


ORGANIZADORES

Karoline Veloso Ribeiro

Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque



Estudos em Geotecnologias

pesquisa e ensino

Editora
**SER
TÃO
CULT**



Karoline Veloso Ribeiro

Doutoranda em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestra em Geografia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Especialista em Geoprocessamento pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFPI). Graduada em Geografia pela UFPI. Vice-líder do Grupo de Pesquisa - Grupo de Estudos em Geotecnologias: Pesquisa e Ensino (CNPq/UFPI).

E-mail: karolvelosogeo@outlook.com



Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

Doutor, Mestre e Graduado em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Especialista em Geoprocessamento pela UECE. Professor Adjunto II do Curso de Geografia da Universidade Federal do Piauí - UFPI. Coordenador do Laboratório de Geografia e Estudos Ambientais – GEOAMBIENTE. Líder do Grupo de Pesquisa - Grupo de Estudos em Geotecnologias: Pesquisa e Ensino (CNPq/UFPI).


E-mail: lindemberg@ufpi.edu.br

ORGANIZADORES
Karoline Veloso Ribeiro
Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque



Estudos em **Geotecnologias**

pesquisa e ensino



Sobral - CE
2022

Editora
SER
TÃO
CULT

Estudos em Geotecnologias: Pesquisa e Ensino.

© 2022 copyright by: Karoline Veloso Ribeiro, Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque (Orgs).

Impresso no Brasil/Printed in Brasil



Editora
**SER
TÃO
CULT**

Rua Maria da Conceição P. de Azevedo, 1138
Renato Parente - Sobral - CE
(88) 3614.8748 / Celular (88) 9 9784.2222
contato@editorasertaocult.com
sertaocult@gmail.com
www.editorasertaocult.com

Coordenação Editorial e Projeto Gráfico

Marco Antonio Machado

Coordenação do Conselho Editorial

Antonio Jerfson Lins de Freitas

Conselho Editorial

Ana Claudia Ramos Sacramento
Denise Mota Pereira da Silva
Emerson Ribeiro
Francisco José da Silva Santos
José Falcão Sobrinho
Josilene Ferreira de Farias
Oswaldo Girão da Silva
Paulo Sérgio Cunha Farias
Marco Túlio Mendonça Diniz
Matheus Lisboa Nobre da Silva

Revisão

Celina Maria Linhares Paiva

Diagramação e capa

João Batista Rodrigues Neto

Catálogo

Leolgh Lima da Silva - CRB3/967

E59 Estudos em geotecnologias: pesquisa e ensino./ Organizado por Karoline Veloso Ribeiro, Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque. – Sobral- CE: Sertão Cult, 2022.

126p.

Número ISBN: 978-65-5421-013-3 - e-book em pdf

Número ISBN: 978-65-5421-014-0 - papel

Doi: 10.35260/54210133-2022

1. Geotecnologia. 2 Pesquisa. 3. Ensino. I. Ribeiro, Karoline Veloso. II. Albuquerque, Emanuel Lindemberg Silva. III. Título.

CDD 621.3678

371.3



Este e-book está licenciado por Creative Commons

Atribuição-Não-Comercial-Sem Derivadas 4.0 Internacional

Prefácio

Prof. Rosalvo Nobre Carneiro
Departamento de Geografia,
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN).

É com muita alegria que recebo o convite, feito pelos organizadores, em prefaciá-la esta obra. A sua leitura permite perceber o quanto a ciência geográfica é encantadora, por suas temáticas e por suas empirias, como campos abertos, dinâmicos e instigantes como são o conjunto de ideias e lugares que aqui se descortinam.

A sociedade e o espaço geográfico no Brasil, desde a década de 1970, se reproduzem e se constituem, de modo acelerado, pelas mediações tecnológicas, do saber científico e das informações necessárias ao conhecimento do mundo, à organização e ao funcionamento das coisas. Com o advento do período e do meio técnico-científico-informacional, especialmente os avanços nas geotecnologias trouxeram diversas inovações gerando, ao mesmo tempo, uma série de demandas humanas e sociais, acadêmicas, políticas e econômicas por dados e informações georreferenciadas, associadas ao crescimento acelerado das modificações que permeiam o espaço geográfico, objeto de estudo da Geografia.

Nesse contexto, o GRUPO DE ESTUDOS EM GEOTECNOLOGIAS: PESQUISA E ENSINO, cadastrado no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e

vinculado ao Curso de Geografia e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO), do Centro de Ciências Humanas e Letras (CCHL) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), vem desenvolvendo um conjunto de pesquisas que tem o território piauiense e a Região Nordeste do Brasil como campo empírico. Suas ações encontram-se vinculações com temáticas da Geografia Física e das Geotecnologias, possibilitando, para além delas, uma reflexões e atuações na compreensão das relações integradas da sociedade e da natureza.

A obra ESTUDOS EM GEOTECNOLOGIAS: PESQUISA E ENSINO foi organizada pela profa. Karoline Veloso Ribeiro - atualmente cursando o doutorado em Geografia pela Universidade Federal do Ceará-UFC - e pelo prof. Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque - docente do curso de Geografia da Universidade Federal do Piauí – UFPI. Trata-se de uma coletânea de textos escritos por diferentes professores e professoras de diversas instituições universitárias e diversificadas realidades do Nordeste brasileiro, nomeadamente Maranhão, Piauí e Rio Grande Norte.

O primeiro capítulo, intitulado MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA NO SEMIÁRIDO: ANÁLISE MULTITEMPORAL APLICADA AO MUNICÍPIO DE PAULISTANA, ESTADO DO PIAUÍ, dos autores Lucas Almeida Monte e Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque, realiza uma análise do uso e cobertura da terra no município de Paulistana, localizado no semiárido piauiense, destacando-se como as ações antrópicas, associadas ao desmatamento, as práticas agrícolas realizadas de maneira inadequada e os elementos ligados à urbanização tencionam a capacidade de suporte dos ambientes.

As autoras Karoline Veloso Ribeiro e Karen Veloso Ribeiro apresentam, no segundo capítulo, a temática da AVALIAÇÃO DA DINÂMICA DA VEGETAÇÃO ATRAVÉS DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) EM ÁREAS SUSCETÍVEIS AO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO/

DESERTIFICAÇÃO: UM OLHAR PARA O MUNICÍPIO DE SIMPLÍCIO MENDES, ESTADO DO PIAUÍ, BRASIL. Seu objetivo foi realizar uma síntese sobre a dinâmica da cobertura vegetal/uso da terra no município de Simplício Mendes (PI), entre os anos de 2000 e 2019, a fim de determinar a velocidade de sua ocorrência para fins de análise à degradação/desertificação.

No terceiro capítulo, ANÁLISE DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE SÃO FERNANDO: UMA ABORDAGEM QUANTI-QUALITATIVA, os professores Jucielho Pedro da Silva, Marco Túlio Mendonça Diniz e Vitor Hugo Campelo Pereira realizaram um diagnóstico de como se encontram as principais partes do sistema de esgotamento sanitário e, por meio de um SIG, espacializar as informações e subsidiar o ordenamento territorial local.

O quarto capítulo tem como título ANÁLISE DA EXPANSÃO URBANA DE ESTREITO (MA) POR MEIO DA PLATAFORMA GOOGLE EARTH ENGINE, de autoria de Matias Ribeiro Cabral Junior e Lucas Mateus Fontenele de Oliveira. Nesse trabalho, os autores procederam com a análise da expansão urbana da cidade de Estreito (MA), entre os anos de 2000 e 2020, a partir da geração de Índices de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e Índice de Áreas Construídas por Diferença Normalizada (NDBI), utilizando a plataforma Google Earth Engine (GEE) para a aquisição e geração dos dados.

O texto que fecha a coletânea, intitulado ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA NO BAIRRO VALE DO GAVIÃO, MUNICÍPIO DE TERESINA, ESTADO DO PIAUÍ, tem como autores Rosyanne Ferreira Praseres Drummond e Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque. Neste capítulo objetivou-se avaliar a qualidade ambiental urbana no bairro Vale do Gavião, localizado no município de Teresina, estado do Piauí, na perspectiva de inferir a qualidade ambiental por meio do geoprocessamento.

Em síntese, o livro “ESTUDOS EM GEOTECNOLOGIAS: PESQUISA E ENSINO” estrutura-se em torno de temáticas e bases empíricas variadas que oportunizam contribuições para o fortalecimento da área de Geografia. Além disso, destaco a leitura prazerosa e instigante a qual se lançou mão tanto os organizadores como os autores.

Boa leitura!

Apresentação

O livro “ESTUDOS EM GEOTECNOLOGIAS: PESQUISA E ENSINO” reúne uma coletânea de cinco capítulos produzidos por discentes, professores e pesquisadores do Grupo de Pesquisa cadastrado no CNPq/UFPI, intitulado - GRUPO DE ESTUDOS EM GEOTECNOLOGIAS: PESQUISA E ENSINO, vinculado ao Curso de Geografia e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO), do Centro de Ciências Humanas e Letras (CCHL) da Universidade Federal do Piauí (UFPI), com a colaboração de parceiros do referido grupo.

A iniciativa para elaborar este produto deriva das ações do referido Grupo de Pesquisa, que visa fomentar e potencializar o conhecimento da geoinformação nos trabalhos da Geografia e áreas afins, tendo em vista a importância da espacialização das variáveis geoambientais, socioeconômicas, culturais e políticas na compreensão do espaço geográfico, de maneira totalizante e de forma integralizada.

Destaca-se que o avanço das geotecnologias tem possibilitado e estimulado a evolução de novas metodologias, que propõem uma integração entre o método convencional de se trabalhar com a Geografia e o uso de tecnologias que utilizam técnicas matemáticas e computacionais para a manipulação e sistematização de informações geográficas.

Nesse sentido, ao se enfatizar as geotecnologias como uma ferramenta que se mostra com grandes potencialidades e dinamicidade

para o ensino e aprendizagem na Geografia, nota-se que esse viés de análise e reflexão é fruto dos avanços das tecnologias geoinformacionais proporcionadas pelo mundo moderno, que são materializadas pelas mais diversas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) no ensino, e por meio do Geoprocessamento e dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) nos estudos a respeito do espaço geográfico.

A partir desta compreensão, foram selecionados diversos temas relativos ao mapeamento do uso e cobertura da terra: qualidade ambiental urbana, temática da degradação/desertificação, análise do sistema de esgotamento sanitário, questão da expansão urbana e, tendo como eixo norteador, a análise integrada do ambiente.

Espera-se que as análises, reflexões e informações proporcionadas pelo projeto em epígrafe possam subsidiar outros estudos geográficos no estado do Piauí e na Região Nordeste do Brasil, constituindo em uma fonte de informação relevante para qualificar e fortalecer a Geografia, bem como potencializar novos estudos e novas abordagens dentro do Grupo de Estudos em Geotecnologias: pesquisa e ensino.

Finalmente, agradecemos a todos os autores, os quais possibilitaram a concretização do livro “Estudos em Geotecnologias: pesquisa e ensino”, com suas análises sobre as temáticas selecionadas, colocando-as à disposição da sociedade.

Karoline Veloso Ribeiro
Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque
Organizadores

Sumário

CAPÍTULO 1

Mapeamento do uso e cobertura da terra no semiárido: análise multitemporal aplicada ao município de Paulistana, estado do Piauí....11

Lucas Almeida Monte

Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

CAPÍTULO 2

Avaliação da dinâmica da vegetação através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) em áreas suscetíveis ao processo de degradação/desertificação: um olhar para o município de Simplício Mendes, estado do Piauí, Brasil.....41

Karoline Veloso Ribeiro

Karen Veloso Ribeiro

CAPÍTULO 3

Análise do sistema de esgotamento sanitário do município de São Fernando: uma abordagem quantiqualitativa.....61

Jucielho Pedro da Silva

Marco Túlio Mendonça Diniz

Vitor Hugo Campelo Pereira

CAPÍTULO 4

Análise da expansão urbana de Estreito-MA por meio da plataforma Google Earth Engine.....83

Matias Ribeiro Cabral Junior

Lucas Mateus Fontenele de Oliveira

CAPÍTULO 5

Análise da qualidade ambiental urbana no bairro Vale do Gavião, município de Teresina, estado do Piauí.....101

Rosyanne Ferreira Praseres Drumond

Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

SOBRE OS AUTORES.....123

CAPÍTULO 1

MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA NO SEMIÁRIDO: ANÁLISE MULTITEMPORAL APLICADA AO MUNICÍPIO DE PAULISTANA, ESTADO DO PIAUÍ

Lucas Almeida Monte
Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

INTRODUÇÃO

A inserção da sociedade perante a natureza pode gerar situações que ocasionam o desequilíbrio ambiental, sobretudo devido à ocupação da natureza pelo homem e sua consequente extração de recursos naturais, provocando, assim, instabilidade ecológica e levanta discussões que remetem à problemática ambiental (PELEGRINI; VLACH, 2011).

Historicamente, o homem possui como principal característica a capacidade de transformar o meio onde vive, sobretudo a partir da finalidade de satisfazer as próprias necessidades com os recursos naturais. Nesse sentido, é possível perceber as constantes modificações no meio ambiente provocadas pelos seres humanos no decorrer do tempo. Dentre os impactos antrópicos tem-se o desmatamento, edificações, impermeabilização do solo, poluição, canalização de água, entre outras ações que afetam diretamente o equilíbrio dinâmico dos ambientes (PAVANIN *et al.*, 2016).

Dessa forma, os impactos ambientais causados pelas ações antrópicas afetam os indicadores físico-naturais, com maior destaque para o solo, tendo em vista que as atividades desenvolvidas sobre este

elemento natural contribuem para alteração de suas características originais, podendo gerar consequências, por vezes, irreversíveis.

Nesse contexto, o levantamento ambiental sobre o uso e cobertura da terra possui representativa importância para a mitigação de análises que venham a proporcionar a utilização desse recurso de maneira racional e sustentável. Esse levantamento ambiental, conforme Brasil (2013), é composto por análises e mapeamentos que possuem grande utilidade, tendo em vista que contribuem para o conhecimento atualizado das diferentes formas de uso e cobertura da terra, constituindo-se em uma importante ferramenta para o planejamento e orientação à tomada de decisões, sobretudo voltadas para amenizar os impactos ambientais provocados através de ações antrópicas diversas que impactam diretamente nos elementos naturais do ambiente.

As análises sobre o uso e cobertura da terra vêm ganhando espaço em estudos e pesquisas científicas de diferentes áreas, dentre elas a ciência geográfica. Entretanto, para melhor visualização e análise dos impactos ambientais causados pelo uso e cobertura, são utilizadas técnicas e ferramentas tecnológicas que possuem inúmeras aplicações, como na agricultura, meio ambiente, recursos hídricos, estudo de solos, entre outros (MARANHA *et al.*, 2016).

Dentre as principais técnicas para análise desses impactos ambientais tem-se as geotecnologias, que compreendem um conjunto de ferramentas computacionais que possuem como principal objetivo estudar a superfície terrestre, sendo possível, assim, realizar o cruzamento de informações que contribuem com os estudos do espaço geográfico.

O semiárido brasileiro figura dentre algumas áreas essenciais para aplicação das geotecnologias para monitoramento do uso e cobertura da terra, tendo em vista que a cobertura superficial dessa região é fortemente afetada por condições climáticas adversas como baixos índices pluviométricos, baixa umidade relativa do ar, bem como ocorrência de fenômenos como desertificação e processos erosivos no solo, ocasionados, sobretudo, pela supressão da cobertura vegetal.

No entanto, a cobertura vegetal, sobretudo no semiárido brasileiro, também pode ser suprimida a partir de ações antrópicas, tais como desmatamento e queimadas para criação de pastos e áreas destinadas para práticas agrícolas, proporcionando maior gravidade nos impactos ambientais oriundos do uso e cobertura do solo nessa região.

Dessa forma, as ações antrópicas, durante determinada quantidade de tempo, podem contribuir com a descaracterização de atributos físico-naturais, dentre eles a cobertura vegetal. Nesse contexto, a análise multitemporal de imagens de satélite contribuem significativamente para o constante monitoramento do avanço de degradações ambientais, visto que o intervalo de tempo nas imagens permite uma melhor visualização do avanço do uso da terra a partir de uma evolução histórica, proporcionando análises sobre os seus impactos no tempo presente.

Nesse sentido, o município de Paulistana/PI encontra-se inserido na área central do semiárido, município este que, além de possuir clima característico do semiárido, apresenta regiões com forte degradação ambiental devido ao constante uso da terra. E, através do uso das geotecnologias, torna-se possível um melhor monitoramento do município.

Com base nos pressupostos acima apresentados, o presente artigo possui como objetivo principal analisar o uso e cobertura da terra no município de Paulistana/PI, a partir da análise multitemporal de imagens de satélite da área em questão.

REFERENCIAL TEÓRICO

A região do semiárido brasileiro possui, em sua maioria, clima fortemente caracterizado por atributos típicos de regiões áridas e semiáridas, com baixos níveis de umidade, escassez de chuvas anuais, períodos com carência hídrica, solos problemáticos, tanto do ponto de vista físico quanto geoquímico, bem como ausência de rios perenes (AB'SÁBER, 1999).

Atreladas a essas caracterizações, as ações antrópicas, quando desenvolvidas na ausência de planejamentos e sem práticas conservacionistas visando a redução dos impactos ambientais gerados, constituem como principais formas de degradação do ambiente, degradando o solo, afetando diretamente na qualidade de vida do ser humano (ASSIS *et al.*, 2012).

Ao considerar as regiões semiáridas como ambientes potencialmente frágeis devido suas caracterizações físico-naturais, a preservação da vegetação nativa torna-se importante para a regulação dos processos hidrológicos na superfície. A supressão dessa vegetação constitui-se como uma das principais causas relacionadas com a degradação do solo, tendo como consequência, também, a modificação das propriedades do solo (MARTINS *et al.*, 2017).

A constante ocupação dos espaços, aliada a uma forte supressão dos recursos naturais a partir das necessidades humanas, gera distintos impactos ambientais. Entretanto, Batista *et al.* (2009 citados por OLIVEIRA; GALVÍNCIO, 2011) afirma que alguns processos que ocorrem na natureza, como é o caso do semiárido brasileiro, podem ser ocasionados de forma natural, a saber: erosão, lixiviação e modificação da cobertura vegetal. Porém, esses processos podem acabar por superar a capacidade de suporte e, aliados às ações humanas, podem gerar impactos negativos que afetam diretamente o próprio ser humano em uma relação de causa e efeito.

