreas costeiras (Embrapa, 2020).

Atualmente existem outros satélites que possuem resolução espacial mais altas que outros e que possibilitam melhores análises. Um deles é a constelação de satélites Dove que possuem apenas um sensor com 4 bandas, resolução radiométrica de 12 bits e ortorretificadas, as quais fornecem as imagens Planet, que possuem resolução espacial de 3 metros (Planet Team, 2018).

Pinheiro, Ramos e Junior (2019) realizaram a validação da aplicação das imagens Planet em seu estudo e verificou um ótimo desempenho na classificação de áreas de ocupação e um índice Kappa de 86,16%, sendo considerado um resultado muito bom.

Um software bastante empregado para utilização dessas imagens espaciais/digitais é o QGIS, também conhecido como Quantum GIS, que é um software de código aberto amplamente utilizado para análise, visualização e manipulação de dados espaciais (Tomazoni, Guimarães, 2022). Ele oferece recursos para visualização, edição e análise de informações geoespaciais, assim como a criação de mapas impressos (Santos, 2018). Profissionais de várias áreas utilizam essa ferramenta versátil para explorar, interpretar e comunicar informações geográficas de forma eficaz.

Segundo Rosa e Brito (2013), a classificação de imagens é a interpretação computadorizada de imagens, baseada na detecção de assinaturas espectrais das classes de cobertura do solo, e ela associa pontos de imagem a classes, considerando propriedades espectrais únicas e padrões de tonalidade e textura semelhantes. De acordo com o mesmo autor, a classificação pode ser subdividida em supervisionada, detectando tipos específicos de cobertura do solo, ou não supervisionada, definindo todas as categorias existentes na imagem.

3.3 Uso e ocupação da terra

A compreensão das mudanças ambientais que possam ter ocorrido em uma determinada área é fundamental, e para isso, pode ser realizado a análise da evolução temporal do uso e ocupação do solo (Dias; Albuquerque; Rodrigues, 2020).

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) (2016), o uso do solo vai além da simples ocupação do espaço geográfico pelo homem, ele abrange a forma como esse espaço é utilizado e modificado para atender às necessidades humanas. O uso do solo inclui atividades como agricultura, indústria, urbanização, áreas naturais protegidas, e outras.

A ocupação e utilização da terra têm um impacto significativo no meio ambiente e nos recursos naturais. Estudos indicam que o uso inadequado do solo, sem o devido planejamento, afeta até as bacias hidrográficas, levando a impactos significativos que podem ser vistos em médio e longo prazo, como mudanças no ciclo hidrológico (Silva, F. *et al.*, 2021).

No contexto da urbanização e atividades antrópicas como contribuintes da degradação ambiental, é importante conhecer a dinâmica do uso e ocupação do solo, pois a aceleração da modificação das paisagens naturais é principalmente atribuída à taxa com que as atividades humanas estão alterando esses ambientes, superando amplamente a dinâmica de perturbação natural dos ecossistemas (Arima *et al.*, 2014)

Uma forma de analisar as mudanças que ocorrem na paisagem devido ao uso e ocupação do solo e também auxiliar no planejamento e zoneamento urbano, segundo Leite e Rosa (2012), é por meio da visualização com auxílio de mapas, que revelam a distribuição espacial das atividades humanas, possibilitando essa análise por meio de imagens capturadas remotamente por sensores.

3.4 Índices de vegetação

Os índices de vegetação, derivados de imagens obtidas através de técnicas de sensoriamento remoto, são amplamente utilizados em estudos que visam relacionar informações com a dinâmica do uso da terra (Souza; Gonzales; Teixeira, 2019). Eles são cálculos algébricos que utilizam faixas específicas de reflectância para determinar a cobertura vegetal e sua densidade, permitindo obter informações quantitativas sobre a presença e a saúde da vegetação em uma determinada área (Souza *et al.*, 2012).

Esses índices são calculados com base em combinações específicas das bandas espectrais, geralmente relacionadas à reflectância da vegetação nas faixas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (RED), em que as plantas absorvem energia na faixa do RED para realizar a fotossíntese e refletem energia na faixa do NIR devido às suas propriedades estruturais e pigmentação (Passos, 2021).

Um dos índices de vegetação mais amplamente utilizado é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que é calculado pela diferença normalizada entre a reflectância no NIR e a reflectância no RED (Zanzarine *et al.*, 2013). Este índice tem uma utilização bastante difundida em pesquisas de caráter ambiental devido à sua sensibilidade na detecção e diferenciação dos tipos de cobertura vegetal densa e rasteira (Janssen *et al.*, 2018).

O NDVI possui valores que variam de -1 a +1, onde valores positivos próximos a +1 indicam uma vegetação densa e saudável, valores negativos próximos a -1 podem indicar água ou nuvens, e valores próximos a zero indicam solo exposto ou falta de vegetação (PASSOS, 2021).

Os índices de vegetação também são muito utilizados no auxílio para estudo da dinâmica da vegetação. Cordeiro *et al.* (2017), conseguiram por meio do NDVI identificar e mapear os principais grupos de vegetação que ocorrem no estado do Rio Grande do Sul, e essa abordagem viabiliza o monitoramento das variações fenológicas da vegetação, permitindo compreender melhor a dinâmica da vegetação ao longo do tempo.

Barros, Farias e Marinho (2020) em seu estudo, com o uso do NDVI conseguiram caracterizar a cobertura vegetal de todo o município do Juazeiro do Norte – CE, a fim de auxiliar no planejamento e tomadas de decisão, utilizando o NDVI como um indicador de áreas verdes.

Segundo Leite, Santos e Santos (2017), os índices de vegetação são empregados como ferramentas adequadas no gerenciamento e monitoramento da vegetação, pois são capazes de detectar alterações na cobertura vegetal de maneira rápida e sem demandar altos custos operacionais.

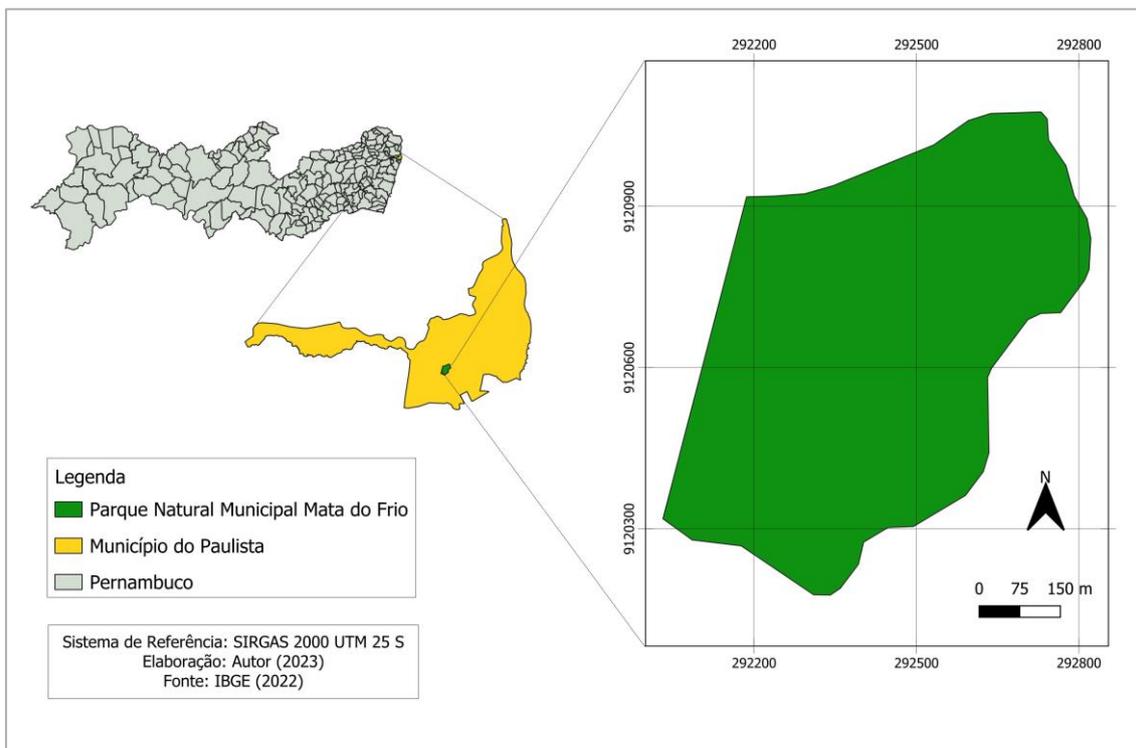
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área

A área de estudo escolhida refere-se à unidade de conservação Parque Natural Municipal Mata do Frio, localizado no município de Paulista, o qual está inserido na região metropolitana do Recife no estado de Pernambuco. O Parque possui cerca de 40,13 hectares e está situado na latitude $7^{\circ}57'3.96''$ Sul e longitude $34^{\circ}53'0.03''$ Oeste (Figura 1).

O Parque Natural Municipal Mata do Frio (PNM) é uma unidade de conservação municipal criada pelo Decreto N° 019/2015 da Prefeitura do Paulista/PE e gerida pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA). Sendo composta por vegetação do bioma Mata Atlântica, a criação da unidade objetivou segundo o Art. 3° do decreto: “preservar o remanescente florestal do bioma Mata Atlântica; promover o lazer, a recreação e as práticas esportivas em contato com a natureza; desenvolver atividades de educação e interpretação ambiental; e realizar pesquisas científicas” (Paulista, 2015).