Conforme Oliveira e Galvínio (2011), o desordenamento na ocupação e a ausência de medidas protetivas das áreas do semiárido, associados à carência hídrica, expõem esse ambiente a fortes processos de degradação ambiental, como erosões e desertificação em avanços constantes e intensos.

Sobre o processo de ocupação da região semiárida brasileira, Barros (2011) afirma que se deu de maneira inadequada, a partir da implantação de atividades como agricultura permanente e criação

de gado - o pisoteio provocado pelo animal atrelado à derrubada de vegetação nativa para extração dos recursos naturais contribuem para ocorrência de solos problemáticos e pouco férteis - bem como ocorrência dos fenômenos erosivos.

A partir dessas ações, a abordagem sobre o uso e cobertura da terra, especificamente no semiárido brasileiro, vem ganhando maior notoriedade nas análises geográficas, visto que o atual cenário de uso do solo necessita de constantes análises e monitoramentos, a fim de se mitigar medidas sustentáveis e racionais para o uso do solo.

A conceituação do uso e cobertura da terra é tida a partir de critérios funcionais, ou seja, segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 1995 citado por LEITE; BRITO, 2011), esse conceito parte da finalidade do uso da terra pela população. Nesse sentido, Ab'Saber (1994) explicita que o uso e cobertura da terra constitui-se em uma organização territorial pelas sociedades.

Destaca-se, com isso, a importância da realização do levantamento do uso e cobertura da terra, ao considerar que esse procedimento contribui para verificar a distribuição geográfica e os tipos de uso, sendo essas verificações realizadas através de trabalhos de campo e pesquisas em laboratórios/escritórios que possuem como produto principal a classificação e espacialização do uso e cobertura da terra em cartas e mapas (BRASIL, 2013).

Não obstante, os estudos referentes ao uso e cobertura da terra, na ciência geográfica, vem sendo subsidiados por técnicas e ferramentas que visam o monitoramento do espaço geográfico. Dentre essas técnicas, há as geotecnologias, que são responsáveis pela elaboração de produtos cartográficos que possuem informações sobre as determinadas áreas que estejam sendo objetos de estudo.

As geotecnologias, em sua essência, consistem no conjunto de tecnologias destinadas à coleta, processamento, análise e oferta de informação com referência geográfica. Nesse processo, os conjuntos

das tecnologias são compostos por elementos como *hardware* (computadores e outros aparatos tecnológicos), *software* (programas utilizados em computadores para tratamento das informações obtidas) e *peopleware* (conjunto de pessoas especializadas e destinadas ao manuseio dos *hardwares* e *softwares* através de diferentes metodologias de trabalho). Ressalta-se ainda que as geotecnologias englobam conceitos importantes, a saber: Geoprocessamento, Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Sensoriamento Remoto e *Global Position System* (GPS – Sistema de Posicionamento por Satélite) (MATIAS, 2001; ROSA, 2005; FLORENZANO, 2005).

Nesse sentido, as geotecnologias se mostram eficientes em estudos ambientais, proporcionando um efetivo processo de prevenção e recuperação de áreas degradadas. Cabe salientar que a utilização das geotecnologias permite a realização de constantes monitoramentos dos diferentes problemas ambientais, tais como processos erosivos e desertificação (COSTA; VIEIRA, 2018).

Não obstante, a aplicação das geotecnologias em análises voltadas para o uso e cobertura da terra constitui-se como importante elemento de estudo relacionado à temática, visto que essa técnica contribuirá para coleta de informações relacionadas à identificação e localização dos agentes que ocupam determinadas áreas, bem como a forma que o solo esteja sendo utilizado (BRAZ *et al.*, 2014).

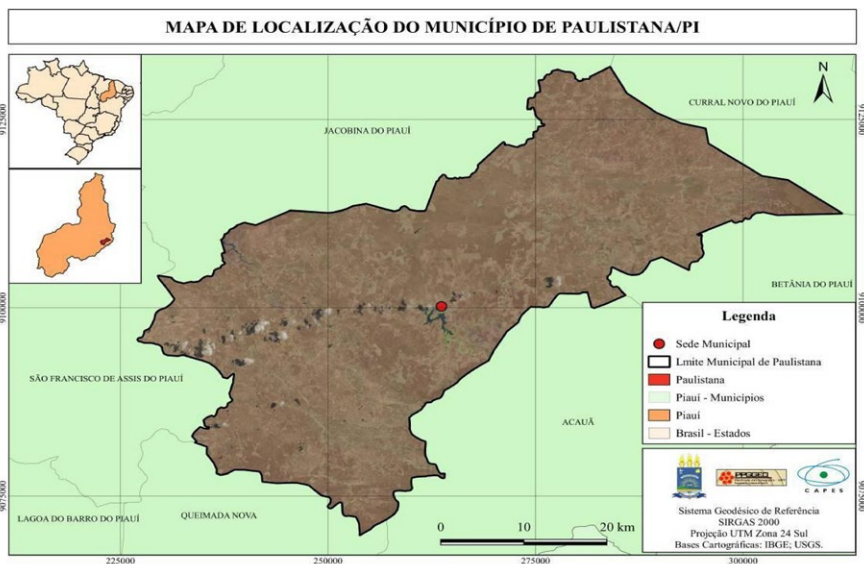
Ainda assim, através das imagens de satélite processadas com utilização das geotecnologias, é possível realizar análises multitemporais, ou seja, em distintos intervalos de tempo, os quais são definidos conforme a necessidade do estudo que se pretende realizar. A análise multitemporal contribui, sobretudo, para verificação da evolução de determinadas características da superfície terrestre, dentre elas a observação do uso e cobertura da terra, que possui evolução constante devido aos impactos ambientais provocados. Dessa forma, algumas informações obtidas através de estudos multitemporais são obtidas com poucos intervalos de tempo, enquanto outras requerem maiores intervalos de tempo.

MATERIAL E MÉTODO

Área de estudo

O município de Paulistana está localizado na microrregião do Alto Médio Canindé, situado na porção sudeste do Estado do Piauí, com distância aproximada de 456 km da capital, Teresina. Possui uma área aproximada de 1.751 km² (Figura 1). Como municípios limítrofes há Jacobina do Piauí, ao norte, ao sul com Queimada Nova, a leste com Betânia do Piauí e Acauá e, a oeste com São Francisco de Assis do Piauí.

Figura 1 - Mapa de localização do município de Paulistana, estado do Piauí



Fonte: IBGE (2010). Elaboração: Autores (2019).

Em sua caracterização físico-natural, o município em epígrafe apresenta elementos que, analisados de maneira integrada, formam as dinâmicas ambientais da área e contribuem para distintas análises, dentre as quais insere-se o uso e cobertura da terra.

Nesse contexto, os estudos geológicos voltados para o município de Paulistana apresentam informações que demonstram a inserção

do município na unidade estrutural do embasamento cristalino, correspondente ao núcleo nordestino do escudo brasileiro, oriundo do Pré-Cambriano, ressaltando que nessa unidade litoestratigráfica há a exclusividade de litologias do embasamento ígneo-metamórfico (LIMA, 1987; FERREIRA; DANTAS, 2010).

No contexto geomorfológico, verifica-se que o recorte espacial em análise está inserido no embasamento cristalino da Depressão Sertaneja e do São Francisco. Conforme Ross (2006), essa forma de relevo se refere a uma área rebaixada e com predominância de superfícies aplanadas. Não obstante, Jacomine (1986) corrobora que na região onde se insere o município de Paulistana há, predominantemente, um relevo plano com destaque para partes suavemente onduladas e altitudes variando de 150 a 300 metros e superfícies tabulares cimeiras, com relevo plano e altitudes que variam entre 400 a 500 metros.

Este município possui predominância do clima tropical-equatorial, no qual há ocorrência de nove a onze meses secos, podendo, também, ser denominado como clima semiárido (Bsh – de acordo com a classificação climática de Köppen). Dentre as principais características desse clima há o destaque para altas temperaturas, baixos níveis da umidade relativa do ar, bem como índices pluviométricos anuais oscilando entre 600 e 700 mm, aproximadamente. No tocante ao período chuvoso, o município apresenta melhores índices pluviométricos entre os trimestres de janeiro/fevereiro/março e/ou dezembro/janeiro/fevereiro (AGUIAR; GOMES, 2004; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Na área em estudo é possível encontrar solos que apresentam fertilidade natural, com oscilações de moderada à boa. Quanto às associações de solo, tem-se o destaque para as seguintes: Argissolos Vermelho-Amarelo, Luvisolos Crômicos, Latossolos Amarelos Distróficos, Neossolo Litólico (JACOMINE, 1986; AGUIAR; GOMES, 2004; FERREIRA; DANTAS, 2010; PIAUÍ, 2013).

Em seus aspectos hidrográficos, o município se insere em áreas do alto curso dos rios Piauí, Canindé, Itaim e Guaribas, sendo estes afluentes importantes do Rio Parnaíba, principal eixo da drenagem piauiense. Dentre estes, o Rio Canindé pode ser encontrado na extensão territorial do município, ressaltando também, como destaque, a presença de corpos hídricos superficiais, como o Açude Ingazeiras, Riacho Pau-Ferro, Riacho Seco e Riacho dos Pilões (FERREIRA; DANTAS, 2010).

PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

A efetivação da presente pesquisa ocorreu por meio de levantamentos bibliográficos e posterior revisão conceitual a fim de se explicitar o tema em questão, bem como a caracterização da área de estudo. A realização de trabalho de campo constituiu-se em outra etapa realizada, na qual foi possível ser feita a coleta de dados referentes aos aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, climatológicos e pedológicos do município de Paulistana/PI, tendo em vista que estes são elementos importantes para análise de uso e cobertura da terra. Ressalta-se ainda a utilização de materiais como imagens orbitais e câmeras fotográficas para registro das informações coletadas *in loco*.

No tocante à base cartográfica utilizada no trabalho, foram utilizados arquivos vetoriais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – utilização de arquivos do tipo *shapefile* das malhas territoriais; utilização de dados matriciais (arquivos *raster*) disponibilizados pela *United States Geological Survey* – USGS (Serviço Geológico Americano) para subsidiar a elaboração do mapa de localização e mapas do uso e cobertura da terra.

Para elaboração do mapa de uso e cobertura da terra, em caráter multitemporal, foram utilizadas imagens de satélite do Projeto *Landsat 5* e *8* referentes aos anos de 1988, 1998, 2008 e 2018. As imagens possuem resolução espacial de 30 metros e foram adquiri-

das por intermédio do site da USGS, sendo utilizadas três cenas com datas distintas entre si (Tabela 1).

Tabela 1 - Descrição das imagens utilizadas para verificação da cobertura do solo

Ano da imagem	Satélite	Cena	Órbita	Data da imagem
1988	<i>Landsat 5</i>	66	217	25/05/1988
		65	218	01/06/1988
		66	218	01/06/1988
1998	<i>Landsat 5</i>	66	217	28/10/1998
		65	218	03/10/1998
		66	218	03/10/1998
2008	<i>Landsat 5</i>	66	217	21/09/2008
		65	218	26/07/2008
		66	218	26/07/2008
2018	<i>Landsat 8</i>	65	218	22/07/2018
		66	218	23/08/2018

Fonte: USGS (2019). Elaboração: Autores (2019).

Destaca-se que foram utilizadas três cenas para os anos de 1988, 1998 e 2008, enquanto que para o ano de 2018 foram utilizadas apenas duas cenas. No tocante ao intervalo de tempo, a diferença entre as datas das imagens ocorre devido à grande quantidade de cobertura de nuvens em algumas datas específicas, o que dificultaria a visualização da superfície.

Para processamento das imagens foram utilizados dois *softwares*: QGIS (versões 2.18.26 e 3.4.12) e ArcGIS® (versão 10.2 – sob licença da Universidade Federal do Piauí). Ambos os *softwares* contribuíram para a visualização, edição e análise de arquivos vetoriais e matriciais. Para elaboração do mapa de uso e cobertura da terra no município de Paulistana, foi realizada no *software* ArcGIS a classificação não-supervisionada da área em estudo para identificação do uso e cobertura. Ainda nesse *software*, foi feita a transformação de arquivo do tipo *raster* para arquivo do tipo vetor, para que pudessem ser realizados os respectivos cálculos, as correções e as dimensões das áreas de solo em uso. Após isso, utilizou-se o *software* QGIS a fim de

ser feita a correção dos dados, ou seja, verificar se todas as feições foram classificadas corretamente de acordo com a área de estudo, para assim ser realizada a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra.

Cabe salientar o uso do *software* Microsoft Excel, por meio do qual foi possível a tabulação das áreas correspondentes ao uso e cobertura, bem como cálculos relacionados a essa análise aqui apresentada. A partir disso, os dados foram organizados em tabelas confeccionadas nesse mesmo *software*.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

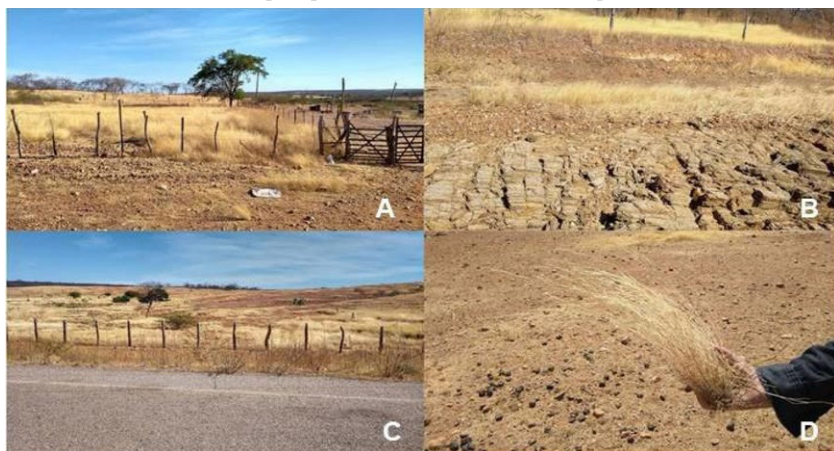
As técnicas utilizadas atualmente, sobretudo proporcionadas pelo conjunto das geotecnologias, contribuem para a realização de levantamentos relacionados à cobertura da terra e favorecem o constante monitoramento das áreas utilizadas. Dessa forma, a partir do uso de geotecnologias, foi analisada a cobertura da terra no município de Paulistana/PI. A análise ocorreu em caráter multitemporal, com um intervalo de tempo de 10 anos, abrangendo os anos de 1988, 1998, 2008 e 2018.

A análise multitemporal do uso e cobertura contribuiu para visualização da supressão vegetacional ocasionada pelo avanço das áreas utilizadas para práticas agrícolas e/ou degradadas no decorrer dos últimos 30 anos (1988 – 2018). Ressalta-se que para o uso e cobertura do solo no município em questão foram categorizadas as feições encontradas através do processamento das imagens de satélite em *software*, a saber: corpos hídricos, vegetação densa, vegetação rasteira e solo exposto.

Nessas análises, a vegetação nativa, verificada através das imagens de satélite foi classificada como vegetação densa, já na vegetação rasteira, representada nos mapas, insere-se a vegetação arbustiva e herbácea, que consiste em um tipo vegetacional encontrado em maior quantidade na Caatinga, bioma no qual se insere o município de Paulistana/PI.

Ressalta-se que a vegetação rasteira consiste, também, em gramíneas ou vegetação do tipo carrasco, que surge em áreas constantemente utilizadas para práticas agrícolas e posteriormente abandonadas. Sobre as gramíneas detectadas na área do município, ressalta-se que parte destas era composta, em sua maioria, por capim-panasco (*Aristida adscensionis* Linn.). Esse tipo de capim é um bioindicador de solos degradados, com baixa fertilidade, sendo encontrados, majoritariamente, na região do semiárido nordestino (SILVA *et al.*, 1999). Conforme observado na Figura 2, no município de Paulistana/PI há forte presença do capim-panasco em toda sua extensão territorial, o que demonstra solos degradados e com baixa fertilidade.

Figura 2 – Presença de capim-panasco em áreas do município de Paulistana/PI. A – Capim-panasco em área de propriedade rural. B – Afloramento rochoso, solo exposto e presença de capim-panasco. C – Área de solo exposto com ocorrência de capim-panasco. D – Amostra de capim-panasco encontrado no município de Paulistana



Fonte: Autores (2018).

Na categoria de solo exposto se inserem todas as distintas formas de intervenções humanas no ambiente que provocam elevados níveis de supressão da vegetação nativa, dentre os quais se destacam: área urbanizada e edificações diversas (rodovias, áreas comerciais, áreas de produção de energia, entre outros); práticas agrícolas diversas e criação de animais. Essas práticas, atreladas a indicadores físico-naturais do município, proporcionam uma elevada possibilidade de impactos ambientais e modificações da paisagem (Figura 3).

Figura 3 – Solo exposto em distintas áreas do município de Paulistana/PI. A – Solo exposto em primeiro plano e área urbana em segundo plano. B – Área de solo exposto e pedregoso. C – Solo exposto às margens da rodovia que dá acesso à zona rural de Paulistana. D – Área de solo exposto na sede municipal às margens da BR-407



Fonte: Autores (2018).

Na categoria dos corpos hídricos, inserem-se todos os corpos d'água superficiais encontrados na área do município, dentre os quais podem ser artificiais ou naturais. Cabe ressaltar que o Açude Ingazeiras aparece como principal corpo hídrico do município, sendo perceptível em todos os mapas elaborados para verificação do uso e cobertura da terra (Figura 4).

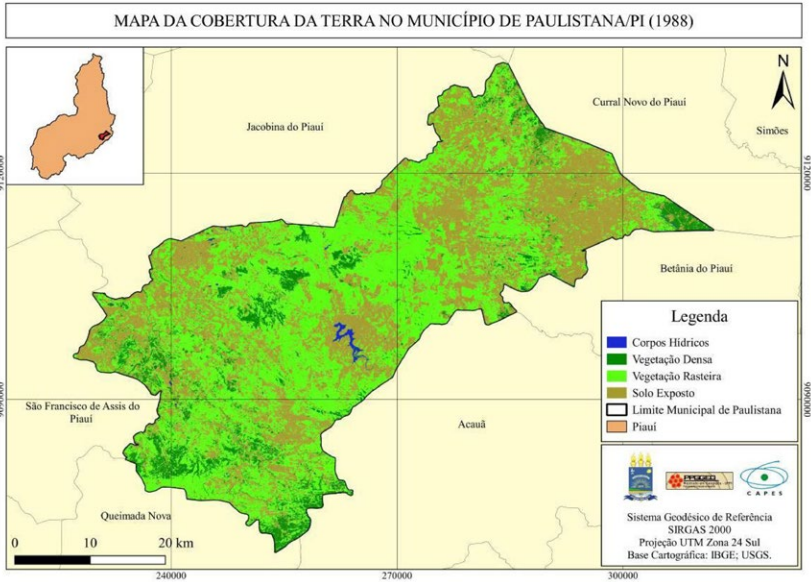
Figura 4 – Trecho do Açude Ingazeiras no município de Paulistana/PI, com presença de loteamentos em suas margens



Fonte: Autores (2018).