Figura 1 Mapa de localização do Parque Natural Municipal Mata do Frio em Paulista-PE



Fonte: Autor (2023)

4.1.1 Aspectos fisiográficos

O município do Paulista tem precipitação pluviométrica anual média de 2254 mm (APAC, 2023), e está caracterizado, segundo a classificação de Köppen-Geiger, em clima tropical quente e úmido (As'), apresentando uma temperatura média anual em torno de 26°C (Prefeitura do Paulista, 2022).

Quanto aos solos, o município possui ampla diversidade, o que inclui os tipos: Areia Quartzosas Marinhas; Solo de mangue; Argissolo; Espodossolo; Gleissolos; e Latossolo Amarelo, sendo este último o tipo de solo mais predominante na região, de acordo com estudos de Lima (2017).

Em relação às bacias hidrográficas, o município em questão pertence ao grupo de bacias de pequenos rios litorâneos 1 – GL1, o qual possui como principais cursos d'água os rios Beberibe, Paratibe, Timbó, Bonança, Botafogo, Itapirema e Tapeçu-Iru (APAC, 2023). Para Paulista as bacias hidrográficas que mais se destacam são as bacias dos rios Paratibe e Timbó, pois são mais expressivas dentro do território (Prefeitura do Paulista, 2022). A bacia Paratibe é a maior, contando com 118 km² de extensão e com uma representação significativa dentro da cidade do Paulista (Prefeitura do Paulista, 2022).

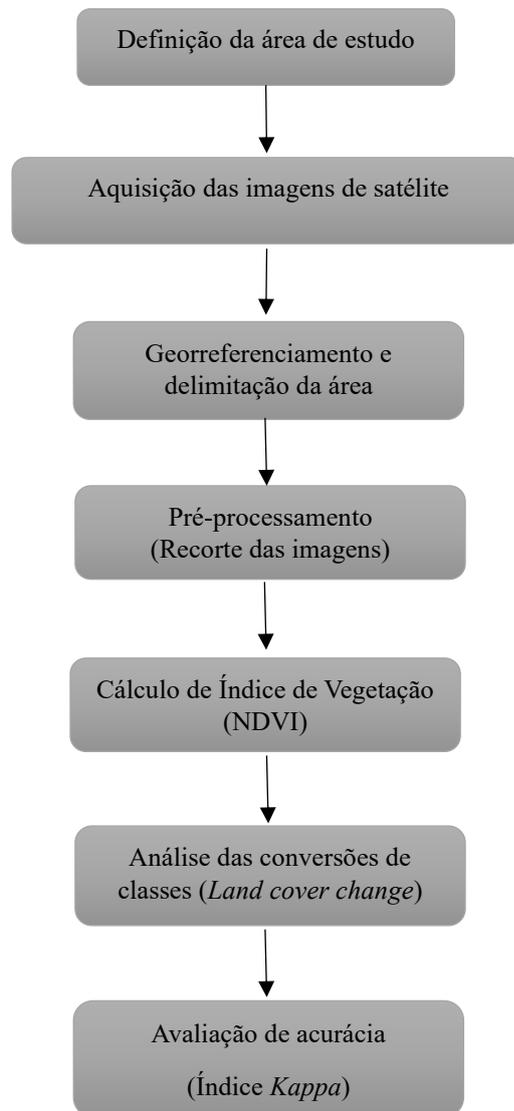
Em relação à vegetação, no município do Paulista são encontrados muitos fragmentos florestais pertencentes ao domínio fitogeográfico Mata Atlântica, sendo o Parque Natural Municipal Mata do Frio uma das áreas compostas por essa vegetação.

De acordo com a estimativa do ano de 2021 realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) o município do Paulista possui uma população estimada de 336.919 pessoas (IBGE, 2021).

4.2 Procedimentos metodológicos

Neste tópico serão apresentadas as técnicas utilizadas para a realização do trabalho, conforme o fluxograma descrito na figura 2.

Figura 2 - Fluxograma metodológico para análise da classificação de uso e cobertura da terra no Parque Municipal Mata do Frio, Paulista-PE



Fonte: Autor (2023)

4.3 Base de dados

As imagens utilizadas para a análise temporal de cobertura do solo foram adquiridas de forma gratuita no site *Planet* (<https://www.planet.com/>), o qual disponibiliza imagens do programa *Norway's International Climate and Forests Initiative* (NICFI). As imagens da constelação PlanetScope são ortorretificadas, têm uma resolução espacial no solo de 3,5 a 4 metros (GSD de 3,7 metros) e as bandas espectrais capturadas são azul (455-515 nm), verde (500-590 nm), vermelho (590-670 nm) e NIR (780-860 nm). A constelação possui uma

frequência de revisita diária na órbita síncrona ao Sol, com uma capacidade de cobertura de 340 milhões de quilômetros quadrados por dia (Planet Team, 2018).

Durante a busca pelas imagens, utilizou-se o critério de minimizar a interferência causada por nuvens na escolha das mesmas, e com isso foi realizado o *download* de 2 imagens dos anos de 2016 e 2023. As imagens obtidas pela constelação de satélites Dove, a qual utiliza o sensor Super Dove (PSB.SD), são formadas por mosaicos dos meses de dezembro para 2016 e abril para 2023.

4.4 Pré-processamento das imagens e cálculo do índice de vegetação

Para a utilização das imagens *Planet* não foi necessário realizar correções, tendo em vista que as imagens já possuem equalização e correção de cores, além do *Planet Analytic* padrão possuir o produto Refletância de Superfície (SR) que utiliza uma metodologia de correção atmosférica que inicia com os ajustes da refletância no topo (TOA) e, em seguida, no fundo da atmosfera (BOA), a fim de assegurar a consistência em várias condições atmosféricas e minimizar a incerteza na resposta espectral (Planet Team, 2020).

A etapa de pré-processamento das imagens envolveu o recorte da imagem adquirida utilizando a função "extrair pela camada de máscara" na ferramenta *Raster* do QGIS. Para isso, foram utilizados o polígono da área de estudo e um buffer gerado a partir dele com a função Geoprocessamento na ferramenta Vetor.

A delimitação do *buffer* tornou-se importante para verificar a área do entorno, determinando a pressão de borda nos limites do Parque Municipal, visto que essa categoria de UC deve possuir zona de amortecimento segundo o SNUC, e que ela deve ser definida no plano de manejo da unidade (Brasil, 2000). Como a área de estudo não possui plano de manejo, e assim não possui uma zona de amortecimento definida, foi delimitado um *buffer* de 1 km para ser analisado a partir da área de estudo.

Com os recortes realizados foi calculado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na ferramenta *Raster*. Esse índice é calculado pela equação (Equação 1) proposta por Rouse *et al.* (1973), onde são utilizadas as reflectâncias do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (R) (Tabela 1).

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (1)$$

Em que: NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada; NIR = Infravermelho Próximo; e RED = Vermelho Visível;

Tabela 1 - Bandas utilizadas na geração do NDVI

Sensor / Satélite	Infravermelho Próximo	Vermelho Visível
Super Dove (PSB.SD)	Banda 4	Banda 3
Planet NICFI		

Fonte: Autor (2023)

Com o cálculo do NDVI gerou-se uma nova camada *raster*, a qual foi recortada para a área de estudo através da função extrair pela camada de máscara dentro da ferramenta *Raster*.

Para diferenciar as áreas de acordo com o tipo de cobertura da terra foi aplicado a renderização do tipo banda simples falsa-cor na imagem recortada, a qual evidencia a variação no intervalo de -1 a 1, onde os valores mais negativos e próximos a zero significam uma baixa quantidade de vegetação e os valores mais próximos a 1 representando a presença de uma vegetação mais densa, com menos ação antrópica.

4.4.1 Distribuição de classes

A distribuição de classes foi definida de forma amostral através da função “identificar” do QGIS 3.28.3, em que foram selecionadas áreas de cobertura conhecidas e visualizado o valor da banda NDVI, criando-se um intervalo para cada classe estudada.

Com isso, utilizou-se a ferramenta do QGIS “*Reclassificar por tabela*” e foram definidas 5 classes (Tabela 2) de acordo com os dados do NDVI, as quais correspondem ao tipo de cobertura do solo presente, que vai desde água até vegetação densa. Esta distribuição de classes também foi aplicada para os *buffers* dos recortes gerados.

Tabela 2 - Distribuição dos valores NDVI em classes

Classes	Intervalos	Tipologia
1	-1 a 0,000	Água
2	0,001 a 0,300	Solo exposto
3	0,301 a 0,600	Área antropizada
4	0,601 a 0,800	Vegetação rasteira
5	0,801 – 1,000	Vegetação densa

Fonte: Autor (2023)

4.4.2 Classificação supervisionada e acurácia (*kappa*)

Com o objetivo de verificar a qualidade da classificação realizada através do NDVI foi necessário realizar uma classificação supervisionada. Foi elaborado um novo arquivo *shapefile* onde foram delimitados polígonos que representassem as classes estudadas (solo exposto, área antropizada, vegetação rasteira e vegetação densa). Foram delimitados 10 polígonos de cada classe para maior confiabilidade da classificação.

Com este novo arquivo foi possível realizar a acurácia do mapeamento utilizando-o como o *raster* de referência. A análise da acurácia foi definida com base no Índice *Kappa* (Equação 2), na qual consiste em uma técnica multivariada a qual avalia o grau de concordância entre os dados de classificação e os dados de referência, apresentando um resultado que varia de 0 a 1 (Tabela 3) (Souza *et al.*, 2020).

$$K = \frac{Po - Pe}{1 - Pe} \quad (2)$$

Em que: K = índice de exatidão Kappa; Po= exatidão geral; Pe= proporção de unidades que concordam com a casualidade (Moreira, 2001).

Tabela 3 - Intervalos e qualidade do mapa de acordo com o Índice *Kappa*

Intervalos Kappa	Qualidade do mapa
< 0,0	Péssimo
0,0 – 0,20	Ruim
0,21 – 0,40	Razoável
0,41 – 0,60	Boa
0,61 – 0,80	Muito boa
0,81 – 1,00	Excelente

Fonte: Adaptada de Landis e Koch (1977)

O cálculo de acurácia foi realizado no Software QGIS com a ferramenta “acurácia” do *Postprocessing no Plugin Semi-Automatic Classification*.

4.5 Análise das mudanças de cobertura do solo

Para realizar a análise das mudanças ocorridas do tipo de cobertura do solo durante os anos de 2016 e 2023 foi gerado uma nova camada *raster* através da função *Land cover change*,

disponível na ferramenta *Postprocessing* no *Plugin Semi-Automatic Classification*. A função utilizada requer a entrada de duas classificações, sendo elas a de referência, a qual foi utilizada a camada NDVI reclassificada de 2016, e a nova, sendo utilizado a cama NDVI reclassificada de 2023. Com isso, é gerado uma nova camada raster e uma base de dados, a qual informa os dados da conversão das classes e as áreas (m²).

Com a base de dados adquirida foi possível determinar nomenclaturas de acordo com a conversão de cobertura ocorrida nos anos analisados (quadro 1).

Quadro 1 - Classes de cobertura definidas e seus significados

Classe de cobertura	Significado
Água (antropização)	Conversão de solo exposto em área antropizada (o valor NDVI classificado como “água” se refere à antropização).
Antropização	Conversão de solo exposto em área antropizada.
Área antropizada	Área antropizada que não apresentou conversão durante os anos estudados. Se refere às áreas construídas.
Desmatamento (área antropizada)	Conversão de vegetação rasteira ou densa em área antropizada.
Desmatamento (solo exposto)	Conversão de vegetação rasteira ou densa em solo exposto.
Solo exposto	Conversão da área antropizada em solo exposto.
Solo exposto (sem mudança)	Solo exposto que não apresentou conversão nos anos estudados.
Regeneração da vegetação (rasteira)	Conversão de solo exposto ou área antropizada em vegetação rasteira.
Regeneração da vegetação (densa)	Conversão de solo exposto, área antropizada ou vegetação rasteira em vegetação densa.
Desmatamento (vegetação rasteira)	Conversão de vegetação densa em vegetação rasteira, o que representa perda de cobertura vegetal.
Vegetação rasteira (sem mudança)	Área de vegetação rasteira que não apresentou conversão nos anos estudados.
Vegetação densa (sem mudança)	Área de vegetação densa que não apresentou conversão nos anos estudados.

Fonte: Autor (2023)

4.6 Determinação do percentual das classes

Para a determinação dos percentuais das classes para tipo de cobertura do solo definidas utilizou-se as imagens raster NDVI geradas, e através da função *Classification report*, disponível na ferramenta *Postprocessing* no *Plugin Semi-Automatic Classification*, foi possível obter as informações dos dados referentes a cada classe encontrada nas imagens da área de estudo, incluindo a quantidade de pixels e a quantidade de área ocupada (m²).

Com as novas imagens *raster* geradas foi aplicada a renderização Paletizado/Valores únicos e editado os rótulos, para dessa forma padronizar os intervalos, cores e nomenclaturas de acordo com o padrão definido. Por fim, com as informações adquiridas nesta etapa tornou-se possível realizar o comparativo do uso e ocupação do solo nos diferentes anos estudados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Acurácia das classificações

Com relação à qualidade da classificação, a partir do cálculo da acurácia obteve-se a acurácia geral de cada imagem classificada e o índice *Kappa* baseados nas tabelas de matriz de confusão dispostas no Apêndice A (Tabela 4).

Tabela 4 - Classificação da qualidade da classificação das imagens

Imagens Classificadas	Acurácia Geral (%)	KAPPA	Qualidade da Classificação
Buffer 2016	81,025	0,719	Muito boa
Recorte 2016	86,903	0,721	Muito boa
Buffer 2023	91,286	0,872	Excelente
Recorte 2023	93,239	0,846	Excelente

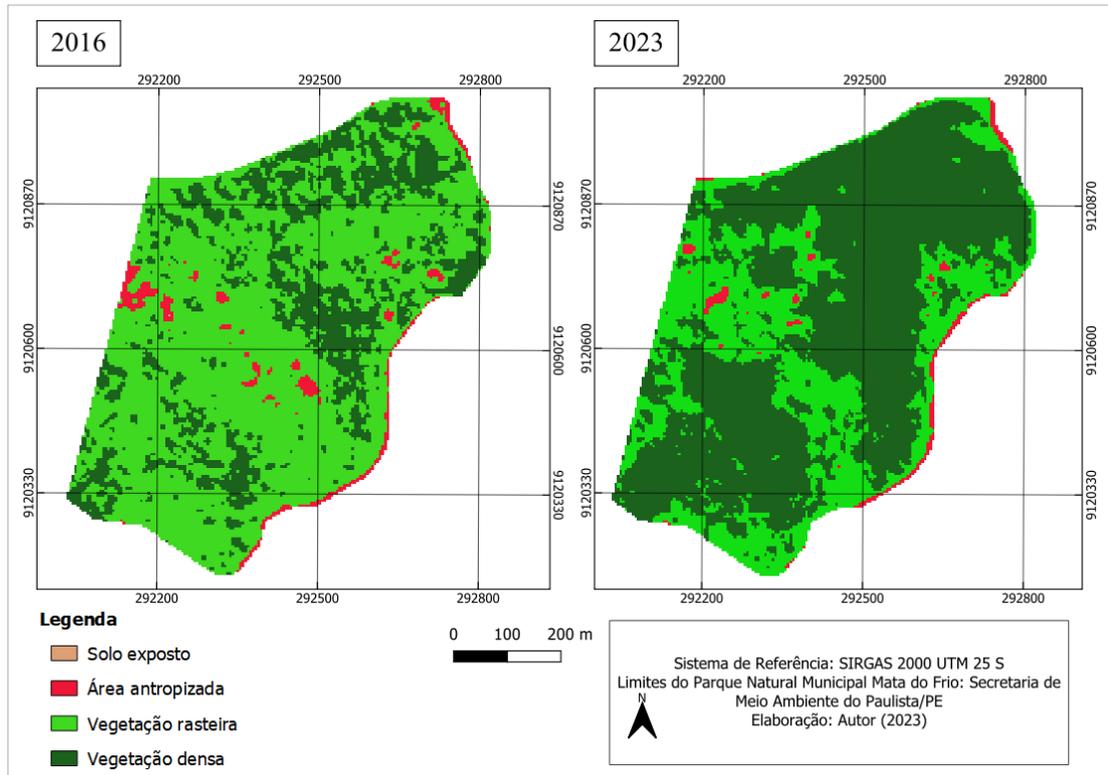
Fonte: Autor (2023)

Para as classificações realizadas nas imagens do *buffer* e do recorte da área de estudo de 2023, o índice *kappa* resultou em um resultado classificado como excelente e uma acurácia geral acima de 90%. Já para as classificações das imagens do *buffer* e do recorte de 2016, o índice *kappa* obtido foi classificado como muito boa e uma acurácia geral acima de 80%. Estes resultados demonstram que a classificação obteve um ótimo desempenho e que o trabalho é confiável.

5.2 Classificação da cobertura e uso da terra

Os recortes realizados das imagens da área de estudo provenientes do satélite Planet foram utilizados para calcular o NDVI, e com as imagens resultantes e a renderização aplicada foi possível verificar diferenças de tipo de cobertura do solo nos anos estudados (figura 3).

Figura 3 - Mapa comparativo de cobertura da terra no Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista-PE

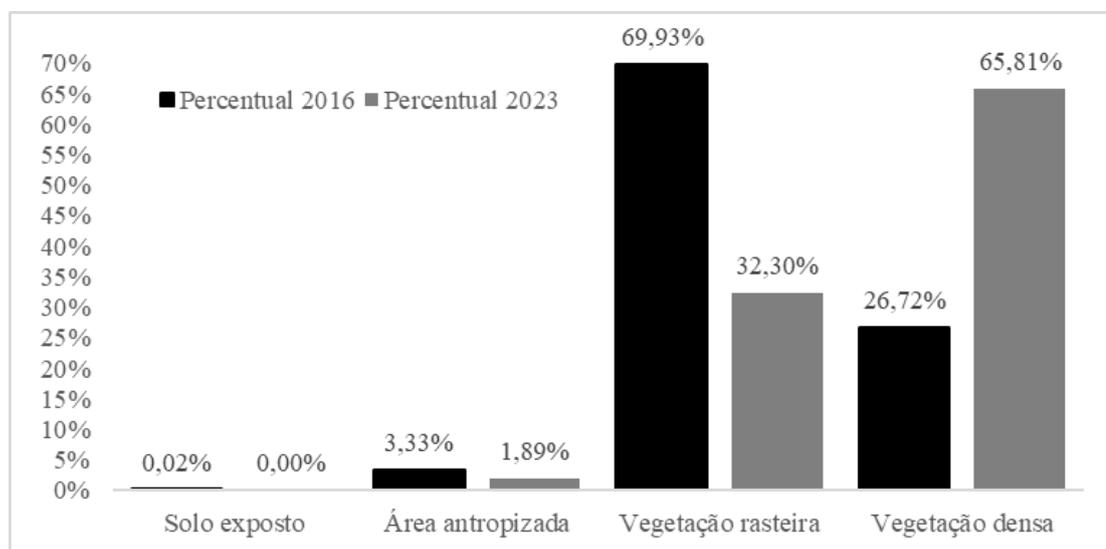


Fonte: Autor (2023)

Na área de estudo foi possível encontrar quatro tipo de classes: solo exposto, área antropizada, vegetação rasteira e vegetação densa. Com esses mapas é possível visualmente constatar que em 2023 houve um acréscimo na vegetação densa e um decréscimo em área antropizada.