A partir das imagens de satélite do ano de 1988 foi possível observar que em grande parte do território de Paulistana/PI havia a predominância de vegetação rasteira, com resquícios de mata nativa (Figura 5). A vegetação densa verificada naquele ano diz respeito às áreas próximas a corpos hídricos, bem como vegetação de altitude, nos locais de maiores elevações do relevo no município. As áreas de solo exposto neste município, no ano de 1988, são decorrentes, sobretudo, das práticas agrícolas, o que acarreta em desmatamentos e queimadas, tendo em vista que nesse período de tempo grande parte da população do município ainda era, predominantemente, rural, ocasionando grande supressão da vegetação na área do município.

Figura 5 – Mapa da cobertura da terra no município de Paulistana/PI, para o ano de 1988



Fonte: USGS (1988); IBGE (2019). Elaboração: Autores (2019).

As áreas de solo exposto, visualizadas no ano de 1988, são decorrentes, de maneira geral, do cultivo de algodão que ocorria em maior intensidade na década de 1980. Conforme relato da população coletado *in loco*, o município de Paulistana/PI foi, durante alguns anos, um polo de cultivo de algodão que possuía influência em

toda a região e em outros Estados. Esse fato é comprovado a partir de levantamentos oriundos de estudos sobre a produção agrícola do semiárido piauiense, assim como afirma Apipa (2019), o qual apresenta informações sobre a produtividade de algodão no Piauí, que era responsável por 79,51% da área plantada na região do semiárido durante essa década.

Entretanto, ainda no final da década de 1980 e início da década de 1990, segundo relatos populacionais, houve a ocorrência de uma praga que dizimou grande parte das plantações de algodão no município. O inseto bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*) provocou perdas nos plantios, o que fez com que grande parte dos produtores abandonasse suas terras e seus cultivos, ocasionando a degradação dos solos e perda da sua fertilidade. Devido a isso, atualmente, na extensão territorial do município, há pouco ou nada de cultivo relacionado ao algodão.

Atrelado à questão da praga do bicudo-do-algodoeiro, outros pontos foram significativos na queda da produção de algodão nessa região do semiárido piauiense e em todo o país, como a baixa evolução tecnológica no cultivo desse produto, bem como importação do algodão de outros países, o que contribuiu para declínio em demais áreas produtoras, como São Paulo e Paraná (APIPA, 2019).

Além do cultivo de algodão, outras práticas agrícolas também justificam a elevada porcentagem da área de solo exposto para o ano de 1988. Em Paulistana, são realizados plantios de outras culturas como feijão, mandioca e milho, plantios estes espalhados por toda a extensão territorial do município. Além disso, há ocorrência do desmatamento para criação de pasto para animais.

A partir de outros aspectos como a questão climática, por exemplo, justifica-se a quantidade de km² para o solo exposto, tendo em vista que as imagens de satélite obtidas para o ano de 1988 são referente ao mês de maio e junho, período no qual ocorre a redução dos níveis pluviométricos e começo da estiagem (Tabela 2).

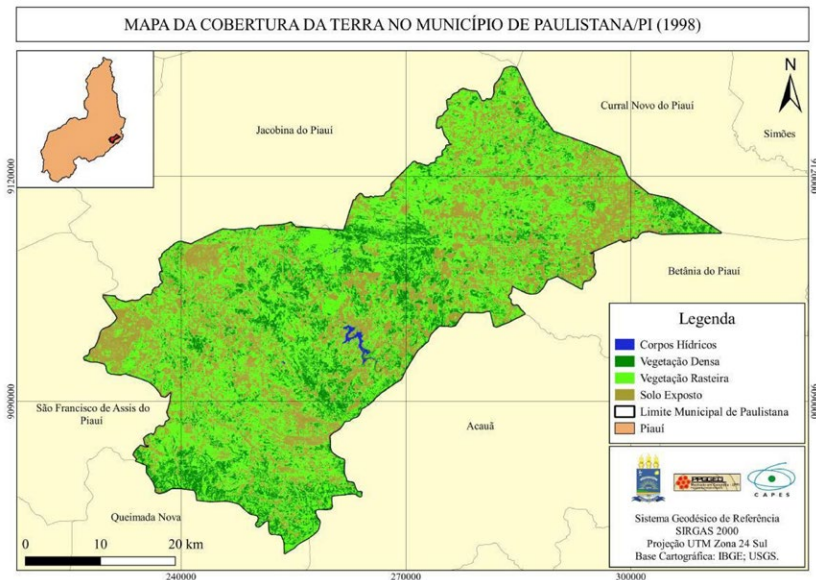
Tabela 2 – Áreas de cobertura do solo do ano de 1988, município de Paulistana/PI

1988		
Classes	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Corpo hídrico	6,651	0,344
Vegetação densa	164,228	8,500
Vegetação rasteira	970,713	50,240
Solo exposto	790,577	40,917
Total	1932,169	100,000

Fonte: USGS (1988). Elaboração: Autores (2019).

O ano de 1998 apresentou um decréscimo nas áreas de solo exposto e um aumento na área da cobertura vegetal, sendo verificadas através da vegetação rasteira. Esse fato se deu devido à redução significativa no cultivo do algodão, que ocorria até o começo da década de 1990. Entretanto, a partir dessa década, há o aumento constante do processo de urbanização em toda extensão municipal e povoamento de áreas antes inutilizadas (Figura 6; Tabela 3).

Figura 6 – Mapa da cobertura da terra no município de Paulistana/PI, para o ano de 1998



Fonte: USGS (1998). Elaboração: Autores (2019).

Tabela 3 – Áreas de cobertura da terra do ano de 1998, município de Paulistana/PI

1998		
Classes	Área	Porcentagem (%)
Corpo hídrico	5,105	0,259
Vegetação densa	339,923	17,251
Vegetação rasteira	1030,507	52,297
Solo exposto	594,940	30,193
Total	1970,475	100,000

Fonte: USGS (1998). Elaboração: Autores (2019).

Ressalta-se que, seguindo a lógica da economia do município, as áreas correspondentes ao solo exposto podem ser consideradas como áreas destinadas para práticas agrícolas realizadas, como criação de animais e cultivo de lavouras diversas, que corroboram significativamente na redução da cobertura vegetal nativa.

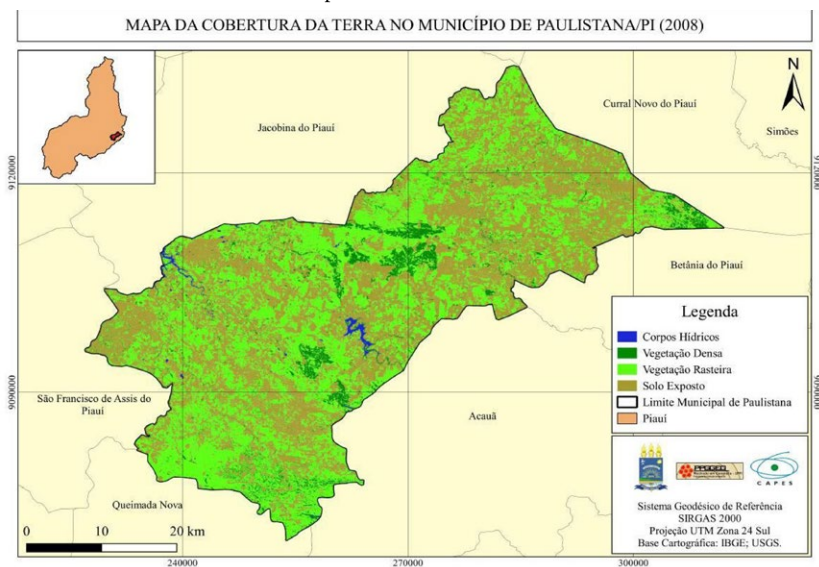
A partir do histórico das diferentes intervenções antrópicas em Paulistana/PI, pode-se considerar que grande parte da vegetação rasteira consiste em vegetação do tipo herbácea (gramíneas), oriunda da possível degradação do solo devido ao manejo inadequado deste, ocorrida no período de maior intensidade dessas intervenções, como no período de cultivo do algodão (década de 1980).

No ano de 2008, é possível perceber um expressivo aumento na área referente ao solo exposto, seguido de uma redução na quantidade de km² de vegetação rasteira e vegetação densa. Tem-se como principal fator de aumento da área de solo exposto a expansão do processo de urbanização no limite municipal, sobretudo na área correspondente à sede municipal.

Nesse intervalo temporal de 10 anos, entre 1998 e 2008, foi possível observar que a área de solo exposto em Paulistana apresentou forte crescimento e tendência de aumento dessas áreas. Grande parte desse solo exposto corresponde à supressão da cobertura vegetal oriunda de diferentes atuações humanas no ambiente, o que proporciona um quadro de elevados níveis de modificação da paisagem.

No tocante aos corpos hídricos, as imagens de satélite do ano de 2008 apresentaram uma área maior para essa categoria da cobertura. Esse aumento na quantidade de km² dos corpos hídricos é oriundo, sobretudo, no aumento da vazão dos principais corpos hídricos superficiais do município, como o Rio Canindé e o Açude Ingazeiras, por exemplo (Figura 7, Tabela 4).

Figura 7 – Mapa da cobertura da terra no município de Paulistana/PI, para o ano de 2008



Fonte: USGS (2008). Elaboração: Autores (2019).

Tabela 4 – Áreas de cobertura da terra do ano de 2008, município de Paulistana/PI

2008		
Classes	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Corpo hídrico	10,123	0,514
Vegetação densa	154,810	7,855
Vegetação rasteira	874,160	44,352
Solo exposto	931,848	47,279
Total	1970,941	100,000

Fonte: USGS (2008). Elaboração: Autores (2019).

Ainda em relação ao aumento na área correspondente aos corpos hídricos, cabe salientar que entre os anos de 2008 e 2009 houve a ocorrência de períodos chuvosos com elevados números de precipi-

tação total. Para o ano de 2008 houve, aproximadamente, um total de 600 mm de precipitação, enquanto no ano de 2009 foi um total de 750 mm, aproximadamente (INMET, 2020).

Além da atuação intensa de sistemas atmosféricos atuantes no Nordeste do Brasil, atribui-se a esses eventos de elevados números de precipitação total a fraca atuação do *El Niño*, principal anomalia causadora de estiagens no semiárido nordestino, e, particularmente, no município de Paulistana/PI. A ocorrência de um período chuvoso com índices pluviométricos acima da média anual, e consequente alimentação do sistema hídrico do município, contribui de maneira positiva para amenizar as interferências ambientais oriundas da própria caracterização natural da área associadas às ações antrópicas.

A partir de observações *in loco*, foi possível analisar e validar informações referentes à cobertura da terra para o ano de 2018. Através do trabalho de campo, realizou-se registros fotográficos das áreas em usos atuais no município de Paulistana/PI.

Em 2018, a análise sobre a cobertura da terra apresentou expressivo aumento na área referente à categoria de solo exposto, em relação aos anos anteriores. Atrelado a isso, tem-se uma forte expansão urbana que vem ocorrendo no município, sobretudo na sede municipal, com a construção de áreas comerciais e residenciais (loteamentos) (Figura 8).

Figura 8 – Loteamento residencial no entorno da sede municipal de Paulistana/PI



Fonte: Autores (2018).

Verificou-se, também, uma expansão urbana fora da sede municipal, que é a atual situação de povoados como Barro Vermelho e Serra Vermelha. Aliado a isso, tem-se a pavimentação de rodovias que dão acesso a esses povoados (Figura 9).

Figura 9 – Povoados Barro Vermelho, Serra Vermelha e Tigre, em Paulistana/PI. A – Entrada do Povoado Barro Vermelho, com acesso pela PI-142. B – Entrada do Povoado Serra Vermelha, às margens da PI-142. C - Área urbana do Povoado Serra Vermelha. D – Início de perímetro urbano do Povoado Tigre



Fonte: Autores (2018).

Ainda em relação às áreas de solo exposto, ressalta-se a questão climática como influenciadora no resultado, tendo em vista que as imagens de satélite obtidas correspondem aos meses de julho e agosto de 2018, momento no qual há escassez de chuvas e déficit hídrico de reservatórios superficiais, que pode acarretar numa supressão natural da vegetação herbácea e arbustiva. Além disso, a supressão vegetal provocada pelas atuações humanas contribuem de maneira mais significativa para uma maior exposição do solo e conseqüente agravamento do cenário ambiental.

Para o ano de 2018, a prática da agricultura e criação de animais influenciaram na quantidade de solo exposto. Cabe ressaltar que durante a coleta de informações no trabalho de campo foi possível observar que alguns produtores retornaram com o cultivo de algodão, porém em menor quantidade (Figura 10).

Figura 10 – Cultivo de algodão em propriedade particular no município de Paulistana/PI

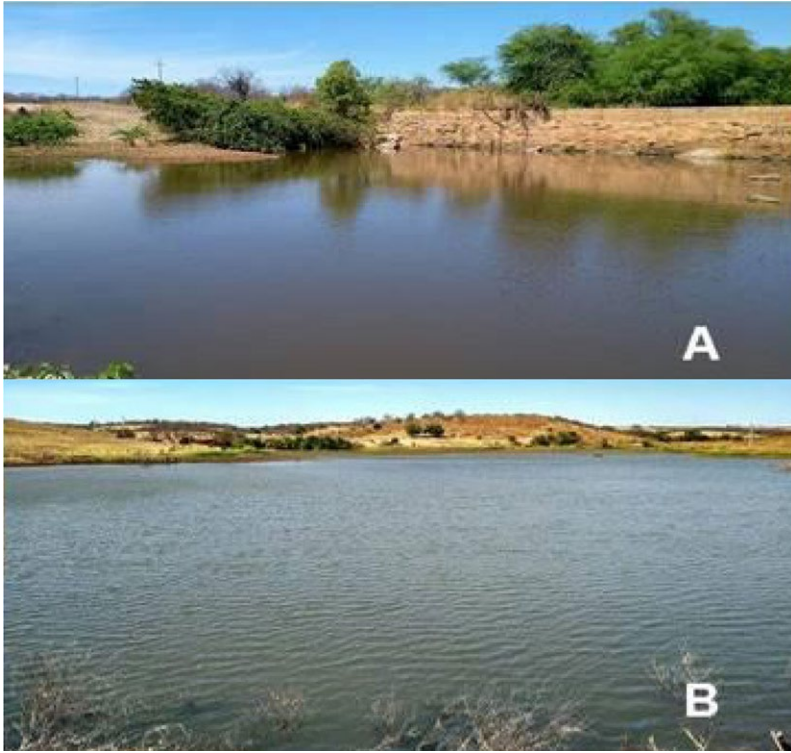


Fonte: Autores (2018).

Ressalta-se, também, o cultivo de outras culturas (milho, feijão, sorgo, coco, palma, banana, mamão) e criação de animais como caprinos, ovinos, equinos e bovinos. A criação dos animais associado ao pisoteio do solo, e a intensa prática da agricultura contribuíram com a grande quantidade de solo exposto da área.

No tocante à quantidade de km² para os corpos hídricos, verifica-se que houve uma redução na quantidade total da área em relação a 2008. Na etapa de campo, foi possível observar, além de corpos hídricos importantes como o Açude Ingazeiras e o Rio Canindé, pequenos e médios reservatórios de água, sendo estes de caráter público ou privado situados em propriedades particulares, atendendo exclusivamente a determinado número de pessoas (Figura 11). No caso dos reservatórios de água públicos, cita-se o represamento de cursos d'água essencialmente superficiais.

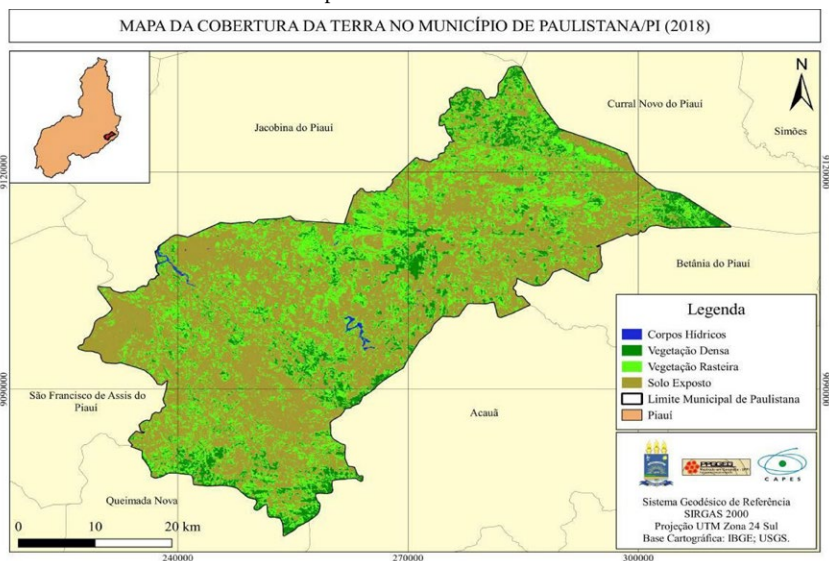
Figura 11 – Reservatórios de água no município de Paulistana/PI. A – Represamento do Riacho Mulungu, próximo ao Povoado Serra Vermelha. B – Reservatório de água em propriedade particular



Fonte: Autores (2018).

A partir dessas observações foi possível obter, com o auxílio das imagens de satélite, o mapa de uso e cobertura da terra para o ano de 2018, no qual há maior evidência de solo exposto a partir das distintas atuações antrópicas sobre este. No mapa, é possível observar, também, uma supressão da vegetação densa e vegetação rasteira. Entretanto, há ocorrência de vegetação densa em áreas mais distantes da sede municipal e em áreas onde o relevo apresenta maior altitude, como na porção Leste-Nordeste do município, nas proximidades da borda da Bacia Sedimentar do Araripe (Figura 12). Sobre isso, cabe salientar que a observação sobre as características vegetacionais é importante para se analisar o comportamento dos níveis de uso e cobertura da terra, sobretudo no município de Paulistana/PI.

Figura 12 – Mapa da cobertura da terra no município de Paulistana/PI, para o ano de 2018



Fonte: USGS (2018). Elaboração: Autores (2019).