Com a base de dados adquirida através do *classification report* foi possível analisar de forma mais assertiva o percentual de cada tipo de cobertura do solo (figura 4).

Figura 4 - Percentual das classes de cobertura encontradas no Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista - PE



Fonte: Autor (2023)

Diante dos percentuais obtidos em cada ano, o Parque Natural Municipal Mata do Frio em 2016 possuía uma pequena quantidade de área de solo exposto (0,02%) enquanto em 2023 não foi encontrado esse tipo de classe, o que pode ser considerado positivo, pois essa área não foi convertida em área antropizada, visto que em 2023 também houve a redução de área dessa classe, sendo um total de 3,33% em 2016 contra 1,89% em 2023.

Para vegetação, o tipo rasteira foi encontrada em maior quantidade em 2016 (69,93%) e em 2023 uma menor quantidade (32,30%), porém a vegetação densa por sua vez apresenta uma maior área de ocupação em 2023 (65,81%) e uma menor área de ocupação em 2016 (26,72%).

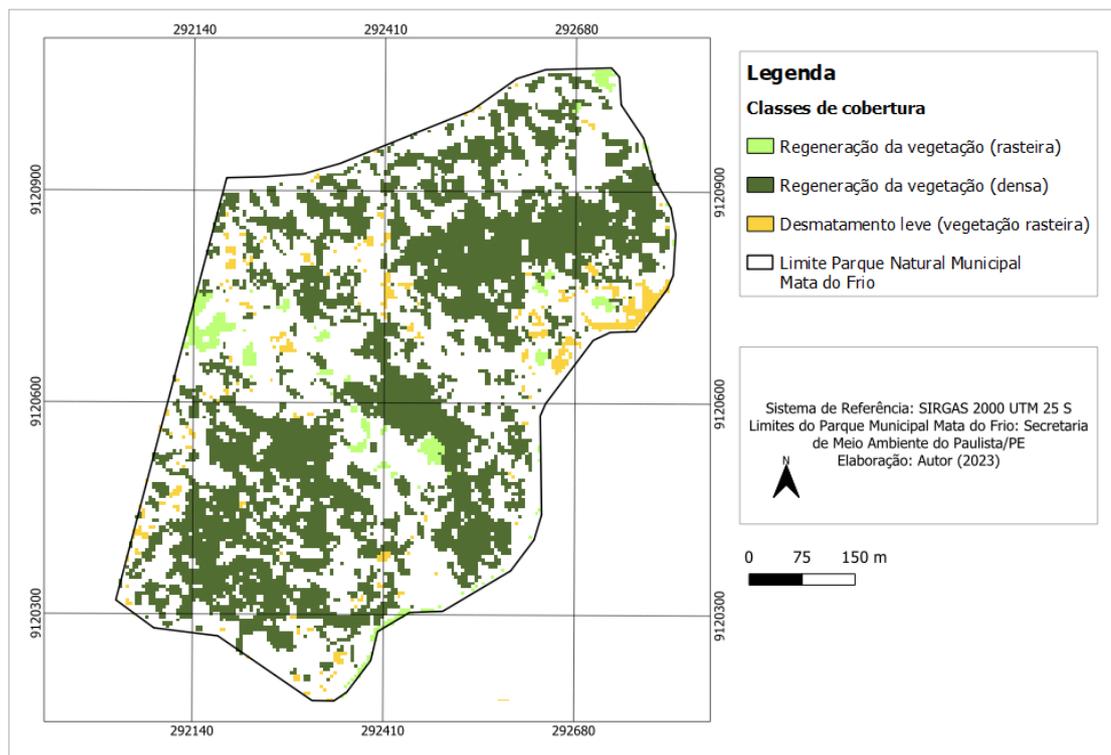
Figueiredo (2020) em sua pesquisa também constatou um aumento da vegetação densa em 5,5% e redução de áreas urbana e solo exposto em 1,4% entre os anos de 2014 e 2019 após a criação da UC Parque Nacional da Serra do Gandarela em Minas Gerais.

Azevedo *et al.* (2020) ao realizar uma análise temporal da cobertura da terra em unidades de conservação em São Luís - MA, identificou um aumento da formação vegetal no Parque Estadual do Rangedor em 27,7% e uma redução do solo exposto em 42% ao analisar a unidade de conservação a partir da sua criação (de 1999 a 2019). Segundo o mesmo autor, possivelmente o estabelecimento da UC e a boa gestão da mesma, resultaram na diminuição da degradação ambiental.

Com um aumento significativo da vegetação densa e uma diminuição da vegetação rasteira em 2023, pode-se relacionar este incremento à regeneração natural da floresta, que é um processo gradual e essencial para a recuperação de ecossistemas degradados (Chazdon; Guariguata, 2016). Tendo em vista que o aumento de 17,15 ha de vegetação densa ocorreu em um período de 7 anos é possível admitir que a regeneração natural do parque se encontra no estágio de floresta secundária jovem, que está entre 0 e 12 anos de regeneração segundo classificação realizada por Naime *et al.* (2020).

Nesse sentido, a modificação da classe vegetação é possível ser visualizada na figura 5, que apresenta a mudança de cobertura do solo apenas para este tipo de uso (vegetação densa e rasteira), considerando o aumento das classes de vegetação como regeneração e a perda de vegetação ocorrida.

Figura 5 - Mapa de mudança de cobertura da vegetação no Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista-PE entre 2016 e 2023



Fonte: Autor (2023)

Parte das áreas ocupadas e definidas como “Regeneração da vegetação (rasteira)” eram anteriormente classificadas como “Solo exposto” e visualmente, na maior parte “Área antropizada” quando comparadas as figuras 3 e 5. Esta mudança de ocupação do solo indica um esvaimento dos moradores e a desobstrução das áreas construídas dentro do parque, que propiciou espaço para a vegetação se regenerar naturalmente.

Desse modo, pode-se considerar que a criação do Parque Municipal teve um avanço nos objetivos de conservação, proteção e recuperação do fragmento florestal. Isso é diferente do encontrado em muitas das Unidades de Conservação quando há necessidade de desapropriação ou desocupação ocasionadas pela presença de moradores regulares e/ou irregulares em unidades de conservação. De acordo com Arce *et al.* (2014), a criação e implantação de parques localizados no perímetro urbano, em processo de expansão, motivam conflitos socioambientais, entre eles: o uso indevido dos recursos naturais da área, os embates políticos, a ampliação da malha urbana e a ocupação territorial descontrolada.

De acordo com a tabela 5 pode-se ver que a conversão de área antropizada para vegetação rasteira foi realmente mais expressiva do que originando-se de solo exposto, havendo sido convertido 4,74% (9.722 m²) e 0,02% (45,65 m²) respectivamente.

Tabela 5 - Classes de ocupação do solo convertidas no Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista-PE

Classe 2016	Classe 2023	Classe convertida	Área (m ²)	Percentual (%)
SE	VR	Regeneração da vegetação (rasteira)	45,65	0,02%
AA	VR	Regeneração da vegetação (rasteira)	9722,48	4,74%
VD	VR	Desmatamento (vegetação rasteira)	11685,24	5,70%
AA	VD	Regeneração da vegetação (densa)	570,57	0,28%
VR	VD	Regeneração da vegetação (densa)	182992,66	89,26%
Total			205016,60	

Em que: SE: Solo Exposto; VR: Vegetação Rasteira; AA: Área Antropizada; VD: Vegetação Densa.

Fonte: Autor (2023)

Outros estudos têm mostrado a ocorrência de regeneração natural em unidades de conservação compostos por fragmentos de Mata Atlântica. Maciel *et al.* (2021) em sua pesquisa de mapeamento de regeneração e desmatamento nos limites das UCs do Vale do Ribeira localizadas entre São Paulo e Paraná, que detém cerca de 80% dos remanescentes contínuos de Mata Atlântica, encontraram um resultado de 30% de ganho florestal e desmatamento em torno de 22% no período de 1985 a 2017.

Além da regeneração natural, a Prefeitura Municipal de Paulista - PE tem divulgado dados de trabalhos realizados de compensação ambiental para reflorestamento da mata, o que pode ter contribuído no aumento da área definida como regeneração da vegetação rasteira. Em 2022 foi realizado o plantio de aproximadamente 3.000 mudas de espécies nativas em 4 ha do parque, como forma de compensar crimes ambientais efetuados na área (Paulista [...], 2023).

Barbosa *et al.* (2021) em sua pesquisa sobre o potencial de regeneração natural de plantio compensatório em uma unidade de conservação urbana evidenciou que apesar das pressões existentes, o plantio de mudas estimulou a regeneração natural da mata analisando a quantidade de plântulas e riqueza de espécies.