Para melhor interpretação das informações descritas no mapa, a Tabela 5 apresenta as respectivas áreas de cobertura, bem como a porcentagem correspondente a cada categoria utilizada para analisar essas informações.

Tabela 5 – Áreas de cobertura da terra do ano de 2018, município de Paulistana/PI

2018		
Classes	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Corpos hídricos	5,316	0,270
Vegetação densa	239,747	12,163
Vegetação rasteira	597,542	30,315
Solo exposto	1128,506	57,252
Total	1971,111	100,000

Fonte: USGS (2018). Elaboração: Autores (2019).

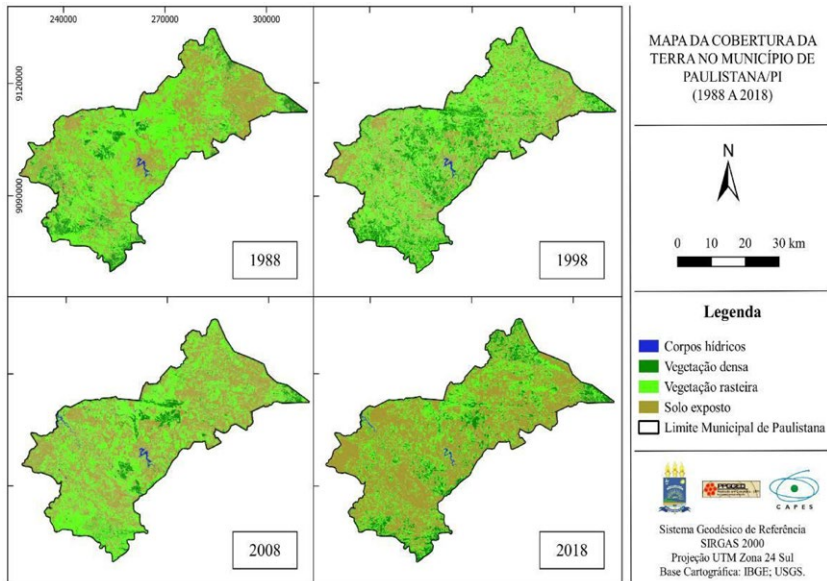
A partir da interação entre sociedade e natureza, a análise sobre a cobertura da terra se torna necessária, a fim de se verificar a modificação dos ambientes a partir da interação entre os elementos da própria natureza e da atuação antrópica, desenvolvida através de prá-

ticas como desmatamento para edificações ou realização de práticas agrícolas, dentre outras atividades que podem acarretar em consequências negativas para o ambiente.

Sobre essas práticas, Oliveira e Galvêncio (2011) afirmam que são comuns na região do semiárido nordestino as práticas deletérias de degradação ambiental, demonstrando, assim, que a relação entre sociedade e natureza, apresenta como principal característica a intensa extração dos recursos naturais, gerando consequências diversas que atingem distintas esferas do meio ambiente e compromete o equilíbrio da natureza.

Com base nisso, a Figura 13 ilustra a evolução dos diferentes cenários de cobertura da terra referente aos quatro anos analisados (1988 a 2018). Em síntese, percebe-se o aumento na área de solo exposto e intensa supressão da vegetação.

Figura 13 – Mapa comparativo da cobertura da terra para os anos de 1988, 1998, 2008 e 2018, município de Paulistana/PI



Fonte: USGS (1988, 1998, 2008, 2018); IBGE (2018). Elaboração: Autores (2019).

As análises referentes à cobertura da terra no município contribuem, de sobremaneira, na verificação dos níveis de cobertura vegetal ou da supressão desta. A vegetação, aliada aos demais elementos físico-naturais dos ambientes, constituem a base necessária para o equilíbrio dinâmico ambiental e, a partir da atuação antrópica sobre essa dinâmica, podem ocorrer impactos ambientais que tragam consequências por vezes irreversíveis. Dessa forma, os levantamentos ambientais possuem grande importância na elaboração de estudos voltados para a relação harmoniosa entre sociedade e natureza, a fim de ser almejado o uso sustentável de recursos naturais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relação entre sociedade e natureza pode gerar impactos ambientais que ocorrem a partir de diferentes intervenções sobre o ambiente, sobretudo decorrentes de ações antrópicas, que podem ocorrer de diversas formas. Há, entretanto, destaque para o uso e cobertura da terra como principal fator desencadeante de impactos ambientais significativos, através da supressão da vegetação original e substituição por pastagens e prática da agricultura.

O levantamento de informações ambientais relacionadas ao uso e cobertura possuem importância para avaliar a capacidade de suporte de cada ecossistema, tendo em vista que, ao ultrapassar o limite de suporte ambiental, podem ocorrer consequências graves na natureza, podendo estas apresentarem diferentes níveis de irreversibilidade. Dentre as principais consequências citam-se os processos erosivos e a desertificação.

No semiárido nordestino, as mudanças climáticas associadas às práticas antrópicas que impactam diretamente na caracterização natural dessa região brasileira, representam um elevado risco de alterações ambientais e modificações na paisagem, de maneira que venham a impactar diretamente na qualidade de vida da população, já que o semiárido brasileiro é a região semiárida mais populosa do mundo.

Ao considerar essa informação, foi possível constatar a relação entre sociedade e natureza no município de Paulistana/PI a partir do levantamento de informações sobre o uso e cobertura da terra, através do qual observou-se, em caráter multitemporal, um constante crescimento das áreas classificadas como solo exposto, o que pode indicar tanto áreas que estejam sendo acometidas por fenômenos naturais, oriundos da caracterização físico-natural da região, quanto áreas de intensa atuação antrópica através de desmatamentos, queimadas e demais práticas que impactam negativamente o ambiente.

Dessa forma, tornam-se necessários os contínuos monitoramentos e avaliações dos impactos ambientais oriundos destas ações antrópicas, sobretudo no que diz respeito ao uso e cobertura da terra. Nesse sentido, as geotecnologias, conforme apresentado, se configuram como importantes ferramentas que podem ser utilizadas nas análises do meio geográfico, ao considerar que o cruzamento de informações obtidas da superfície terrestre de maneira remota contribui para a visualização da caracterização físico-natural do ambiente, bem como os impactos de ações humanas, podendo ser visualizados de maneira a verificar a evolução histórica da modificação na paisagem a partir dessas ações e seus impactos em cenários atuais.

Por fim, salienta-se que os resultados aqui expostos tratam-se de um levantamento inicial sobre o uso e cobertura da terra no município de Paulistana/PI. E, por meio disso, tornam-se pertinentes os desenvolvimentos de estudos posteriores, tendo em vista que as ações antrópicas são contínuas e modificam o ambiente de maneira intensa. Dessa forma, espera-se que os parâmetros utilizados nesta pesquisa sirvam como subsídio para a elaboração de planejamentos ambientais voltados para o uso sustentável dos recursos naturais como solução aos possíveis problemas ambientais e alterações na paisagem do semiárido brasileiro.

Ainda assim, espera-se que as informações aqui apresentadas sirvam para trabalhos futuros voltados para essa temática em áreas correspondentes ao município de Paulistana/PI e o seu entorno, ou

demais áreas que venham a apresentar diferentes impactos ambientais oriundos da relação entre sociedade e natureza.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo fomento para desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, Aziz Nacib. Bases conceituais e papel do conhecimento na previsão de impactos. *In*: MULLER-PLANTENBERG, Clarita; AB'SABER, Aziz Nacib (Org.). **Previsão de impactos: o estudo de Impacto Ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha.** São Paulo: Edusp, 1994.

AB'SABER, Aziz Nacib. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos avançados.** São Paulo, n. 13, v. 36, p. 5-59, mai./ago., 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v13n36/v13n36a02.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2020.

AGUIAR, Robério Bôto de; GOMES, José Roberto de Carvalho. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea – Estado do Piauí – Diagnóstico do Município de Paulistana.** Fortaleza: CPRM, 2004.

APIPA. Associação Piauiense dos Produtores de Algodão. **Histórico do algodão (*Gossypium Hirsutum*) – Piauí.** Teresina: APIPA, 2019.

ASSIS, F. R. V. de; LIMA, J. R. de; MENDONÇA, I. F. C. de; SILVA, J. E. R. da; SANTOS, H. C. M. dos; MEDEIROS, J. X. de. Uso do geoprocessamento no estudo da cobertura dos solos no semiárido brasileiro. **Scientia Plena.** Sergipe, v. 8, n. 4(b), 2012.

BARROS, José Deomar de Souza. Mudanças climáticas, degradação ambiental e desertificação no semiárido. **Revista Polêmica.** Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 476-483, jul./set., 2011. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/2915>. Acesso em: 2 set. 2020.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra.** 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). **Dados históricos – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Brasília: INMET, 2020. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 25 ago. 2020.

BRAZ, Adalto Moreira; ÁGUAS, Thiago de Andrade; COSTA, Karen Cristina; GARCIA, Patricia Helena Mirandola. Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica do Córrego Fundo – Três Lagoas/MS 2011/12. *In: Simpósio Mineiro de Geografia*, 1, Alfenas, MG, 2014. **Anais do I Simpósio Mineiro de Geografia**.

COSTA, Grenda Juara Alves; VIEIRA, Carla Iamara de Passos. Geotecnologias para análise da vulnerabilidade ambiental do núcleo de desertificação do Piauí. **Caderno Prudentino de Geografia**. Presidente Prudente, n. 40, v. 2, p. 59-76, jul./dez. 2018.

FERREIRA, Rogério Valença; DANTAS, Marcelo Eduardo. Relevô. *In: PFALTZGRAFF, Pedro Augusto dos Santos; TORRES, Fernanda Soares de Miranda; BRANDÃO, Ricardo de Lima (Org.). Geodiversidade do estado do Piauí: Programa Geologia do Brasil – Levantamento da Geodiversidade*. Recife: CPRM, 2010. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/Geodiversidade_PI.pdf Acesso em: 18 ago. 2020.

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na Geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, v. 17, p. 24-29, 2005.

JACOMINE, Paulo Klinger Tito. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do estado do Piauí**. Recife: DPP, AgMA/DNPEA, SUDENE/DRN, v. 2, Boletim de pesquisa, n. 36, 1986.

LEITE, Marcos Esdras; BRITO, Jorge Luís Silva. Sensoriamento Remoto aplicado ao mapeamento do uso do solo urbano e de assentamentos ilegais em Montes Claros-MG. **Geosul**. Florianópolis, v. 26, n. 52, p. 99-128, jul./dez. 2011.

LEITE, Marcos Esdras; BRITO, Jorge Luís Silva. Sensoriamento Remoto aplicado ao mapeamento do uso do solo urbano e de assentamentos ilegais em Montes Claros-MG. **Geosul**. Florianópolis, v. 26, n. 52, p. 99-128, jul./dez. 2011.

LIMA, Iracilde Maria de Moura Fé. Relevô do Piauí: uma proposta de classificação. **Carta CEPRO**. Teresina, v. 12, n. 2, p. 55-84, ago./dez., 1987.

MARANHA, Rudiney Guimarães; MELO, Lineardo Ferreira de Sampaio; DIAS, Eraldo Jair Gonçalves; SANTOS E SILVA, Suzana Daniela Rocha. Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de uso e cobertura do solo no município de Araguatins. *In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação*, 6, Recife, PE, 2016. **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação**. Recife, PE, 2016.

MARTINS, Cristina dos Santos Ribeiro; SANTOS, Ana Maria Maciel dos; COSTA, Kleyton Danilo da Silva; LIMA, Rayhonay Souza Rodrigues de; PISCOYA, Victor Casimiro; CALADO, Gabriel de Queiroz; MICHELON, Gabriela Karoline, NASCIMENTO, Maxwell Rodrigues; SANTOS, Paulo Ricardo dos; COSTA E CARVALHO, Rejane Rodrigues da. Influência da vegetação na erosão hídrica em ambiente semiárido: uma revisão de literatura. *In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica*, 12; Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, 17; Encontro de Iniciação à Docência, 7, São José dos Campos, SP, 2017. **Anais...** São José dos Campos, SP, 2017.

MATIAS, Lindon Fonseca. **Sistema de informações geográficas (SIG): teoria e método para representação do espaço geográfico**. Tese (Doutorado) – Pós-Graduação em Geografia Humana, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

OLIVEIRA, Tiago Henrique de; GALVÍNCIO, Josiclêda Domiciano. Uso e cobertura do solo em áreas semiáridas do Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia (UFPE)**. Recife, v. 28, n. 1, p. 120-133, 2011.

PAVANIN, Erich Vectore; CHUERUBIM, Maria Lígia; LÁZARO, Bruno de Oliveira; NISHIYAMA, Luiz. Geoprocessamento aplicado ao diagnóstico de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Guaribas em Uberlândia – MG. **Revista de Engenharia Civil IMED**. Passo Fundo, v. 3, n. 2, p. 24-38, jul./dez. 2016.

PELEGRINI, Djalma Ferreira; VLACH, Vânia Rúbia Farias. As múltiplas dimensões da educação ambiental: por uma ampliação da abordagem. **Revista Sociedade & Natureza**. Uberlândia, ano 23, n. 2, p. 187-196, mai./ago. 2011.

PIAUÍ. Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí – CEPRO. **Diagnóstico dos Municípios – Paulistana**. 2013. Disponível em: <http://www.cepro.pi.gov.br/diagsococo.php>. Acesso em: 16 set. 2020.

ROSA, Roberto. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, v. 16, p. 81-90, 2005.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para o planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SILVA, Nilzema Lima da; FILHO, João Ambrósio de Araújo; PONTE, Antônio Edneudo da; CAVALCANTE, Ana Clara Rodrigues. Diferentes técnicas de manejo no controle do capim-panasco verdadeiro (*Aristida adscensionis* Linn.). **Embrapa Caprinos**. Sobral, n. 35, p. 1-3, dez. 1999.

AVALIAÇÃO DA DINÂMICA DA VEGETAÇÃO ATRAVÉS DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) EM ÁREAS SUSCETÍVEIS AO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO/DESERTIFICAÇÃO: UM OLHAR PARA O MUNICÍPIO DE SIMPLÍCIO MENDES, ESTADO DO PIAUÍ, BRASIL

Karoline Veloso Ribeiro
Karen Veloso Ribeiro

INTRODUÇÃO

As terras secas, submetidas à influência de climas áridos, semiáridos e subúmidos secos, de acordo com a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos de Seca – UNCCD, concentram 41,3% da superfície emersa do planeta e 35,5% da população global (CGEE, 2016).

No Brasil, a Área Suscetível à Desertificação (ASD) totaliza 1.348.345,78 km², englobando cerca de 1488 municípios, dos nove estados do Nordeste (Perez-Marin *et al.*, 2012) e, no Piauí, as terras secas correspondem a 45,3% da área total do estado, abrangendo, no todo ou em parte, 125 municípios (AQUINO; OLIVEIRA; SALES, 2002).

Essas terras, além de apresentarem os maiores índices de pobreza, também são afetadas pelos mais variados vetores de pressão sobre os seus recursos naturais, especialmente a água, o solo e a biodiver-

sidade (CGEE, 2016). Logo, o intenso dinamismo dos processos e fatores de ordem natural que atuam na superfície da terra, aliado à totalidade das atividades humanas, culminam em intensos processos de degradação ambiental, que ensejam diagnósticos precisos e rápidos para sua posterior intervenção e minimização (AQUINO; ALMEIDA; OLIVEIRA, 2012).

Por degradação da terra entende-se a redução ou perda, nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, da produtividade biológica ou econômica devido aos sistemas de utilização da terra ou a um processo natural (secas) ou, ainda, a uma combinação de processos, incluindo os que resultam da atividade antrópica e das suas formas de ocupação do território (AQUINO; ALMEIDA; OLIVEIRA, 2012).

Vale destacar que a Eco-92 definiu a desertificação como “a degradação das terras áridas, semiáridas e subúmidas secas, em razão de fatores naturais, incluindo as variações climáticas, e atividade antrópica” (UNCCD, 1994). Dessa forma, objetivou-se realizar uma síntese sobre a dinâmica da cobertura vegetal/uso da terra no município de Simplício Mendes (PI), entre os anos de 2000 e 2019, a fim de determinar a velocidade de sua ocorrência para fins de análise de degradação/desertificação.

Cabe mencionar que o município de Simplício Mendes é apontado, em estudo de Aquino, Oliveira e Sales (2002), como Área Suscetível à Desertificação (ASD), fato que ressalta a necessidade de avaliação do estado de conservação/degradação da cobertura vegetal desse município em uma perspectiva integrada com as atividades antrópicas.

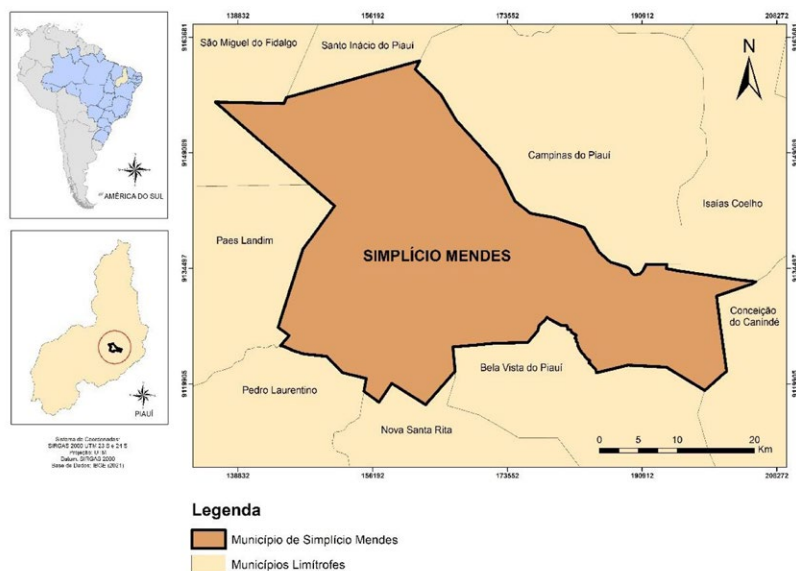
Diante do exposto, a realização de estudos que tratam de ASD tornam-se necessários, visto que a utilização dos recursos naturais em ambientes naturalmente instáveis pode acarretar consequências irreversíveis à natureza ressaltando, assim, a importância do levantamento de informações relacionadas às potencialidades e limitações do meio natural.

Nesse viés, o geoprocessamento possui um papel fundamental no monitoramento, estudo e diagnóstico de áreas suscetíveis à degradação/desertificação, caracterizadas pelo baixo índice pluviométrico, alto índice de aridez, alto déficit hídrico, solo exposto e também excessivas atividades antrópicas.

CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Simplício Mendes (figura 1) encontra-se situado na Mesorregião do sudeste piauiense, com uma área de 1.360 km² e com distância aproximada de 466 km da capital, Teresina, estando inserido na Microrregião do Alto Médio Canindé (CPRM, 2004).

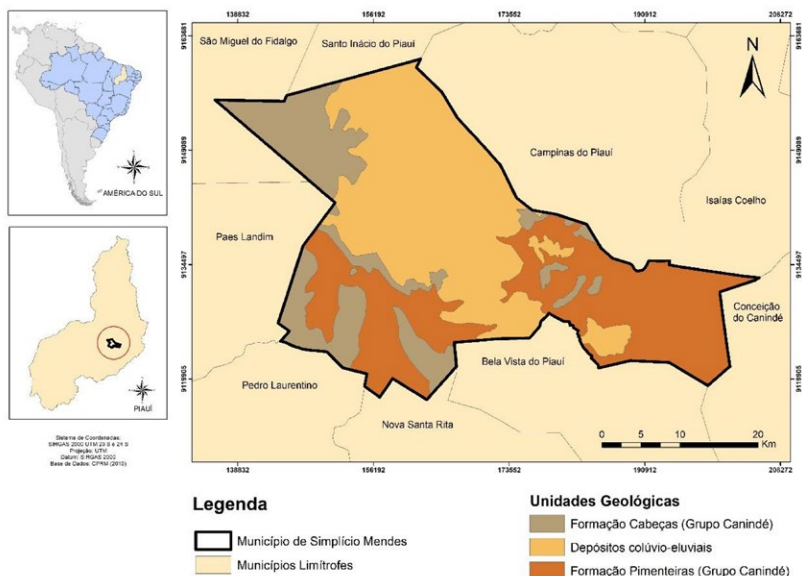
Figura 1 - Mapa de localização do município de Simplício Mendes (PI)



Elaboração: Ribeiro (2022).

Considerando a geologia regional, o município encontra-se inserido na unidade estrutural das coberturas sedimentares, representada pelos sedimentos mais recentes, os Depósitos Colúvio-Eluviais, além das formações geológicas oriundas da era Paleozóica, tais como as Formações Cabeças e Pimenteiras (Figura 2).

Figura 2 - Unidades geológicas do município de Simplício Mendes (PI)



A análise litológica, aliada ao condicionante climático, favorece a ocorrência de solos, sobre os quais se identifica a presença da cobertura vegetal. Logo, as condições climáticas do município de Simplício Mendes são definidas no Regime Equatorial Continental, sendo os meses de janeiro, fevereiro e março o trimestre mais úmido (IBGE, 1977).

De acordo com a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação, considera-se como zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas todas as áreas com Índice de Aridez (IA) entre 0,05 e 0,65, conforme Tabela 1.

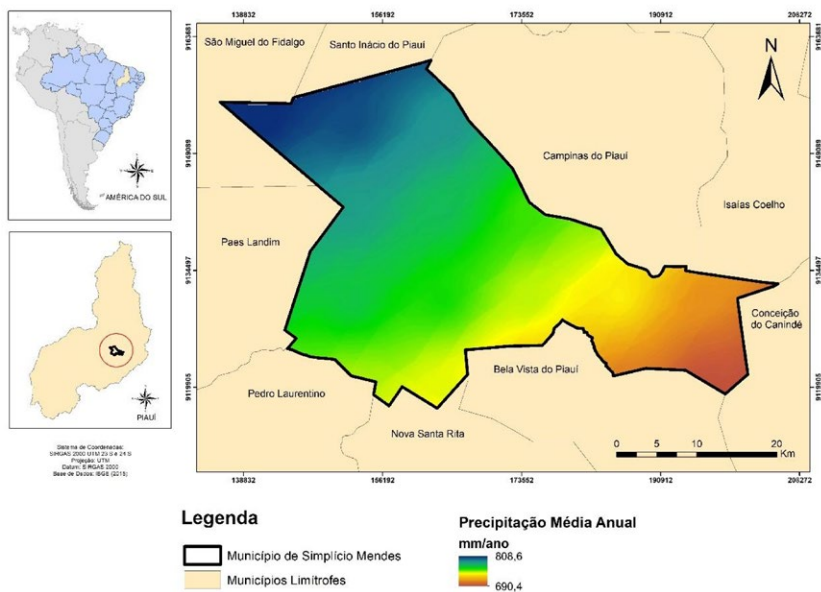
Tabela 1 - Tipos de clima segundo a amplitude de variação do Índice de Aridez

ZONAS CLIMÁTICAS	AMPLITUDE DO ÍNDICE DE ARIDEZ (IA)
Hiper-árido	< 0,005
Árido	0,05 – 0,20
Semiárido	0,21 – 0,50
Subúmido seco	0,51 – 0,65
Subúmido e úmido	> 0,65

Fonte: UNEP (1991).

Dessa forma, a análise climática baseou-se em dados de precipitação das séries anuais disponíveis na plataforma GIOVANNI, no período compreendido entre 2000 a 2021. A análise dos dados revelou valores médios anuais de precipitação variando de 690 mm a 808 mm, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Precipitação do município de Simplício Mendes (PI)



Elaboração: Ribeiro (2022).

A análise acima corrobora que as terras secas, de modo geral, são caracterizadas por uma condição climática marcada, dentre outros fatores, por baixos índices pluviométricos, com deficiência hídrica e secas periódicas em grande parte do ano, colocando em evidência a vulnerabilidade climática natural.

ASPECTOS DEMOGRÁFICOS E ECONÔMICOS

A população estimada de Simplício Mendes/PI, de acordo com o censo populacional do IBGE de 2010, é de 12.077 habitantes, no qual 7.163 residem na zona urbana e 4.915 na zona rural, com densidade demográfica em torno de 8,97 hab/km². O número de habi-

tantes, a partir da estimativa realizada para o ano de 2021, aponta que houve um leve crescimento da população, apresentando cerca de 12.778 habitantes (BRASIL, 2010).

Vale destacar que um dos principais contribuintes para a origem da cidade de Simplício Mendes foi o vale do rio Canindé, uma vez que o processo de colonização se deu através de todo o vale, onde se instalou a primeira fazenda de gado, de vital importância para o desenvolvimento do município.

Ao considerar elementos históricos da prática da agricultura, destaca-se que a agropecuária representa 40% da economia do município, de acordo com o Censo do IBGE (2017). Dessa forma, as atividades econômicas no município estão relacionadas à agricultura e à criação de animais de médio e pequeno porte, além do terceiro setor da economia, que representa 37%.

Na agricultura, há o cultivo de arroz, banana, feijão, mandioca e milho, enquanto na pecuária se destaca a criação de bovino, caprino, ovino, suíno, pesca e artigos do leite de vaca e do mel de abelha (BRASIL, 2010).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS

Este trabalho encontra-se fundamentado em conceitos que norteiam a ciência geográfica pelo viés sistêmico, com base em autores como: Sotchava (1977), Tricart (1977) e Souza (2000). A combinação dos dados e informações levantadas e produzidas a partir da integração, por meio da concepção sistêmica, constituem a parte desta pesquisa de maior relevância, uma vez que envolve e aproveita a visão de conjunto oferecida pelas informações para elaborar diagnósticos e proporcionar análises úteis com vista à conservação.

Logo, a primeira etapa realizada diz respeito ao levantamento e revisão de fontes bibliográficas relacionadas com a proposta metodológica, bem como à coleta de dados matriciais e vetoriais. Para a

construção da base de dados, realizou-se a delimitação da área de estudo, a partir de dados disponibilizados no sítio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021). Em seguida, foram adquiridas imagens referentes aos anos de 2000 a 2019, distribuídas gratuitamente no sítio do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), para aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

Para tanto, foram utilizadas as imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, órbita/ponto 218/065 e 218/066 datada de 22/09/2000 (bandas 3 e 4), e Landsat 8, sensor OLI, órbita/ponto 219/065, datada de 30/11/2019 (bandas 4 e 5) para o cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

Este índice é obtido pela razão entre a diferença da média da reflectância do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (R), derivados da subtração e da soma dos mesmos canais, como mostra a seguinte equação:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

Onde:

NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

NIR – Banda do Infravermelho próximo

R – Banda do vermelho

O resultado da combinação varia de -1 a 1, de modo que, quanto mais próximo de 1, maior será o índice de presença de vegetação e, quanto mais próximo de -1, maior o indício para solo exposto. Logo, o índice permite avaliar as transformações ocorridas no decorrer do tempo, a partir do comportamento da cobertura vegetal em relação ao solo.

Não obstante, decidiu-se ainda aplicar o Índice de Cobertura Vegetal (ICV). Esse índice expressa o grau de semelhança entre a

vegetação original e atual, com base nas diferenças entre os valores do NDVI, obtidos para os anos de 2000 e 2019, a partir da equação: $ICV: NDVI_{2000} - NDVI_{2019}$.

Diante disso, o ICV foi calculado com base no NDVI, sendo que o resultado da equação implica que, quanto mais distante de zero (para mais e para menos) for o valor de ICV, maior a diferença entre o padrão de cobertura da terra. Enquanto valores próximos de zero indicam alto grau de semelhança da vegetação (BELTRAME, 1994).

Já o mapeamento das classes de uso e cobertura da terra foi realizado por meio das imagens adquiridas pelo MAPBIOMAS, da plataforma *Google Earth Engine*, e analisado no recorte temporal de 21 anos (2000 e 2020), sendo que as classes de uso e cobertura da terra obedecem a proposta metodológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BRASIL, 2013), a partir do Manual Técnico de Uso da Terra.

Para a confecção da base cartográfica, empregou-se técnicas de geoprocessamento e de Sensoriamento Remoto, a partir da utilização do *Software ArcGis* (Licença Estudantil) constituindo, assim, instrumento de extrema relevância nesta análise.

Por fim, destaca-se que o sistema de projeção adotado corresponde ao *Universal Transversa de Mercator* (UTM), tendo como referencial geodésico o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000), sendo este o Datum oficial adotado atualmente no Brasil, onde o município de Simplício Mendes/PI abrange, do ponto de vista da Geodésia, as zonas 23 e 24 Sul do sistema de projeção adotado.

Vale ressaltar que a identificação e delimitação das terras secas do estado do Piauí se deu através do levantamento das informações a partir de dados obtidos em Aquino, Oliveira e Sales (2002). Verificou-se, com isso, os municípios que apresentaram o menor Índice de Aridez (IA), sendo este decisivo na escolha do objeto de estudo e posterior análise de forma pormenorizada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

AValiação da Dinâmica da Vegetação através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Para retratar as mudanças da cobertura vegetal no recorte espacial adotado (2000 a 2019), foram utilizadas imagens orbitais do sensor TM do Landsat 5 e do sensor OLI do Landsat 8, contemplando uma série histórica de 20 anos, como é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Cenas utilizadas no monitoramento da vegetação no município de Simplício Mendes (PI)

Satélite	Ponto/Órbita		Data
	Simplício Mendes	Picos	
Landsat 5 TM	218/066	218/065	2000
Landsat 8 OLI	219/065		2019

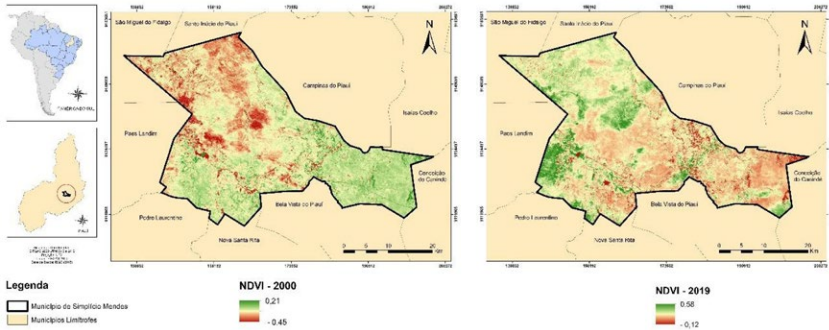
Fonte: Ribeiro (2022).

No intuito de gerar o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), utilizou-se o método qualitativo para analisar, interpretar e especializar os dados da matriz espectral.

A Figura 4 apresenta o estabelecimento das classes de vegetação resultante das variações identificadas pelo NDVI, permitindo, assim, a formulação do Índice de Cobertura Vegetal (ICV). Destaca-se que o NDVI foi determinado em dois anos distintos, de acordo com o recorte temporal adotado, a fim de verificar as mudanças ocorridas em termos de cobertura vegetal.

Logo, as imagens do satélite Landsat 5 TM e Landsat 8 OLI permitem afirmar que a cobertura das terras de Simplício Mendes/PI apresenta mudanças no que diz respeito ao seu padrão de proteção dada pela cobertura vegetal, uma vez que, no ano 2000, a cobertura vegetal predominava na porção norte do município, enquanto no ano de 2019, predominava mais na porção centro-sul.

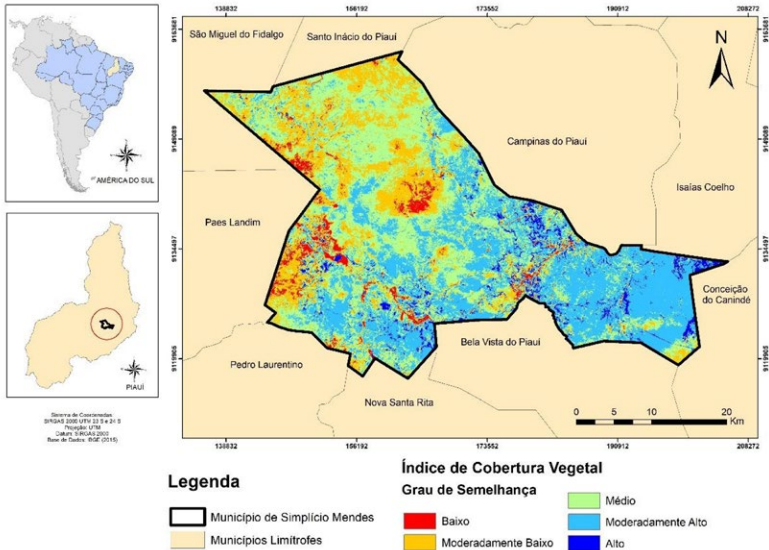
Figura 4 - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada do município de Simplicio Mendes (PI) para os anos de 2000 e 2019



Elaboração: Ribeiro (2022).

Ao avaliar a magnitude das mudanças ocorridas na cobertura vegetal original e atual estimada através do NDVI, a partir dos dados reclassificados, as imagens ficaram representadas por níveis que variam de 1 a 5 que corresponde, respectivamente, ao Índice de Cobertura Vegetal (Figura 5). Destaca-se que este índice visa representar as piores e melhores condições de cobertura vegetal, a partir do grau de semelhança da vegetação, como mostra a Tabela 3.

Figura 5 - Índice de Cobertura Vegetal do município de Simplicio Mendes (PI) nos anos de 2000 e 2019



Fonte: Ribeiro (2022).

Tabela 3 - Valores de NDVI reclassificados para a obtenção das classes do Índice de Cobertura Vegetal (ICV) no município de Simplício Mendes/PI

Classes	Intervalo	ICV Grau de Semelhança
1	-1,00 a -0,42	Baixo
2	-0,42 a -0,35	Moderadamente Baixo
3	-0,35 a -0,31	Médio
4	-0,31 a -0,24	Moderadamente Alto
5	-0,24 a 0,25	Alto

Fonte: Ribeiro (2022).

Com base no ICV apresentado, é possível observar que o município de Simplício Mendes apresentou uma acentuada alteração em sua cobertura vegetal ao longo dos últimos 20 anos, principalmente no que diz respeito à densidade de sua cobertura vegetal, corroborando com o avanço das áreas comprovadamente agrícolas em toda a extensão da área em epígrafe. Logo, a vegetação funciona como um manto protetor dos recursos naturais e, por essa razão, sua distribuição e densidade definem o estado de conservação do ambiente.

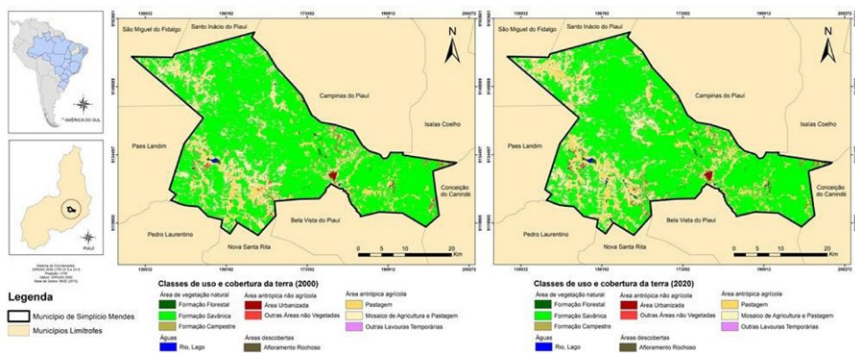
Destaca-se que o uso inadequado da terra e as pressões exercidas sobre os recursos naturais são frutos de atividades econômicas que, via de regra, privilegia a antropização em detrimento da conservação ou preservação dos ambientes, principalmente nos dias atuais, já que, as atividades ali realizadas, constituem um dos caminhos indutores ao desenvolvimento socioeconômico (RIBEIRO; ALBUQUERQUE, 2019).

Nesta perspectiva, é de fundamental importância o conhecimento e monitoramento das formas de uso e cobertura da terra, uma vez que sua identificação, quando atualizada, constitui importante ferramenta para o planejamento ambiental, servindo para avaliar a pressão antrópica exercida pelo homem, bem como para conhecer a capacidade de suporte do ambiente.

Assim, a Figura 6 apresenta as principais classes de uso e cobertura da terra entre os anos de 2000 e 2020, mapeadas a saber: I) Área

Antrópica Não Agrícola; II) Área Antrópica Agrícola; III) Área de Vegetação Natural; IV) Águas; e V) Áreas descobertas.

Figura 6 - Mapa de uso e cobertura da terra do município de Simplício Mendes (PI) nos anos de 2000 e 2020



Elaboração: Ribeiro (2022).

No sentido amplo, Áreas Antrópicas Agrícolas (Figura 7) incluem todas as terras cultivadas ou em descanso, podendo também compreender áreas alagadas. Encontram-se inseridas nesta categoria as lavouras temporárias, lavouras permanentes, pastagens, silvicultura e áreas comprovadamente agrícolas (BRASIL, 2013).

Figura 7 - Área de pastagem no município de Simplício Mendes (PI)



Fonte: Albuquerque (2019).