As áreas definidas como a classe “Regeneração da vegetação (densa)” antes eram em sua maioria pertencentes à classe “vegetação rasteira”, e é possível observar que durante o período do estudo houve um aumento de área, que de acordo com o reporte de dados fornecidos pelo “*Land cover change*” foi de 18,30 ha (182.992,66 m²), representando um total de 89,26% da área ocupada por vegetação (tabela 5).

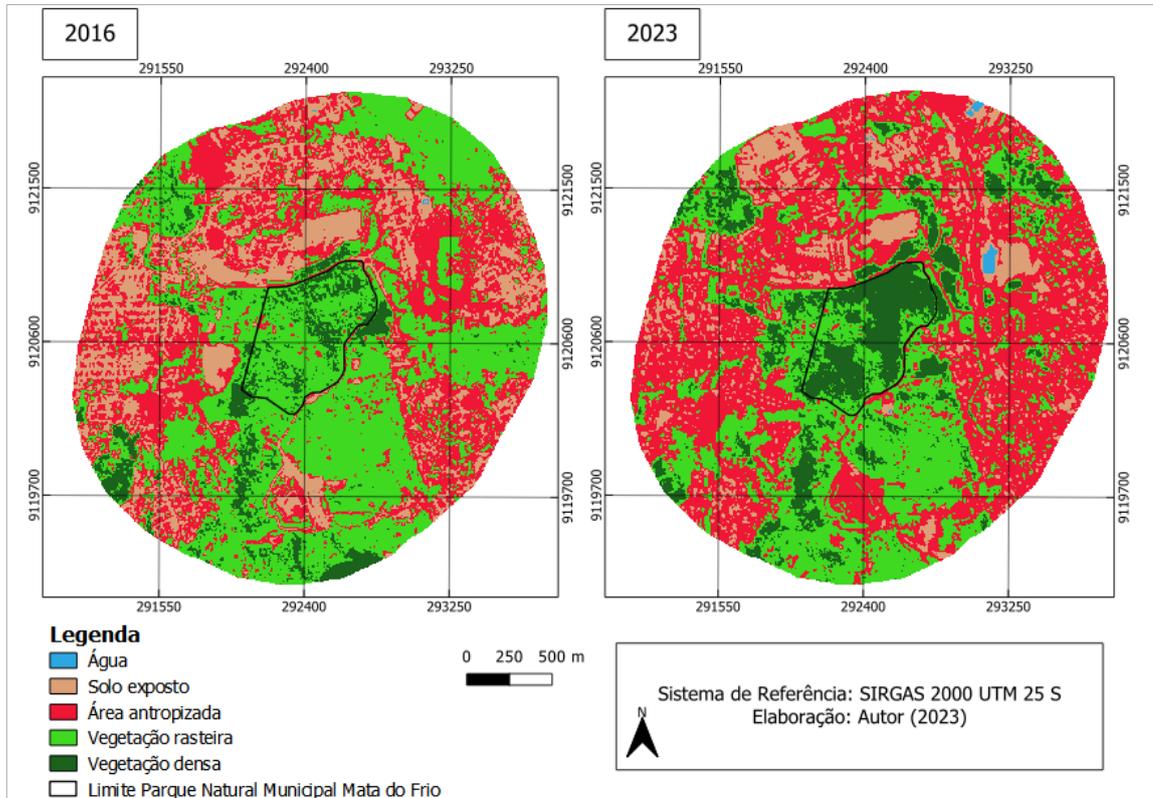
As áreas anteriormente ocupadas por área antropizada foram convertidas em vegetação densa (0,06 ha ou 570,57 m²) (tabela 5), e isto pode ser explicado pela possibilidade do crescimento de espécies pioneiras nesses pontos. As espécies desse grupo de sucessão ecológica são plantas muito tolerantes à luz que prosperam em grandes clareiras, bordas de fragmentos florestais, áreas abertas e regiões degradadas, onde ocorrem em alta densidade, principalmente em fragmentos florestais em estágios iniciais e médios de regeneração, e tem um ciclo de vida entre 10 e 20 anos (Almeida, 2016).

Apesar do aumento da vegetação na área foi possível identificar que alguns pontos que pertenciam à classe “Vegetação densa” na figura 3 em 2016 foram convertidas em vegetação rasteira e assim gerou-se a classe “Desmatamento (vegetação rasteira)” considerando que esta mudança aconteceu devido à algum desmatamento ocorrido durante este período. Este possível desmatamento que resultou na mudança da vegetação densa para rasteira representa cerca de aproximadamente 1,17 ha (11.685,24 m²), 5,70% da área de ocupação por vegetação (Tabela 5).

5.3 Análise de uso e cobertura da terra no Entorno da Mata do Frio

A partir do *buffer* de 1 km, gerado a partir do recorte da área de estudo, também foi analisado as classes encontradas para entender como a dinâmica de ocupação do solo se deu neste período (figura 6).

Figura 6 - Mapa comparativo de cobertura do solo no entorno do Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista-PE



Fonte: Autor (2023)

Na área do entorno do parque foram encontradas as cinco classes: água, solo exposto, área antropizada, vegetação rasteira e vegetação densa. Os pontos do mapa indicados como água, quando analisados em mapa base do *Google Earth* foi possível verificar que se tratava de áreas antropizadas, e por esta razão eles são contabilizados nesta outra classe. Isso acontece devido a coloração de alguns tipos de telhados claros apresentarem valores NDVI baixos. No estudo de Pereira e Couto (2020), também foi encontrada essa dificuldade quanto à confusão de classes, neste caso entre piscina e telha metálica.

Analisando visualmente a figura 6 é possível identificar que houve um aumento em relação à área antropizada e redução da área de solo exposto, visto que a coloração vermelha (área antropizada) se torna mais predominante.

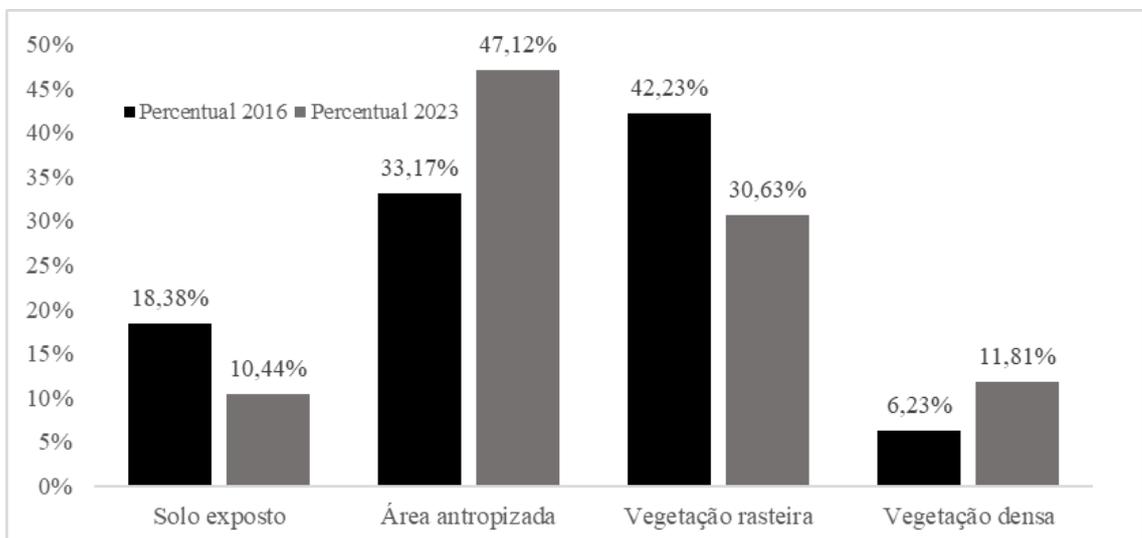
Quando analisados os dados adquiridos e apresentados na figura 7, tem-se que a diferença de área urbana/ antropizada durante o período foi de 33,17% em 2016 para 47,12% em 2023, o que explica a redução da área de solo exposto de 18,38% para 10,44%.

Em relação à vegetação, considerando a área de estudo e toda vegetação presente no perímetro, é observado o mesmo padrão que ocorre no Parque, isto é, com um decréscimo de

percentual de vegetação rasteira (de 42,23% para 30,63%), mas um ganho em vegetação densa (de 6,23% para 11,81%).

A diminuição da vegetação nas proximidades do parque, pode ser associada ao aumento da pressão antrópica. Nesse contexto, a pesquisa de Dall'Igna e Maniesi (2022), que abordou as mudanças espaço-temporais no uso e cobertura do solo na Floresta Nacional do Jamari, em Roraima, constatou uma perda de 44.695,74 hectares de floresta na zona de transição devido a essa pressão antrópica.