As Áreas Antrópicas Não Agrícolas compreendem as áreas urbanizadas (figura 8), de uso intensivo, estruturada por edificações e sistema viário, as sedes municipais (cidades), com centro populacio-

nal permanente e com funções urbanas e políticas próprias, áreas de rodovias, serviços e transporte, energia, comunicações, área ocupada por indústrias, complexos industriais e comerciais (BRASIL, 2013).

Figura 8 - Área urbana do município de Simplício Mendes (PI)



Fonte: Albuquerque (2019).

As Áreas de vegetação natural (Figura 9) compreendem um conjunto de estruturas florestais e campestres, abrangendo desde florestas e campos originais (primários) e alterados até as formações florestais secundárias, arbustivas, herbáceas e/ou gramíneo-lenhosas, em diversos estágios sucessionais de desenvolvimento (BRASIL, 2013).

Figura 9 - Formações florestais arbustivas no município de Simplício Mendes (PI)



Fonte: Albuquerque (2019).

A classe Águas inclui todos os cursos d'água e canais, como rios, riachos, lagos naturais regulados e reservatórios artificiais, além das lagoas costeiras, ou lagunas, estuários e baías (BRASIL, 2013).

Já a classe áreas descobertas (Figura 10) refere-se tanto a ambientes naturais, como rochas desnudas ou praias, áreas de extração abandonadas e sem cobertura vegetal, quanto a ambientes antrópicos, decorrentes da degradação provocada pelas atividades humanas (BRASIL, 2013).

Figura 10 - Afloramentos rochosos no município de Simplício Mendes (PI)



Fonte: Albuquerque (2019).

Diante disso, a Tabela 4 apresenta uma síntese sobre a dinâmica da cobertura vegetal/uso da terra no município de Simplício Mendes/PI, entre os anos de 2000 e 2020, a fim de determinar a velocidade de sua ocorrência para fins de análise para conservação/degradação.

Tabela 4 - Classes da cobertura e do uso da terra, do município de Simplício Mendes (PI)

Classes (Nível I)		Classes (Nível II) 2000	Área (km ²)		% da área total	
			2020	2000	2020	2022
I	Área Antrópica Não Agrícola	Áreas Urbanizadas	0,02	0,02	0,15	0,17
II	Área Antrópica Agrícola	Pastagem	1,04	1,41	7,67	10,43
		Agricultura	1,90	1,89	14,01	13,96
		Outras lavouras temporárias	0,003	0,0006	0,025	0,005
III	Área de Vegetação Natural	Formação Florestal	0,05	0,06	0,37	0,48
		Formação Savânica	10,13	9,67	74,48	71,15
		Formação Campestre	0,27	0,32	1,98	2,36
IV	Águas	Rios e lagos	0,02	0,01	0,15	0,13
V	Áreas descobertas	Área não vegetada	0,13	0,09	1,02	0,67
		Afloramento Rochoso	0,01	0,08	0,10	0,61
TOTAL			1360	1360	100	100

Fonte: BRASIL (2013). Elaboração: Ribeiro (2022).

Ao analisar a tabela acima, verifica-se que as atividades agropecuárias ocupavam no ano de 2000 cerca de 21,7% da área total do município. No ano de 2020, houve um aumento para 24,3%, sendo as pastagens a de maior representatividade.

Por outro lado, a classe de vegetação natural reduziu de 76,8% para 73,9%, enquanto a classe antrópica não agrícola, referente a área urbanizada, cresceu, saindo de 0,15% para 0,17%. A classe áreas descobertas apresentou um crescimento de 1,12% para 1,28% de 2000 a 2020. E a classe referente às águas diminuiu, saindo de 0,15 para 0,13.

Nesta perspectiva, corrobora-se a vulnerabilidade desse ambiente em uma perspectiva natural e socioeconômica na contextualização do semiárido, de modo particular, no município de Simplício Mendes/PI, objeto central deste estudo.

Vale salientar que a região aqui estudada compreende as terras secas do semiárido piauiense, denominada, de acordo com o Minis-

tério do Meio Ambiente (BRASIL, 2007), como Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASD). Extensão essa que, além das vulnerabilidades climáticas, tem grande parte dos seus solos em estado de degradação e com indisponibilidade para uso agrícola.

A biodiversidade, por outro lado, vem sofrendo a ação predatória do homem, que muitas vezes age de forma involuntária em busca da sobrevivência (CGEE, 2016). Sem a devida proteção, a deterioração dos ecossistemas já fragilizados compromete a sobrevivência das espécies, cria empecilhos à ocupação humana e contribui para aumentar os processos em curso de degradação das terras secas e de desertificação (CGEE, 2016).

Por sua vez, as geotecnologias constituem ferramenta essencial e aplicável à recuperação, manejo e conservação dos recursos naturais, implicando em práticas e técnicas de convivência com o semiárido e de combate à degradação/desertificação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As Áreas Suscetíveis à Desertificação são caracterizadas pela degradação das terras em razão de fatores naturais, como a fragilidade do solo e clima, mas, sobretudo, agravados por atividades antrópicas.

A busca de análise articulada entre dados de cobertura vegetal a partir do uso do NDVI, ICV e dados de uso e cobertura da terra sugere a condução de novos estudos que envolvam outros elementos da paisagem, a exemplo da caracterização pedológica e geomorfológica, como forma de avaliar a degradação da área em uma perspectiva integrada, para fins de minimização dos impactos em Simplício Mendes, município suscetível à desertificação.

Contudo, a utilização de ferramentas e técnicas de geoprocessamento através do Índice de Vegetação por Diferença normalizada (NDVI), Índice de Cobertura Vegetal (ICV) e da análise do uso e cobertura da terra, mostrou-se eficiente e fundamental no monito-

ramento ambiental e estudo da conservação/degradação, em virtude da possibilidade de análises temporais do espaço estudado.

Cabe, todavia, mencionar que a vulnerabilidade climática natural, suscetível à desertificação, aliada à expansão das áreas destinadas aos plantios temporários e ao aumento dos efetivos da pecuária, tem gerado perdas consideráveis nas classes de maior proteção e aumento das classes de menor proteção do solo.

Diante do objetivo traçado, foi possível evidenciar uma síntese acerca do processo de degradação das terras no município de Simplício Mendes/PI, por meio da análise da variação da cobertura vegetal e do uso da terra entre os anos de 2000 a 2020, destacando o crescimento das áreas urbanizadas e, principalmente, o aumento das atividades antrópicas agrícolas, sobretudo das áreas de pastagem.

Sem a devida proteção, a deterioração dos ecossistemas já fragilizados compromete a sobrevivência das espécies, cria empecilhos à ocupação humana e contribui para intensificar os processos em curso de degradação das terras e de desertificação.

Logo, expõe-se aqui um levantamento de tecnologias disponíveis e potencialmente aplicáveis à recuperação, manejo e conservação dos solos, da biodiversidade e dos recursos hídricos, no intuito de subsidiar práticas e técnicas de convivência com o semiárido e de combate à desertificação.

REFERÊNCIAS

AQUINO, C. M. S de; OLIVEIRA, J. G. B. de; SALES, M. C. L. Áreas no estado do Piauí suscetíveis a processos de desertificação, de acordo com o índice de aridez do UNEP (1991), e sua caracterização climática. **Cepro**. 2002.

AQUINO, C. M. S. de; ALMEIDA, J. A. P. de; OLIVEIRA, J. G. B. de. Estudo da cobertura vegetal/uso da terra nos anos de 1987 e 2007 no núcleo de degradação/desertificação de São Raimundo Nonato - Piauí. **RA'E GA**, n. 25, p. 252–278, 2012.

ALBUQUERQUE, E. L. S. **04 fotografias color. Digitais**. Simplicio Mendes, 2019.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Cidades**. 2010. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: Jul de 2021.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1994. 111 p.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. Ed. Rio de Janeiro, 2013.

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2016). **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/DesertificacaoWeb.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2021.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí: diagnóstico do município de Simplicio Mendes**. 2004. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/16510/1/Rel_SimplicioMendes.pdf. Acesso em: 21 jun. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil**. Região Nordeste. Rio de Janeiro, SERGRAF. IBGE, 1977.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?=&t=destaques>. Acesso em: jul. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Portal de mapas**. 2021. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>. Acesso em: jul. 2021.

PEREZ-MARIN, A. M; CAVALCANTE, A. M. B; MEDEIROS, S. S; TINÔCO, L. B; SALCEDO, I. H. **Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica?** Parc. Estrat. Brasília - DF, v. 17, n. 34, p. 87-106, 2012.

RIBEIRO, K. V.; ALBUQUERQUE, E. L. S. **Análise da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio mulato, estado do Piauí**. 98f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2019.

SOTCHAVA, Viktor Borisovich. O estudo de geossistemas. **Métodos em questão**, n. 16, p. 2-52, 1977.

SOUZA, Marcos José Nogueira de. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. *In*: SOUZA, M. J. N.; LIMA, L. C.; MORAIS, J. O. (Org.) **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Ed. FUNECE, Fortaleza, p. 13-98, 2000.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. IBGE-SUPREM, Rio de Janeiro, 1977.

UNCCD – **United Nations Convention to Combat Desertification**: Edição Brasileira. 3ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1994.

UNEP. **Status of desertification and implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification**. Nairóbi, 1991.

USGS - United States Geological Service (Serviço Geológico dos Estados Unidos). **Earth Explorer - Collection- Landsat Archive**. Cedido a 20 de junho de 2022 em <http://earthexplorer.usgs.gov/>.

ANÁLISE DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE SÃO FERNANDO: UMA ABORDAGEM QUANTIQUALITATIVA

Jucielho Pedro da Silva
Marco Túlio Mendonça Diniz
Vitor Hugo Campelo Pereira

INTRODUÇÃO

Antes de apresentar o que é esgotamento sanitário, que é comumente confundido com saneamento básico, é necessário entender que este é mais amplo. De forma geral, compreende-se como saneamento básico o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: a) abastecimento de água potável; b) esgotamento sanitário; c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; d) drenagem e manejo das águas pluviais (BRASIL, 2007). Dessa forma, percebe-se que o esgotamento sanitário é apenas uma das vertentes do saneamento básico, sendo este:

Constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente (BRASIL, 2007, p. 2).

Partindo-se deste pressuposto, é sabido que o sistema de esgotamento sanitário é um dos importantes pilares do saneamento, pois a sua ausência ou precariedade pode prejudicar o meio ambiente, cau-

sando eutrofização dos mananciais de água; promover a proliferação de bactérias, vírus e microrganismos nocivos à saúde, podendo causar doenças como hepatite A, cólera, febre tifóide, shigeloses, amebíase, giardíase, leptospirose entre outras (TERRA-AMBIENTAL, 2013). Segundo o Trata Brasil (2017), a falta de saneamento como um todo está entre as principais causas de morte infantil no mundo.

Nessa perspectiva, o saneamento e, principalmente, o esgotamento sanitário se tornaram uma preocupação de ordem mundial, passando assim a fazer parte de um dos 17 objetivos da Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável da ONU, mais precisamente o objetivo 6 (“água potável e saneamento”).

No Brasil, o sistema de esgotamento sanitário, que está contido no Sistema de Saneamento Básico, é um direito constitucional (art. 23, inciso IX) e compete ao Ministério do Desenvolvimento Regional e, principalmente, ao Ministério da Saúde, por meio do Sistema Único de Saúde (SUS).

Dessa forma, é notório que a ausência ou a má gestão do serviço de esgotamento sanitário é um problema que deve ser sanado o mais breve possível. Com isso, preocupado com a saúde mundial e o desenvolvimento sustentável, a Organização das Nações Unidas (ONU) repassou, aos seus 193 países membros, um plano de ação, composto por 17 objetivos (Figura 1) e 169 metas globais, no qual todos se comprometem a atingir as metas e alcançar os objetivos até o ano de 2030. Nesse sentido, o saneamento básico é um elemento-chave para alcançar dois destes objetivos: o número 3 (saúde e bem-estar) e o 6 (água potável e saneamento).

Figura 1 – Objetivos da Agenda 2030 da ONU



Fonte: Estados Unidos (2015).

Entre esses objetivos, existem metas que devem ser alcançadas. Porém, há outro problema: segundo a ONU-Water (2018), faltam dados das parciais de como se encontra o andamento das metas para 2030.

No Brasil, a base norteadora é o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), o qual apresenta diretrizes de avaliação para o desempenho dos sistemas que compõem o saneamento básico, classificando o esgotamento em adequado ou em déficit. Considera-se como adequado um esgotamento que tenha, no mínimo, coleta de esgotos seguida de tratamento ou uso de fossa séptica. Para acompanhamento estatístico, o governo brasileiro utiliza o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), que busca acompanhar de forma anual o desempenho dos municípios, porém nem todos estes enviam suas informações, como é o caso do município de São Fernando.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo principal realizar um diagnóstico de como se encontram as principais parciais do sistema de esgotamento sanitário e, por meio de uma plataforma SIG (Sistema de Informações Geográficas), espacializar as informações obtidas, subsidiando assim o ordenamento territorial do município de São Fernando, no estado do Rio Grande do Norte.

Para isso, o trabalho se desenvolveu por meio de três objetivos específicos:

- 1) Fazer um diagnóstico quantitativo com base nos índices propostos pelo SNIS;
- 2) Fazer um diagnóstico qualitativo com base na classificação do PLANSAB (2013), para o atendimento do esgotamento sanitário;
- 3) Espacializar os resultados levantados nos diagnósticos.

Essas proposições têm um caráter inovador, tendo em vista que, na maioria da literatura pesquisada e encontrada no Google Acadêmico, é feita apenas uma das duas formas de diagnóstico, a exemplo de Ni-

razawa e Oliveira (2018), que usam como critério para mensurar o desempenho das cidades apenas os indicadores e índices do SNIS; assim como também é encontrado nos planos municipais de saneamento básico de Serra Caiada-RN (PMSC, 2018) e Angicos-RN (START, 2018), tendo deste modo um caráter mais quantitativo.

Já pelo viés qualitativo, destacam-se os trabalhos de Moraes *et al.* (2014) e Dias (2018), os quais fazem análises pela óptica do PLAN-SAB (2013), com foco no déficit do saneamento básico brasileiro, no caso do primeiro; e no déficit de esgotamento sanitário no Espírito Santo, no caso do segundo.

Apesar de críticas, Dalfovo, Lana e Silveira (2008) ressaltam que é possível usar, numa mesma pesquisa, o método quantiqualitativo: “[...] para Minayo (1994), as relações entre abordagens qualitativas e quantitativas demonstram que: a) as duas metodologias não são incompatíveis e podem ser integradas num mesmo projeto”. Gomes e Araújo (2004) reforçam ainda que:

O campo científico aponta uma tendência para o surgimento de um novo paradigma metodológico. Um modelo que consiga atender plenamente as necessidades dos pesquisadores. Essa dicotomia positivista x interpretativo, quantitativo x qualitativo, parece estar cedendo lugar a um modelo alternativo de pesquisa, o chamado quantiqualitativo, ou o inverso, qualiquantitativo, dependendo do enfoque do trabalho (2004, p. 7).

Todavia, nesta perspectiva de analisar das duas formas, por se tratar de uma abordagem consideravelmente nova, encontraram-se apenas dois trabalhos com a mesma abordagem de diagnóstico (quantitativo e qualitativo): no primeiro, Ficarelli (2019), em sua tese, cria um meio de avaliar o saneamento por meio de um índice, porém para os sistemas de água e esgoto juntos. Nesta metodologia, são levados em consideração mais os componentes das prestadoras dos serviços e a qualidade das companhias do que a própria qualida-

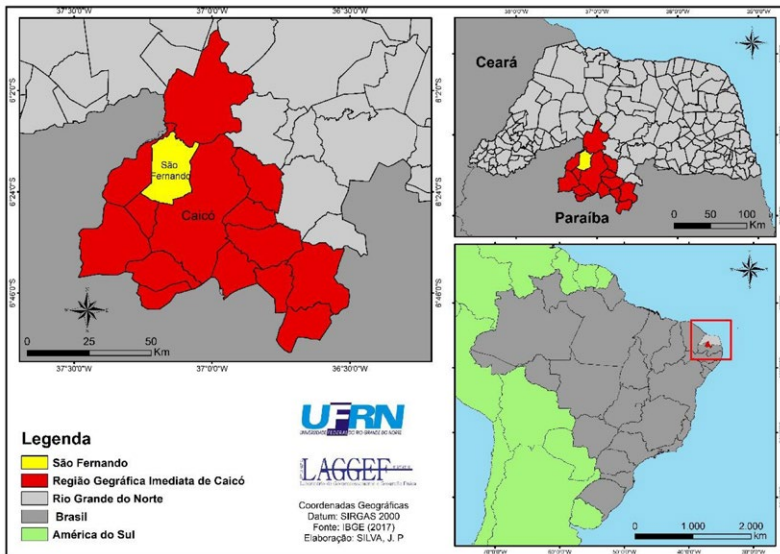
de do saneamento para a população. No mais, a metodologia não se aplica a regiões de pequeno porte.

O outro trabalho em que se usa uma abordagem quantitativa e qualitativa é o relatório técnico intitulado *Medindo o saneamento: potencialidades e limitações dos bancos de dados brasileiros*, de Soares *et al.* (2018). O trabalho mostra as fontes de dados que coletam e disponibilizam as informações sobre saneamento básico na linha quantitativa (SNIS) e da linha qualitativa (PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – do IBGE), fazendo uma comparação da consistência dessas duas fontes e um estudo aplicado a São Paulo, realizado pelo Atlas Esgoto da Agência Nacional de Águas (ANA).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de São Fernando encontra-se inserido na região imediata de Caicó, no estado do Rio Grande do Norte, conforme a Figura 2, contando com uma população estimada de 3.584 habitantes para o ano de 2019 (IBGE, 2019).

Figura 2 – Mapa de localização do Município de São Fernando/RN, 2019



Fonte: Dados vetoriais do IBGE (2019).

DESENVOLVIMENTO

Procedimentos metodológicos

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento combinadas com levantamento de dados empíricos, ou seja, coleta de depoimentos de pessoas que ocuparam cargos de confiança e acompanharam o desenvolvimento nos serviços de abastecimento de água potável do município de São Fernando.

Na etapa de geoprocessamento, foi montada uma plataforma SIG que, de forma simplificada, consiste em técnicas computacionais que permitem integrar e analisar dados de diversas fontes, proporcionando automatizar e facilitar tarefas manuais complexas, constituindo-se assim em um instrumento para mapear e indicar respostas às várias questões sobre planejamento (SANTOS *et al.*, 2014).

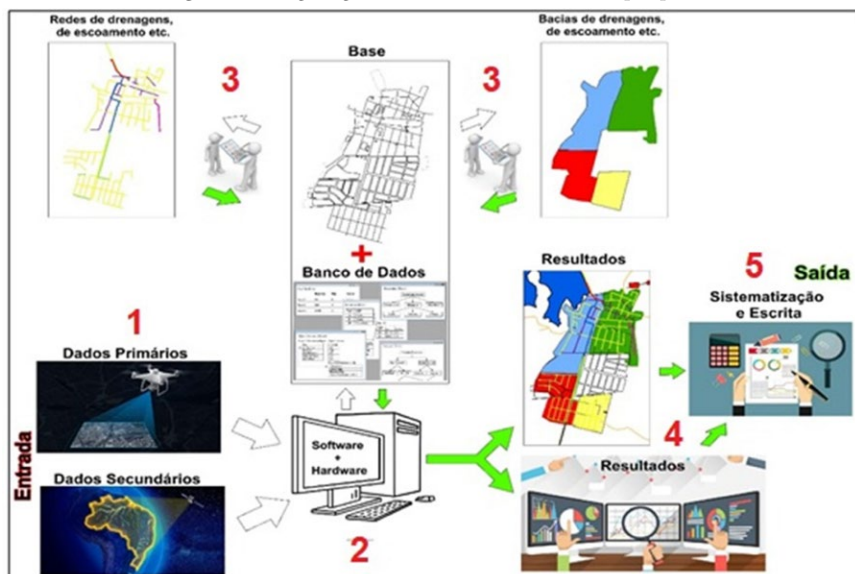
Com isso, as bases de dados para o geoprocessamento foram divididas em duas formas de levantamento: a primeira consistiu em levantamento de dados primários, ou seja, foi criado um ortomosaico georreferenciado para a zona urbana a partir de imagens capturadas com um RPA - Remotely Piloted Aircraft System (Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas), popularmente conhecido como drone, sendo mais específico um Phantom 3 Advanced. Na segunda forma, foram utilizados dados secundários, mais precisamente imagens de satélite do Google Earth, para o mapeamento dos elementos das zonas rurais.

Com esses dados (imagens de drone e de satélite), foram mapeados ruas, casas e lotes urbanos; e nas zonas rurais, os pontos edificados. Com isto, no SIG, criou-se um banco de dados o qual foi sendo incrementado com informações obtidas por meio de depoimentos e entrevistas com o ex-secretário de Obras da Prefeitura Municipal de São Fernando, com moradores rurais e líderes comunitários.

A partir dessas bases e processamentos, foram elaborados os mapas temáticos da cobertura dos serviços de esgotamento sanitário, os quais foram classificados e analisados seguindo os parâmetros do SNIS para a óptica quantitativa; e, com base na classificação do

PLANSAB (2013), foi possível quantificar o abastecimento de forma qualitativa, dividindo o território por setores censitários para facilitar a análise e gerando um índice, que leva em consideração a quantidade de casas atendidas pelo serviço dividida pela quantidade de residências totais em cada setor, como proposto por Silva Filho, Araújo e Nogueira (2016). Assim, *a posteriori*, foram analisados, discutidos e sistematizados, conforme a Figura 3.

Figura 3 – Organograma do desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Acervo dos autores (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diagnosticar o saneamento básico municipal e enviar suas informações ao SNIS anualmente é uma tarefa dos prestadores dos serviços de cada pilar (abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e drenagem e manejo das águas pluviais). Assim como é tarefa do Governo Federal, através do IBGE, levantar as informações da qualidade dos serviços de saneamento por meio de Censo e da PNAD.

Dessa forma, foi feita uma sondagem a respeito do município de São Fernando na plataforma do SNIS e observou-se que os dados referentes ao esgotamento sanitário não estão sendo enviados desde 2015 pela Prefeitura. Em relação ao levantamento da qualidade dos serviços do saneamento proposto pela PLANSAB (2013), que deveria ser feito pelo IBGE, não foram encontrados dados coesos e recentes (2019 ano desta pesquisa). No mais, a periodicidade do levantamento do IBGE para esta temática é de longa, como de 10 anos para cada censo demográfico, o qual contém os questionários a respeito do saneamento básico. Em relação à PNAD, a temática de saneamento entra na periodicidade variável, ou seja, não há datas certas de realização, ressaltando que as três últimas foram em 2000, 2008 e 2017.

No caso do município de São Fernando, os serviços de saneamento são geridos por duas prestadoras de serviços, ficando a cargo da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande (CAERN) os serviços de abastecimento de água; e os demais serviços ficam sob a responsabilidade da Prefeitura Municipal (esgotamento sanitário, manejo dos resíduos sólidos e manejo das águas pluviais). Diante disso, em parceria com a Prefeitura Municipal, foi feito um levantamento cartográfico por meio de aerofotografia, geoprocessamento e SIG, que, por sua vez, foi combinado com informações demográficas (quantidade de habitantes) do IBGE.

De acordo com dados obtidos em campo sobre a quantidade de domicílios particulares (casas), domicílios particulares com 1º andar e domicílios particulares com 2º andar com ligações para a rede geral de esgoto, foi possível quantificar 1.044 casas, 19 prédios com 1º andar e 1 prédio com 2º andar, podendo assim somar 1.064 ligações e 1.085 economias (economias: 1.044 casas mais prédios com 1º andar (19x2) mais prédio com 2º (1x3) total 1.085). Destas economias, 1.010 têm ligações ativas à rede geral de tratamento de esgoto. Também foram quantificados 75 domicílios sem ligações à rede geral de esgoto na zona urbana e 312 residências rurais com

esgotamento encanado a fossas rudimentares, como pode ser melhor compreendido na Figura 4.

Figura 4 – Situacional quantitativo do município de São Fernando, 2019

Relação de Domicílios com Tratamento de esgoto	Zona Urbana	Zona Rural
Com Tratamento	1010	0
Sem Tratamento	75	312

Fonte: Acervo dos autores (2019).

Sabendo-se que, para calcular os índices, necessita-se da quantidade de pessoas e não de residências, essas informações servirão de base para calcular o número de habitantes. Para isso, optou-se por usar o índice de densidade por domicílio, entretanto estimando, ou seja, dividindo a população estimada pelo IBGE para o ano de 2019 pela quantidade de residências mapeadas. No mais, para melhor acurácia e para não generalizar a população da zona urbana com a rural, necessitou-se recorrer ao índice da taxa de urbanização do IBGE, a qual é feita com base no Censo 2010. Com isso, foi possível chegar aos resultados de que a estimativa para o ano de 2019 para o município de São Fernando é de 3.584 habitantes, dos quais 2.421 são da zona urbana e 1.163 da zona rural, conforme a Figura 5.

Figura 5 – Base de cálculo para a taxa de urbanização do município de São Fernando, 2019

Pop Total 2019 estimada pelo IBGE	Taxa de Urbanização de São Fernando Com Base no Último Censo Demográfico	Pop Urbana Estimada	Pop Rural Estimada
	(Pop_Urb em 2010 - Pop_Total em 2010)	(3584 x 0,67538)	(3584 - 2421)
3584	0,67538	2421	1163
Pop = População	Pop Urb = População Urbana		

Fonte: IBGE (2019); IBGE (2010).

Desta forma, dividindo-se a quantidade de pessoas pela quantidade de casas (economias) mapeadas, chegou-se a uma taxa de densidade por residência de 2,23 habitantes por domicílio na zona urbana e 3,73 na zona rural, conforme a Figura 6.

Figura 6 – Quadro da base de cálculo para a taxa de densidade por domicílio do município de São Fernando, 2019

Taxa de Densidade por Domicílio	Zona Urbana	Zona Rural
Casas	1085	312
População Estimada para 2019	2421	1163
Densidade por Domicílio	2,23	3,73

Fonte: IBGE (2019); Levantamento *in loco* (2019).

Deste modo, sabendo-se que, na zona urbana, só 1.010 residências têm ligação encanada à rede coletora de esgotos e tratamento, por meio de uma equação simples de multiplicação foi possível estimar a quantidade de pessoas atendidas com os serviços de esgotamento sanitário, como pode ser observado a seguir.

$$1010 \times 2,23 = 2252$$

Com as informações acima, da população urbana atendida com esgotamento sanitário e com a quantidade de pessoas residentes na zona urbana com ou sem os serviços de esgotamento, como denominado pelo IBGE 2019 de População Urbana Residente do(s) Município(s) com Esgotamento Sanitário, foi possível calcular o índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto, que é de 93,96%, conforme a Figura 7.

Figura 7 – Abrangência do esgotamento sanitário na zona urbana do município de São Fernando/RN

IN047 - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto	
Forma de cálculo	Informações envolvidas
_____	ES026: População urbana atendida com esgotamento sanitário
	G06B: População urbana residente do(s) município(s) com esgotamento sanitário
	POP_TOT: População total do município do ano de referência (Fonte: IBGE):
Dados de São Fernando	Unidade (Percentual)
_____	93,01%

Fonte: Adaptado do SNIS (2019).

Em relação à abrangência do município todo, não se tem fórmula. Conforme a quantidade de residentes totais, é considerado apenas onde é atendido com abastecimento de água. Desta forma, segundo o SNIS 2019, o município conta com 3.523 residentes totais atendidos com abastecimento de água; e 2.252 atendimentos totais com serviços de esgotamento sanitário, todos estes referentes à zona urbana.

Vale relatar que, na zona rural, existem serviços de coleta e transporte dos esgotos, entretanto não existe tratamento e nem destinação final adequada, não sendo considerado como esgotamento sanitário, conforme as definições dadas pela Lei do Saneamento Básico (BRASIL, 2007).

Dessa forma, de acordo com os índices propostos pelo SNIS 2019, o município de São Fernando conta com uma taxa de 63,92% de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água, conforme a Figura 8.

Figura 8 – Abrangência total do esgotamento sanitário do município de São Fernando/RN

IN056 - Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	
Forma de cálculo	Informações envolvidas
—	ES001: População total atendida com esgotamento sanitário
	G12A: População total residente do(s) município(s) com abastecimento de água, segundo o IBGE
	G12B: População total residente do(s) município(s) com esgotamento sanitário, segundo o IBGE
	POP_URB: População urbana do município do ano de referência (Fonte: IBGE):
Dados de São Fernando	Unidade (Percentual)
—	63,92%

Fonte: Adaptado do SNIS (2019).

Com pode ser observado nos dois quadros acima, o município apresenta bons resultados, se comparado com o Nordeste, que tem 28,3% de coleta total e 36,7% em coleta urbana; e confrontado com o Brasil, que apresenta 54,1% no total e 61,9% em áreas urbanas (SNIS, 2019).

Entretanto, às vezes, a abrangência dos serviços de esgotamento nem sempre corresponde aos padrões de sustentabilidade esperados pela Agenda 2030 da ONU e até mesmo pela política brasileira de saneamento básico, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007). Partindo desse pressuposto, uma das formas de avaliar de forma qualitativa e diagnosticar com melhor precisão a vertente do esgotamento sanitário é por meio da classificação sugerida pelo PLANSAB, conforme o Quadro 1, que visa diagnosticar não só a quantidade, mas também a qualidade dos serviços de esgotamento sanitário.

Quadro 1 - Caracterização do atendimento e do déficit de acesso ao esgotamento sanitário

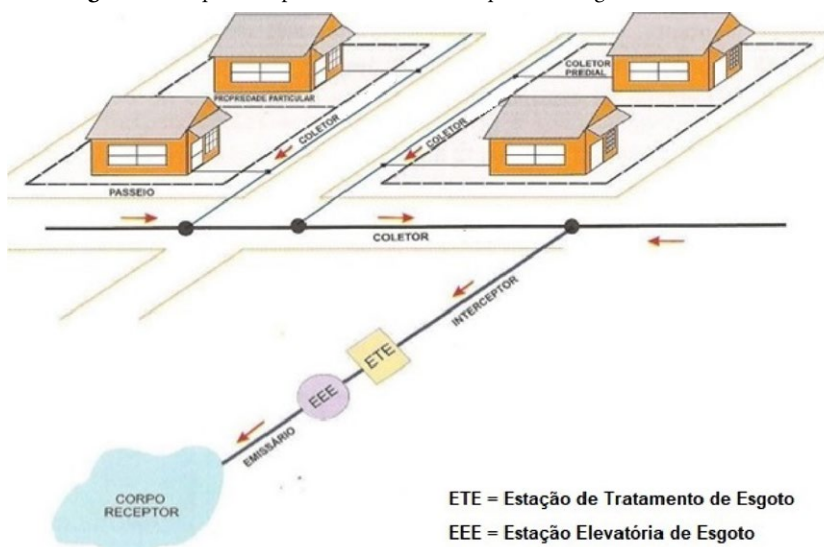
COMPONENTE	ATENDIMENTO ADEQUADO	DÉFICIT	
		ATENDIMENTO PRE-CÁRIO	SEM ATENDIMENTO
ESGOTAMENTO SANITÁRIO	<ul style="list-style-type: none"> – Coleta de esgotos, seguida de tratamento; – Uso de fossa séptica. 	<ul style="list-style-type: none"> – Coleta de esgotos, não seguida de tratamento; – Uso de fossa rudimentar. 	Todas as situações não enquadradas nas definições de atendimento se constituem em práticas consideradas inadequadas.

Fonte: Adaptado do PLANSAB (2013).

Com base neste quadro, nota-se que, além do acesso aos serviços de esgotamento, outros aspectos são relevantes para classificar a adequabilidade do município quanto à sustentabilidade sanitária e ambiental, ou seja, além do acesso aos serviços de coleta de esgoto, precisa-se saber se este está sendo tratado e descartado de forma adequada, diminuindo-se assim os vetores de doenças e a degradação do meio ambiente.

Dessa forma, para que seja considerado um esgotamento sanitário adequado, precisa-se ter uma coleta de esgotos seguida de tratamento, o que significa que deve ter coleta predial, rede coletora, rede interceptora, estações elevatórias (em algumas situações), estação de tratamento e emissário, conforme a Figura 9 e as NBR regulatórias (NBR-6949, 1986; NBR-12207, 1992; NBR-8160, 1999).

Figura 9 – Esquema representativo de um esquema de esgotamento sanitário



Fonte: Adaptado de Lopes (2017).

De forma mais simplificada e esclarecedora: coleta predial corresponde ao trecho de tubulação entre a última inserção das ligações prediais e o sistema público ou privado de coleta de esgotos, ou seja, as ligações das casas até a rede coletora da rua (NBR-6949, 1986;

NBR-8160, 1999). A rede coletora é compreendida por tubulações, que recebem a contribuição de esgotos prediais em qualquer ponto ao longo de seu comprimento; em outras palavras, a rede que passa nas ruas e recebe as ligações das casas (NBR-6949, 1986). Já a rede interceptora é a “canalização cuja função precípua é receber e transportar o esgoto sanitário coletado, caracterizada pela defasagem das contribuições, da qual resulta o amortecimento das vazões máximas” (NBR-12207, 1992, p. 1). Esta se destaca por ter diâmetro nominal superior às outras tubulações de coleta e não receber ligações diretas de coletores prediais; ela é a rede que recebe as outras redes das ruas e as liga à estação de tratamento. Neste meio do caminho, a depender da topografia do terreno, podem existir estações elevatórias, que têm a função de bombear os esgotos coletados para que possam prosseguir no seu ciclo de coleta-tratamento-destinação final. As estações de tratamentos, como o próprio nome esclarece, correspondem aos locais onde os esgotos são tratados, que podem ser fossa séptica, lagoas facultativas, entre outras formas de tratamento. E o emissário corresponde à tubulação de descarte do esgoto tratado ao meio ambiente.

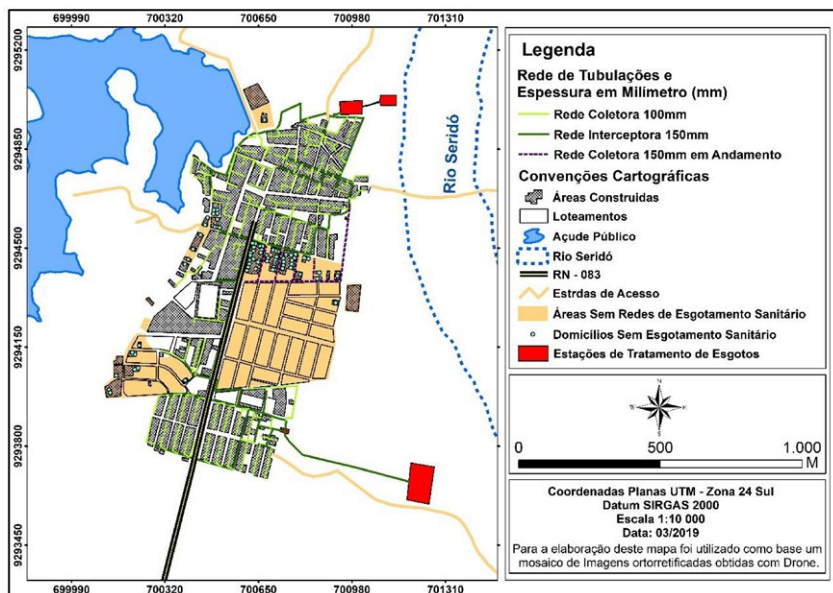
Já em relação ao atendimento inadequado, ou seja, em déficit, considera-se quando tem a coleta de esgotos, mas esta não é seguida de tratamento, ou quando há o uso de fossa rudimentar, menos eficiente que a fossa séptica, o que é considerado um atendimento precário; e considerado sem atendimento quando não se enquadra nas situações de atendimento adequado e nem de atendimento precário. Em ambas as situações em déficit será considerado atendimento inadequado para esta pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÕES QUANTITATIVAS

Com bases nos primeiros dados explanados acima, junto com o levantamento feito em campo por meio de depoimentos de funcionários e ex-funcionários da prefeitura, adicionadas as técnicas de geoprocessamento, foi possível mapear e espacializar a rede de coleta

e estações de tratamento de esgotos da zona urbana (Figura 10), o que conformou com o índice supracitado.

Figura 10 – Mapa da Rede Coletora de Esgotos na Zona Urbana do Município de São Fernando/RN, 2019



Fonte: Acervo dos autores (2019).