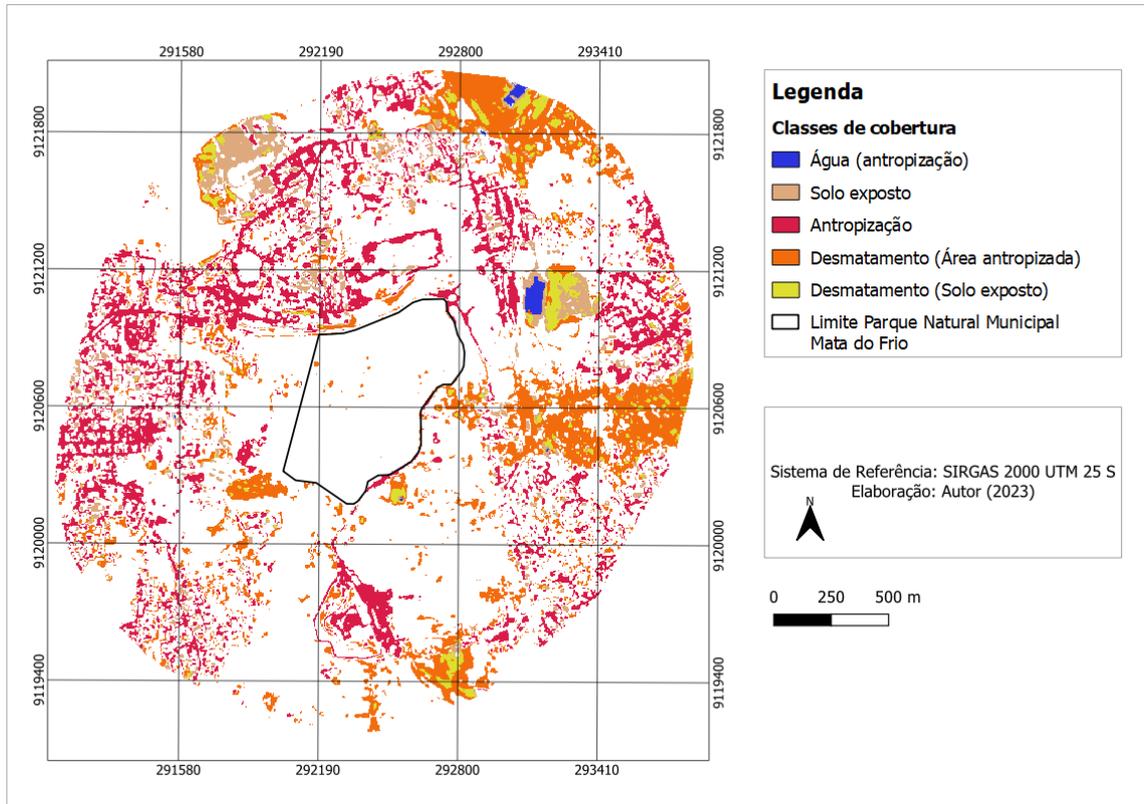
Figura 7 - Gráfico percentual das classes de cobertura encontradas no entorno do Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista-PE



Fonte: Autor (2023)

Considerando a mudança de ocupação do solo no entorno do parque levando em conta apenas as conversões em áreas de solo exposto e antropizadas é possível realizar algumas considerações a partir da figura 8.

Figura 8 - Mapa de mudança de cobertura do solo para solo exposto e área antropizada na área do entorno do Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista – PE entre 2016 e 2023



Fonte: Autor (2023)

Como visto anteriormente na figura 6, a figura 7 apresenta visualmente que a conversão em área antropizada foi bem representativa, tendo havido uma ocupação de 80 ha (800575,78 m²) de solo exposto para construções urbanas (Tabela 6). Entretanto, a partir da figura 7 é possível verificar que a antropização não se deu apenas do solo exposto, mas também devido a um desmatamento ocorrido.

Na tabela 6 pode-se observar a ocorrência da conversão de 67,41 ha (674069,38 m²) de vegetação rasteira e 2,31 ha (23142,25 m²) de vegetação densa em área antropizada, o que foi considerado como “Desmatamento (área antropizada)”.

Pinto *et al.* (2021) também encontrou um panorama de expansão urbana relacionado ao ramo imobiliário na zona de amortecimento do Parque Matas do Segredo e o Parque do Prosa, localizados no Mato Grosso do Sul, resultando na remoção da vegetação nativa e na urbanização que se estende até os limites das UCs, culminando no aumento das áreas urbanas nos arredores dos parques.

No estudo presente o desmatamento também foi visto na classe convertida “Desmatamento (solo exposto)”, em que áreas que continham vegetação rasteira e densa foram convertidas em solo exposto, totalizando 10,66 ha (106582,16 m²) de vegetação perdida.

Ainda em relação à conversão de áreas em solo exposto, através dos dados obtidos tem-se que também houve a conversão de áreas urbanizadas num total de 25,24 ha (252419,41 m²) (Tabela 6).

Tabela 6 - Classes de ocupação do solo convertidas no entorno do Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista - PE

Classe 2016	Classe 2023	Classe convertida	Área (m ²)	Percentual (%)
SE	AG	Antropização	4747,13	0,26%
VR	AG	Desmatamento (área antropizada)	867,26	0,05%
AG	SE	Solo exposto	890,09	0,05%
AA	SE	Solo exposto	251529,32	13,51%
VR	SE	Desmatamento (solo exposto)	104687,87	5,62%
VD	SE	Desmatamento (solo exposto)	1894,29	0,10%
SE	AA	Antropização	800575,78	43,01%
VR	AA	Desmatamento (área antropizada)	673202,11	36,16%
VD	AA	Desmatamento (área antropizada)	23142,25	1,24%
Total			1861536,1	

Em que: SE: Solo Exposto; AG: Água; AA: Área Antropizada; VR: Vegetação Rasteira; VD: Vegetação Densa.

Fonte: Autor (2023).

O padrão de perda de vegetação em áreas urbanas é também encontrado em outros estudos. Gonzaga e Hurtado (2023), encontraram como resultado de atividades antrópicas uma perda de vegetação de 16,08% de floresta e uma expansão de 25,83% de área urbanizada num recorte temporal de 34 anos na bacia do Igarapé Belmont - RO, além de um aumento do índice de transformação antrópica, o que implica na classificação da área como degradada.

Stanganini e Lollo (2018), registraram dados semelhantes na pesquisa realizada em área urbana da cidade de São Carlos – SP, analisando o avanço da degradação ambiental durante os anos de 2010 a 2015, onde foi encontrado uma redução 25,2 km² de área de vegetação e um aumento de 21,88 km² de área urbana.

Durante o período analisado, houve um aumento significativo da área antropizada próxima à região de estudo. No entanto, é notável que esse incremento não teve efeitos negativos diretos na preservação do Parque Natural Municipal Mata do Frio. Pelo contrário, constata-se que os impactos relacionados à vegetação, desmatamento e ocupação indevida não são tão evidentes, apesar de ainda existirem.

Para promover o aumento da preservação do parque municipal, é essencial realizar um mapeamento das dificuldades atuais encontradas que impossibilitam uma melhor gestão da UC.

Entre esses obstáculos, destaca-se a ausência de um plano de manejo para o Parque Natural Municipal Mata do Frio. Apesar de estar estipulado no art. 7º do Decreto Municipal nº 019/2015 que o plano de manejo deveria ter sido desenvolvido no prazo de dois anos após a criação do parque, essa diretriz não foi cumprida (Paulista, 2015). Esse descumprimento resulta em fragilidades na administração da Unidade de Conservação, o que, por sua vez, contribui para a deterioração do meio ambiente no local.

As questões decorrentes da inexistência ou da inadequada execução do plano de manejo se tornam visíveis por meio de várias pesquisas. Um exemplo é o estudo conduzido por Pinto *et al.* (2021) em parques urbanos localizados em Campo Grande - MS. Nessa pesquisa, foram identificadas questões ligadas à presença de áreas impactadas pela ação humana e à limitada efetividade das zonas de amortecimento devido à falta de implementação adequada dos planos de manejo.

Cardoso *et al.* (2015), apontou que uma boa gestão de parques urbanos depende da ordenação do território, incluindo demarcação precisa, além da participação das comunidades adjacentes, pois em áreas desordenadas o parque pode ser pressionado para outros usos, prejudicando seus recursos naturais.

Considerando que o parque foi criado em 2015, e a primeira imagem utilizada neste trabalho é de 2016, tem-se uma representação de como a área se apresentava quando foi designada como parque municipal. Apesar da série temporal utilizada (7 anos) ser um curto intervalo de tempo, Adami *et al.* (2015) comprova em sua pesquisa sobre a dinâmica do uso e cobertura da terra no estado do Pará realizada para um intervalo de 4 anos (2008 a 2012), que é possível analisar mudanças de ocupação do solo num curto período e obter resultados relevantes.

A publicação do decreto que estabeleceu esta unidade de conservação de proteção integral resultou em uma maior preservação dos seus recursos naturais, como evidenciado pelo expressivo aumento da área de vegetação densa no parque e diminuição de áreas urbanas. De fato, ao longo do período, a quantidade de vegetação densa mais que duplicou, passando de 11,72 hectares em 2016 para 28,87 hectares em 2023. Esse crescimento expressivo demonstra o sucesso das medidas de proteção implementadas desde a sua criação. No entanto, é possível ver a pressão antrópica no entorno da UC, e isto pode ser preocupante, visto que pode gerar impactos negativos na vegetação, assim como em seu ecossistema. Portanto, a criação da UC por si só não assegura sua preservação, é necessária uma gestão bem planejada, envolvendo tanto autoridades quanto a comunidade local, é essencial para esse propósito.

6 CONCLUSÃO

Apesar de denúncias de crimes ambientais relativos à supressão da vegetação, conclui-se que a partir da análise de imagens no período estudado as degradações ambientais não foram expressivas. No entanto, podem ter ocorrido na borda da porção leste do Parque. Diante disso, é recomendável implementar medidas que promovam a educação ambiental e intensifiquem a fiscalização por parte das autoridades competentes.

Observou-se um notável aumento na urbanização das áreas circundantes ao parque, o que enfatiza a necessidade urgente de estabelecer uma zona de amortecimento. Além disso, é crucial desenvolver um plano de manejo para a Unidade de Conservação a fim de prevenir potenciais degradações ambientais causadas pela iminente pressão antrópica decorrente da expansão urbana.

No interior do Parque houve aumento da vegetação densa e redução de áreas antrópicas, o que pode ter sido resultado da definição da área como uma unidade de proteção integral. Porém, ainda existem áreas que podem ser enriquecidas com projetos de recuperação florestal.

O monitoramento da unidade de conservação deve continuar, de modo que sempre se tenha um panorama geral da área a fim de auxiliar na gestão da UC, pois a criação de uma unidade de conservação sem o devido gerenciamento faz com que a área não atinja o objetivo proposto.

REFERÊNCIAS

ADAMI, Marcos *et al.* Dinâmica do uso e cobertura da terra no estado do Pará entre os anos de 2008 a 2012. **Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto**, João Pessoa – PB, v. 17, p. 7029-7035, 2015.

ALENCAR, Vanessa Barbosa de; MEIRA, Suedio Alves; MENDES, Lucia Maria Silveira. Áreas de Preservação Permanente no Campus do Itaperi e seu entorno (Fortaleza, Ceará): o uso de técnicas de geoprocessamento no auxílio à proteção ambiental. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, Macapá, n. 9, p. 45-59, 2017.

ALMEIDA, Danilo Sette de. Alguns princípios de sucessão natural aplicados ao processo de recuperação. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica [online]**, v. 3, p. 48-75, 2016.

APAC. Precipitação média por município. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/193-climatologia/521-climatologia-por-municipio>. Acesso em: 5 jul. 2023.

ARCE, Paulina Aparecida *et al.* Conflitos socioambientais em unidades de conservação em áreas urbanas: o caso do parque Tizo em São Paulo. **Holos**, v. 1, p. 75-85, 2014.

ARIMA, Eugenio Y. *et al.* Public policies can reduce tropical deforestation: Lessons and challenges from Brazil. **Land use policy**, v. 41, p. 465-473, 2014.

ARJONA, Felipe Bagatoli Silveira. Sistemas de informações geográficas: usos e aplicações na área da saúde. **Fiocruz**, Rio de Janeiro, p. 113-136. 2017.

ARRUDA FILHO, Marcos Tavares de *et al.* Brasil e sua política climática desarranjada rumo à COP 27. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 25, 2022.

AZEVEDO, B. R. M. *et al.* Análise temporal da cobertura da terra em unidade de conservação no município de São Luís, Maranhão, Brasil. **Formação (Online)**, v. 27, n. 51, p. 209-230, 2020.

BARBOSA, Karina Cavalheiro *et al.* Potencial de regeneração natural de um plantio compensatório realizado em unidade de conservação urbana sob forte pressão antrópica. **Ciência Florestal**, v. 31, p. 786-807, 2021.

BARBOSA, Marilene Vieira *et al.* Parque Urbano: Percepção Ambiental na Unidade de Conservação Parque da Jaqueira, Recife-Pernambuco. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 402-416, 2021.

BARROS, Antônio Soares de; FARIAS, Lucas Menezes de; MARINHO, Jefferson Luiz Alves. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Caracterização da Cobertura Vegetativa de Juazeiro Do Norte–CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 6, p. 2885-2895, 2020.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2000.

BRASIL. Resolução CONABIO n. 6, de 03 de setembro de 2013. **Dispõe sobre as Metas Nacionais de Biodiversidade para 2020**. Brasília, DF, 2013.

BUSTAMANTE, Maria M.C.; METZGER, Jean Paul. Tendências e impactos dos vetores de degradação e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. **1º diagnóstico brasileiro de biodiversidade & serviços ecossistêmicos**. 2019.

CARDOSO, Silvia Laura Costa; VASCONCELLOS, Mário Sobrinho; VASCONCELLOS, Ana Maria de Albuquerque. Gestão ambiental de parques urbanos: o caso do Parque Ecológico do Município de Belém Gunnar Vingren. Urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, p. 74-90, 2015.

CARVALHO, Carla Gisele dos Santos *et al.* Uso de geotecnologias na identificação e na avaliação dos impactos ambientais nas áreas de preservação permanente em nascentes. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 39362-39380, 2021.

CHAZDON, R.L.; GUARIGUATA, M.R. Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. *Biotropical*, [s. l.], v. 48, n. 6, pp. 716-730, nov. 2016. (CHAZDON, R.L.; GUARIGUATA, 2016).

CONCEIÇÃO, Mário Marcos Moreira da *et al.* Condições ambientais e serviços ecossistêmicos de uma unidade de conservação de proteção integral. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 9702-9718, 2021.

CORDEIRO, Ana Paula Assumpção *et al.* Regiões homogêneas de vegetação utilizando a variabilidade do NDVI. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 883-896, 2017.

DALL'IGNA, Fernando; MANIESI, Vanderlei. Mudanças espaço-temporal no uso e cobertura do solo em unidade de conservação de corredor ecológico amazônico: o caso da intensa pressão antrópica na floresta nacional do Jamari (RO). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 4, p. 223-231, 2022.

DIAS, Deborah S. Dias; ALBUQUERQUE, Roberto L. de O.; RODRIGUES, Rodrigo SS. Temporal evolution land use and occupation on the Parauapebas river watershed, Pará. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 10, n. 3, p. 122-129, 2020.

EMBRAPA. Sentinel. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/sentinel>. Acesso em: 12 jul. 2023.

EMBRAPA. **Agricultura e preservação ambiental**: uma análise do cadastro ambiental rural. Campinas, 2020. Disponível em: www.embrapa.br/car. Acesso em: 3 jun. 2023

EUGÊNIO, F. C. *et al.* Mapeamento das áreas de preservação permanente do estado do Espírito Santo, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 897-906, 2017

FIGUEIREDO, Tiago Antônio. Análise da variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no Parque Nacional da Serra do Gandarela em Minas Gerais utilizando imagens Landsat 8. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 14, n. 2, p. 405-421, 2020.

FOLI, Ana Cristina Araújo; FARIA, Karla Maria Silva de. Oportunidades e desafios da criação de Unidades de Conservação: reflexões sobre as experiências no Estado de Goiás, Brasil. **Cerrados**, v. 18, n. 2, p. 424-446, 2020.

FREIRE, Neison Cabral Ferreira *et al.* Mapeamento e análise espectro-temporal das unidades de conservação de proteção integral da administração federal no bioma caatinga. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 24773-24781. 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-073>.

GONZAGA, Lídia Bruna Teles; HURTADO, Fernanda Bay. Análise multitemporal da perda de vegetação na bacia do igarapé Belmont, Porto Velho – RO. **Novos Cadernos NAEA**, [S.l.], v. 26, n. 1, abr. 2023. ISSN 2179-7536

IBGE. 2021 Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/paulista/panorama>. Acesso em 20 jul. 2023.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Painel Dinâmico: Gestão de Unidade de Conservação - Plano de Manejo**. 2021. Disponível em: http://qv.icmbio.gov.br/QvAJAXZfc/opensdoc2.htm?document=painel_corporativo_6476.qvw&host=Local&anonymous=true. Acesso em 10 jul. 2023.

IMAZON. **Amazônia perdeu quase 3 mil campos de futebol por dia de floresta em 2022, maior desmatamento em 15 anos.** Imazon. 2023. Disponível em: <https://imazon.org.br/imprensa/amazonia-perdeu-quase-3-mil-campos-de-futebol-por-dia-de-floresta-em-2022-maior-desmatamento-em-15-anos/>. Acesso em: 15 jun. 2023.

JANSSEN, Thomas AJ *et al.* Extending the baseline of tropical dry forest loss in Ghana (1984–2015) reveals drivers of major deforestation inside a protected area. **Biological Conservation**, v. 218, p. 163-172, 2018.

LANDIS, J. Richards; KOCH, Gary H. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.

LEITE, Ana Paula; SANTOS, Glaucia Regina; SANTOS, Jannaylton Éverton Oliveira. Análise temporal dos índices de vegetação NDVI e SAVI na Estação Experimental de Itatinga utilizando imagens Landsat 8. **Revista brasileira de energias renováveis**, v. 6, n. 4, p. 606-623, 2017

LEITE, Emerson Figueiredo; ROSA, Roberto. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. **Revista Eletrônica de Geografia**, v. 4, n. 12, p. 90-106, 2012.

LEUZINGER, Márcia Dieguez; SANTANA, Paulo Campanha; SOUZA, Lorene Raquel de. Os 20 anos da lei do sistema nacional de unidades de conservação. Brasília: **UniCEUB**, 433 p. 2020.

LIMA, Anderson Oliveira de. Análise Temporal do Uso e Ocupação da Superfície do Município de Paulista-PE. **Universidade Federal Rural de Pernambuco**. Recife. 2017. Disponível em: http://www.engenhariaflorestal.ufrpe.br/sites/ww4.deinfo.ufrpe.br/files/TCC_2017_ANDERSON%20OLIVEIRA%20DE%20LIAM_An%C3%A1lise%20temporal%20do%20uso%20e%20ocupa%C3%A7%C3%A3o%20da%20superf%C3%ADcie.pdf. Acesso em: 11 jul. 2023.

LOPES, Rosy Valéria da Rocha *et al.* Supressão e fragilidade de remanescentes florestais em uma Unidade de Conservação, na região sul de Alagoas, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 32, p. 1479-1499, 2022.

MACIEL, Amanda Lopes *et al.* Análise dos Processos de Desmatamento e Regeneração nas Unidades de Conservação Pertencentes no Vale do Ribeira (SP/PR) por Meio de Classificações de Imagens de Sensoriamento Remoto. São Paulo. **Revista Brasileira de Cartografia**, vol. 73, n. 1, 2021.

MOREIRA, Maurício Alves. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologia de aplicação. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)**. São José dos Campos, São Paulo. 2001.

NAIME, Julia *et al.* Economic valuation of ecosystem services from secondary tropical forests: trade-offs and implications for policy making. **Forest Ecology and Management**, v. 473, p. 118294, 2020.

OLIVEIRA, Eduardo Negri de. **Geografia e sensoriamento remoto**. Fundação Cecierj, Rio de Janeiro, volume único, 366 p. 2020.

PASSOS, Andrea de Oliveira. Índices de reflectância, NDVI e EVI como indicadores de níveis de degradação das pastagens tropicais. **Unesp**. Jaboticabal, 52 p. 2021.

PAULISTA (PE). Decreto Nº 019/2015. Ementa: Dispõe sobre a criação do Parque Natural Municipal Mata do Frio. 2015. Disponível em: http://transparencia.paulista.pe.gov.br/uploads_pppt/pdf/Decreto%20n%20019-2015%20-%20Diploma%20Legal%20da%20Unidade%20de%20constru%C3%A7%C3%A3o%20do%20Parque%20Natural%20Municipal%20da%20Mata%20do%20Frio_9f14b4f5ca1eff3e8efe1787756060bd.pdf. Acesso em: 1 jul. 2023.

PAULISTA divulga balanço de reflorestamento com plantio de mais de 3 mil mudas de vegetação nativa - Prefeitura do Paulista - Cuidando da cidade, trabalhando pra você. Prefeitura Municipal do Paulista. 2023. Disponível em: <https://paulista.pe.gov.br/site/noticias/detalhes/10341>. Acesso em: 20 jul. 2023

PAULISTA: MPPE obtém liminar para que Prefeitura resolva degradação ambiental do Parque da Mata do Frio. **Diário de Pernambuco**. Pernambuco. 2022. Disponível em: <https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2022/05/paulista-mppe-obtem-liminar-para-que-prefeitura-resolva-degradacao-am.html>. Acesso em: 25 jun. 2023.

PEREIRA, Luciana Cavalcante; COUTO, Hilton Thadeu Zarate do. Comparação entre processos de mapeamento da cobertura do solo urbano com ênfase na cobertura arbórea. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 127, p. 1-14, 2020.

PERNAMBUCO. **Lei Estadual nº 13.787, de 08 de junho de 2009**. Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza - SEUC, no âmbito do estado de Pernambuco e dá outras providências. Pernambuco. 2009.

PINHEIRO, Évelyn Camila Casadias; RAMOS, Ana Paula Marques; JUNIOR, José Marcato. Validação da Aplicação de Imagens Planet à Regularização Ambiental de Imóveis Rurais no Mato Grosso do Sul. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 3, p. 145-153. 2019.

PINTO, Jorge de Souza *et al.* Análise das mudanças do uso e cobertura da terra em dois parques urbanos e seus entornos em Campo Grande, Mato Grosso do Sul. **Boletim de Geografia**, v. 39, p. 33-48, e59194, 10 set. 2021.

PLANET TEAM. **Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth**. San Francisco, CA. 2018.

PLANET. Planet Surface Reflectance Version 2.0 Planet Team. San Francisco, CA, USA. 2020.

PREFEITURA DO PAULISTA. **Memorial Descritivo Para Implantação De Portal Do Município Do Paulista /PE**. 2022. Disponível em: http://transparencia.paulista.pe.gov.br/uploads_pppt/pdf/Memorial%20Descritivo%20%20Obr_a_38547fe588cf6994ba03d9e05e9bb4a3.pdf. Acesso em: 5 jul. 2023.

REIS, Taiana Evangelista dos; COSTA, Vivian Castilho da. Análise da vulnerabilidade na zona de amortecimento do Parque Estadual do Ibitipoca (MG), com o uso de SIG. **Geosul**, v. 32, n. 63, 2017.

ROSA, Roberto; BRITO, Jorge Luis Silva. Introdução ao geoprocessamento. **UFU: Apostila. Uberlândia**, 2013. Disponível em: http://professor.ufabc.edu.br/~flavia.feitosa/cursos/geo2016/AULA5ELEMENTOSMAPA/Apostila_Geop_rrosa.pdf. Acesso em: 3 jul. 2023.

ROUSE, J.W. *et al.* Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. 3rd ERTS Symposium, NASA SP-351, Washington DC, 1973, 309-317.

SANTOS, Alex da Silva. Introdução ao ambiente SIG. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: http://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/outros_documentos_tecnicos/introducao_sig_qgis/Introducao_ao_ambiente_SIG_QGIS_2edicao.pdf. Acesso em 1 jul. 2023.

SILVA, Eulália Cristine Guimarães *et al.* Florística em um fragmento urbano (Unidade de Conservação), Sítio Santa Eulália, São Luís, Maranhão. **Heringeriana**, v. 16, p. e917976-e917976, 2022.

SILVA, Fabio Leandro da *et al.* Gestão de recursos hídricos e manejo de bacias hidrográficas no Brasil: elementos básicos, histórico e estratégias. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 3, p. 1626-1653, 2021.

SILVA, Josilene Henriques da; PIRES, Maria Luiza Lins E. Silva. Associativismo em áreas protegidas: restrições e possibilidades na experiência dos guias de turismo do Catimbau, Pernambuco. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, p. 169-186, 2016.

SNIRH. **Uso da terra. 2016.** Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d56de925-d890-4fc9-8ab1-15ecd1b6d8c7#:~:text=Uso%20da%20Terra%20pode%20ser%20entendido%20como%20a,recursos%20naturais%20incluindo%20a%20%C3%A1gua%20e%20o%20solo>. Acesso em: 3 jul. 2023.

SOUZA, Acacia Maria Barros *et al.* Utilização de índices de vegetação na avaliação da cobertura vegetal do projeto de assentamento José Emídio dos Santos, Capela-SE. 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/112204/1/00093-104012.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2023.

SOUZA, Denivaldo Ferreira de; GONZALEZ, German Dario Duarte; TEIXEIRA, José Filho. Variação temporal do índice de vegetação normalizada como ferramenta de identificação dos açudes na bacia hidrográfica do Ribeirão das Cabras. **Revista Cerrados (Unimontes)**, v. 17, n. 1, p. 222-239, 2019.

SOUZA, Josiane Aparecida Cardoso de *et al.* Acurácia das métricas de validação da classificação de imagens. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2020.

SOUZA, Raquel Almeida de; OLIVEIRA, Marcelo Latuf de; SANTOS, Pablo Santana. Análise do desmatamento na bacia do rio de Ondas no período de 1984 a 2014, Oeste da Bahia. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 38, p. 41-63, 2016.

STANGANINI, Fábio Noel; LOLLO, José Augusto de. O crescimento da área urbana da cidade de São Carlos/SP entre os anos de 2010 e 2015: o avanço da degradação ambiental. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, p. 118-128, 2018.

TOMAZONI, Julio Caetano; GUIMARÃES, Elisete. **Introdução ao QGIS: OSGeo4W-3.22.7. Oficina de Textos**, 2022.

ZANZARINI, Fabricio V. *et al.* Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Jaboticabal, v. 17, p. 608-614, 2013.

APÊNDICE A – MATRIZ DE CONFUSÃO

Matriz de confusão para a classificação do NDVI da imagem do Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista – PE em 2016. Legenda: SE: Solo Exposto; AA: Área Antropizada; VR: Vegetação Rasteira; VD: Vegetação Densa.

Dados classificados	Dados de referência					
	Classes	SE	AA	VR	VD	Total
	SE	0	0	0	0	0
	AA	0	19	48	0	67
	VR	0	9	340	50	399
	VD	0	0	3	225	228
	Total	0	28	391	275	694

Fonte: Autor (2023)

Matriz de confusão para a classificação do NDVI da imagem do *buffer* do Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista – PE em 2016. Legenda: SE: Solo Exposto; AA: Área Antropizada; VR: Vegetação Rasteira; VD: Vegetação Densa.

Dados classificados	Dados de referência					
	Classes	SE	AA	VR	VD	Total
	SE	1243	622	0	0	1865
	AA	83	479	99	0	661
	VR	20	38	1871	119	2048
	VD	0	0	5	624	629
	Total	1346	1139	1975	743	5203

Fonte: Autor (2023)

Matriz de confusão para a classificação do NDVI da imagem do Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista – PE em 2023. Legenda: SE: Solo Exposto; AA: Área Antropizada; VR: Vegetação Rasteira; VD: Vegetação Densa.

Dados classificados	Dados de referência					Total
	Classes	SE	AA	VR	VD	
SE	0	0	0	0	0	0
AA	0	24	0	0	0	24
VR	0	0	142	9	0	43
VD	0	0	0	0	250	250
Total	0	24	142	259	259	317

Fonte: Autor (2023)

Matriz de confusão para a classificação do NDVI da imagem do *buffer* do Parque Natural Municipal Mata do Frio, Paulista – PE em 2023. Legenda: SE: Solo Exposto; AA: Área Antropizada; VR: Vegetação Rasteira; VD: Vegetação Densa.

Dados classificados	Dados de referência					Total
	Classes	SE	AA	VR	VD	
SE	243	0	0	0	0	243
AA	108	1535	10	0	0	1653
VR	3	22	495	74	0	594
VD	0	0	1	0	1021	1022
Total	354	1557	506	1095	1095	3512

Fonte: Autor (2023)