Como pode ser observado neste mapa, o sistema de esgotamento sanitário com coleta e tratamento de esgoto só abrange 93,01% da zona urbana, ficando sem rede de coleta as casas como pontos azuis, o que soma um total de 75 moradias. Destas, 50 estão localizadas próximas ao centro urbano, ao sul, onde há uma linha pontilhada na cor roxa; segundo informações coletadas em campo, esta será a linha por onde passará a encanação coleta de esgotamento em breve, cujo projeto está em trâmite para execução. A segunda maior área em concentração de casas sem rede de coleta está localizada a oeste do centro, próximo do açude público, com 15 casas; para esta área, não há projeto de viabilidade técnica para sanar o problema até o momento da pesquisa, sabendo-se, entretanto, que esta é a área de maior dificuldade para se ligar à rede, pois existem na cidade obstáculos da topografia, ou seja, esta área encontra-se em cotas altimétricas inferiores às cotas da rede

existente na cidade. As demais casas estão localizadas a sudoeste: nove casas, mais precisamente, no loteamento e uma a norte, próximas à parede do açude; para estas, não foram apresentadas informações a respeito da viabilidade técnica para solução do problema.

Em todas as casas sem esgotamento sanitário, ou seja, sem ligação direta com a rede de coleta e tratamento dos esgotos, foi observado que, em relação às águas negras (águas provenientes de vasos sanitários), os dejetos são armazenados no interior dos imóveis, em fossas rudimentares, coletados e transportados até as lagoas de tratamento por meio de um trator agrícola adaptado a um tanque de limpa-fossa, como pode ser visto na Figura 11.

Figura 11 – Meio de coleta e transporte dos dejetos nas residências urbanas sem ligação à rede coletora de esgotos em São Fernando/RN, 2019



Fonte: Acervo dos autores (2019).

Já em relação às águas cinzas (águas provenientes de banho, pias, etc.), estas são descartadas no meio ambiente sem tratamento; em al-

gumas situações, até no canal de drenagem das águas pluviais, como mostra a Figura 12.

Figura 12 – Meio de descarte das águas cinzas das residências urbanas sem ligação com a rede coletora de esgotos em São Fernando/RN, 2019



Fonte: Acervo dos autores (2019).

Em relação ao município todo (zonas urbana e rural), não existe índice que leve em consideração a população total e a população atendida com esgotamento sanitário para as zonas rurais. Dessa forma, o índice que mais se aproxima para se ter uma panorâmica é o IN056 - índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água. Assim, foi substituída, na fórmula, a população total do município pela população total atendida com água, o que deu uma diferença de 61 pessoas. Entretanto, este valor é irrelevante, pois o que fez o índice cair para 63,92% foi, de fato, a falta de esgotamento sanitário na zona rural ou, pelo menos, a falta de adequabilidade, pois os sítios e as comunidades rurais amostrais visitadas apresentaram um mesmo padrão de como gerir os esgotamentos gerados nas suas residências, que foi o descarte das águas cinzas a céu aberto no meio ambiente e o das águas negras sendo destinadas a fossas rudimentares, conforme a Figura 13.

Figura 13 – Formas de gestão dos esgotos na zona rural de São Fernando/RN, 2019

Fonte: Acervo dos autores (2019).

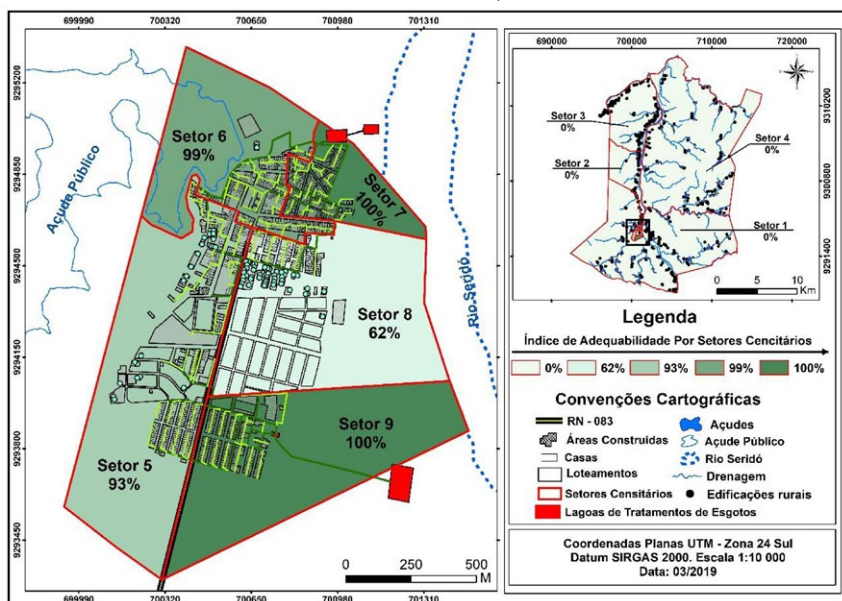
RESULTADOS E DISCUSSÕES QUALITATIVAS

Já fazendo referência à questão de adequabilidade, quando observada por esta óptica e embasada na classificação do PLANSAB (2013), foi possível observar que, pelo fato de as comunidades rurais e os sítios tratarem seus esgotos de formas impróprias, como supracitado, a taxa de adequabilidade nesses setores rurais é de 0%, como pode ser observado no mapa menor da Figura 14 (setores 1, 2, 3 e 4).

Já na zona urbana, como há esgotamento sanitário com coleta, transporte e tratamento de esgotos, este índice de adequabilidade sobe significativamente, chegando a 100%, como é o caso dos setores 7 e 9. Entretanto, devido ao fato de 75 domicílios não terem ligação à rede de coleta de esgotos, como relatado anteriormente, e

estas estarem espalhados pela zona urbana da cidade, observou-se que os índices caem para 93% no setor 5 e para 99% no setor 6; e o setor mais afetado com isso é o 8, que concentra um terço das casas sem ligação à rede geral de esgoto (50 domicílios) Com isto, o índice cai para 62% de adequabilidade neste setor censitário.

Figura 14 – Mapa do índice de adequabilidade do abastecimento de água na zona urbana de São Fernando/RN, 2019



Fonte: Acervo dos autores (2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como pôde ser observado neste trabalho, foi de suma importância fazer um diagnóstico quantitativo da abrangência (cobertura) dos serviços de esgotamento sanitário junto com um diagnóstico setorizado qualitativo (adequabilidade e qualidade dos serviços), pois, assim, foi possível acurar os locais mais susceptíveis à degradação do meio ambiente e à proliferação de vetores de doenças, como é o caso das zonas de menor índice de adequabilidade.

No mais, foi possível perceber que, com o zoneamento, há um cenário mais realista do município, onde se detectou que existe uma

discrepância significativa entre a qualidade dos serviços de esgotamento sanitário nas zonas urbanas e rurais; Isso, quando observado só pela ótica qualitativa, pode ser mascarado pela generalização do município todo, como foi o caso do IN056 - índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água, que apresentou um valor de 63,92% de cobertura para o município, sendo que os serviços se concentram majoritariamente na zona urbana.

Com isso, percebe-se que a metodologia aplicada trouxe resultados satisfatórios, pois permitiu avaliar a situação do esgotamento sanitário no município por duas óticas, trazendo para os gestores um panorama realista e subsidiando o ordenamento territorial.

Além disso, a metodologia pode ser aplicada a outros municípios e nas outras esferas do saneamento (abastecimento de água potável; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; drenagem e manejo das águas pluviais), além de servir para avaliação frente aos objetivos da Agenda 2030 em conformidade com a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE-Cidade:** São Fernando. São Fernando. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/sao-fernando/panorama>. Acesso em: 01 mar. 2019.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF, 2007.

DIAS, Natália Araújo. **Déficit de acesso à coleta de esgoto sanitário no Espírito Santo. 2018.** 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018.

FICARELLI, Thomas Ribeiro de Aquino. **Informações geográficas nos serviços de água e esgoto:** aplicações e disparidades de uma tecnologia de uso global. 2019. 309 f. Tese (Doutorado em Saúde Global) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

GOMES, Fabrício Pereira; ARAÚJO, Richard Medeiros. Pesquisa quanti-qualitativa em administração: uma visão holística do objeto em estudo. **Rumos**, João Pessoa, v. 1, n. 2, p. 149-161, 2004.

LOPES, Aruana Rocha Barros. **ENGT 141 - Saneamento**: Aula 2 - Evolução dos Sistemas de Esgotos. 2017. Disponível em: <https://www.slide-share.net/larissarfreire/aula-2-evolucao-dos-sistemas-de-esgotos>. Acesso em: 26 jul. 2019.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB**. Brasília, dezembro de 2013.

MORAES, Luiz Roberto Santos *et al.* Panorama do Saneamento Básico no Brasil: análise situacional do déficit em saneamento básico. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2014. 2 v.

NBR-12207. **Projeto de interceptores de esgoto sanitário**. 1992. Disponível em: <https://onedrive.live.com/?cid=ABD323E3F6B24ED7&cid=ABD323E3F6B24ED7%216792&parId=ABD323E3F6B24ED7%216416&co=OneUp>. Acesso em: 30 jul. 2019.

NBR-6949. **Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. 1986. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.649-Projeto-de-Redes-de-Esgoto.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2019.

NBR-8160. **Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução**. 1999. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17500/material/NBR%208160%20Sistemas%20prediais%20de%20esgoto%20sanit%C3%A1rio-%20projeto%20e%20execu%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2019.

NIRAZAWA, Alyni Nomoto; OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. Indicadores de saneamento: uma análise de variáveis para elaboração de indicadores municipais. **Revista de Administração Pública**, v. 52, n. 4, 2018.

ONU. Organização das Nações Unidas. **A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/sobre/>. Acesso em: 16 mar. 2020.

ONU-WATER. **Sustainable Development Goal 6: Synthesis Report on Water and Sanitation**. Tradução livre, 2018.

PMSC. Prefeitura Municipal de Serra Caiada (org.). **Plano Municipal de Saneamento Básico Serra Caiada – RN**. Serra Caiada: UFRN, 2018. 28 p. Disponível em: <http://www.serracaiada.rn.gov.br/plano-municipal-de-saneamento-basico.html>. Acesso em: 3 mar. 2020.

SANTOS, Alexandre Rosa dos *et al.* **ArcGIS 10.2.2 passa a passo elaborando meu primeiro mapeamento**. Alegre: CAUFES, v. 1, 2014.

SILVA FILHO, José Adalberto da; ARAÚJO, Sayonara Costa de; NOGUEIRA, Virgínia de Fátima Bezerra. Water supply diagnosis in the municipality of Cajazeiras, Paraíba State, Brazil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, n. 2, p. 11-15, jun. 2016.

SNIS. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento (org.). **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos**. 25. ed. Brasília: SNS/MDR, 2019. 183 p.

SOARES, Raquel *et al.* **Medindo o saneamento: potencialidades e limitações dos bancos de dados brasileiros**. Rio de Janeiro: FGV CERJ, 2018. 38 p.

START, Pesquisa e Consultoria Técnica Ltda (org.). **Plano Municipal de Saneamento Básico de Angicos/RN: Produto H: indicadores de desempenho do Plano Municipal de Saneamento Básico**. Angicos: UFRN, 2018. 34 p. Disponível em: <https://www.angicos.rn.gov.br/index.php/saneamento-basico/617-produto-h-indicadores-de-desempenho-do-plano-municipal-de-saneamento-basico>. Acesso em: 3 mar. 2020.

TERRA-AMBIENTAL. **Conheça as doenças causadas pelo “não tratamento” do esgoto**. 2013. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/conheca-as-doencas-causadas-pelo-nao-tratamento-do-esgoto>. Acesso em: 15 jun. 2021.

TERRA-AMBIENTAL. **Esgoto a céu aberto: saiba os problemas causados pelo descarte do esgoto doméstico no mar**. 2017. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/esgoto-a-ceu-aberto-problemas-causados-pelo-descarte-do-esgoto-domestico-no-mar>. Acesso em: 15 jun. 2021.

TRATA BRASIL. **Saneamento é Saúde**. 2017. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2017/03/14/a-falta-de-saneamento-esta-entre-as-principais-causas-de-morte-infantil-no-mundo>. Acesso em: 07 jul. 2019.

ANÁLISE DA EXPANSÃO URBANA DE ESTREITO-MA POR MEIO DA PLATAFORMA GOOGLE EARTH ENGINE

Matias Ribeiro Cabral Junior
Lucas Mateus Fontenele de Oliveira

INTRODUÇÃO

As cidades estão sempre passando por transformações. Japiassú e Lins (2014) afirmam que as cidades passam pelo processo de expansão urbana constantemente desde sua existência, seja em maior ou menor intensidade, sempre implicando em crescimento. Esse crescimento pode ser analisado, dentre outros aspectos, pelas questões demográficas ou pelo crescimento físico do território.

Devido a essa urbanização constante, a cobertura da terra em áreas urbanas, num período de tempo, tende a mudar mais se comparada com outras partes. Compreender as mudanças espaço-temporais dos ambientes urbanos é essencial para o planejamento regional e local e também para a gestão ambiental (ZHA *et al.*, 2003; DENG; WU, 2012).

Neste sentido, as geotecnologias têm sido amplamente utilizadas para o monitoramento e a análise da cobertura da terra. Da Luz *et al.* (2019) utilizaram índices de vegetação para a análise da expansão urbana no município de Rio das Ostras-RJ e no trabalho de Vale *et al.* (2020) foi realizada uma análise multitemporal do uso e cobertura da terra a partir de sensoriamento remoto do município de Conceição do Araguaia-PA.

Diante disso, o objetivo do estudo em pauta é a análise da expansão urbana da cidade de Estreito-MA, entre os anos de 2000 e 2020, a partir da geração de Índices de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e Índice de Áreas Construídas por Diferença Normalizada (NDBI), utilizando a plataforma *Google Earth Engine* (GEE).

Destaca-se que, após o ano de 2007, iniciou-se a instalação da Usina Hidrelétrica Estreito (UHE Estreito) situada na divisa entre o Maranhão e o Tocantins, particularmente entre os municípios de Estreito-MA e Aguiarnópolis-TO. Pode-se observar, a partir dos índices de vegetação gerados, o crescimento urbano no município de Estreito-MA, tendo apresentado um adensamento mais evidente entre os anos de 2005 e 2010.

REFERENCIAL TEÓRICO

É importante evidenciar que as geotecnologias são de grande importância na gestão urbana. Conhecer onde os problemas ocorrem e poder visualizá-los espacialmente facilita seu entendimento e mostra as possíveis soluções (CORDOVEZ, 2002), daí a necessidade de se compreender o viés conceitual e suas aplicabilidades.

Neste contexto, Piroli (2010) destaca que as geotecnologias são o ramo da ciência que estuda o processamento de informações georreferenciadas, utilizando aplicativos, equipamentos, dados de fontes diversas e profissionais qualificados. Ou seja, as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica (ROSA, 2011).

Dentre as geotecnologias, merecem destaque: o Sistema de Informação Geográfica (SIG), Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto, Sistema de Posicionamento Global e Topografia (ROSA, 2011).

Por conta de sua visão sinóptica, os dados de sensoriamento remoto têm sido amplamente utilizados (DENG; WU, 2012). De acordo com Meneses e Almeida (2012, p. 3), a definição mais conhecida de sensoriamento remoto é que este seria “uma técnica de

obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto”. Os autores complementam dizendo que uma definição mais científica para o termo seria: “ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres”.

Destaca-se que todo material da superfície terrestre, sendo ele natural ou superficial, interage com a radiação eletromagnética, podendo emitir, refletir, transmitir ou absorvê-la. Com a captação e o registro dessa radiação pelos sistemas sensores, em determinada faixa do espectro eletromagnético, é possível obter um produto passível de interpretação na forma de imagem (MOREIRA, 2007; IBGE, 2001).

Vale salientar que o espectro eletromagnético é a classificação das radiações em função do comprimento de onda e sua frequência (IBGE, 2001). Por sua vez, as características das imagens obtidas pelos sistemas sensores são expressas em quatro domínios de resoluções e cada uma está associada a uma característica diferente dos alvos. Os tipos de resoluções são: espacial ou geométrica, espectral, temporal e radiométrica (MOREIRA, 2007; ZANOTTA; FERREIRA; ZORTEA, 2019).

Nesse sentido, a resolução espacial é a capacidade de descrever as características geométricas dos alvos, como forma e tamanho. Ou seja, quanto menor o objeto capaz de ser identificado maior será a resolução espacial (ZANOTTA; FERREIRA; ZORTEA, 2019; IBGE, 2001).

A propriedade mais importante dos sensores é a obtenção de imagens em diversas bandas espectrais. Os alvos da superfície terrestre se diferem quanto ao comportamento espectral e a partir da resolução espectral é possível separar objetos espectralmente semelhantes. Essa resolução é medida pela quantidade de bandas (faixas) espectrais contidas nela (MENESES; ALMEIDA, 2012; MOREIRA, 2007; ZANOTTA; FERREIRA; ZORTEA, 2019; IBGE, 2001).

Outro tipo de resolução é a temporal e se refere ao período de tempo que o satélite leva para recobrir uma mesma área de interesse. A resolução radiométrica é a capacidade do sensor de registrar níveis de cinza diferentes e, com isso, ser capaz de discriminar objetos que refletem ou emitem pequenas diferenças de radiação em certas regiões do espectro eletromagnético (MOREIRA, 2007; ZANOTTA; FERREIRA; ZORTEA, 2019).

Além das imagens obtidas por satélites, as fotografias aéreas também podem ser consideradas como produtos do sensoriamento remoto, pois os sistemas sensores podem ser utilizados no solo, em aeronaves e em satélites (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Por sua vez, o conjunto de técnicas utilizadas para melhoria da qualidade das imagens digitais e para extração de informações das mesmas é chamado de Processamento Digital de Imagens (PDI). O PDI permite operações aritméticas entre imagens, sendo que essas operações são efetuadas entre os níveis de cinza dos pixels correspondentes nas diversas imagens. Uma dessas operações é a divisão (razão espectral) e o resultado da razão espectral é uma imagem que melhor reflete as verdadeiras características da superfície (IBGE, 2001).

Conforme Meneses e Almeida (2012), a aritmética de bandas consiste na transformação dos dados a partir da combinação de imagens, tendo como resultado uma nova imagem completamente distinta. Esse tipo de operação visa ajustar e suavizar imagens muito ruidosas ou obter realces de uma imagem ou de alvos específicos de interesse do analista.

Neste contexto, o índice de vegetação é a divisão de bandas que tem como objetivo o realce de variações da densidade da cobertura vegetal (MENESES; ALMEIDA, 2012). Conforme Wiegand *et al.* (1991, citado por MOREIRA, 2007, p. 205), “Os índices de vegetação resultam de transformações lineares da reflectância obtida em duas ou mais bandas do espectro eletromagnético, mediante soma, razão entre bandas, diferença, ou qualquer outra combinação”.

Um tipo de índice de vegetação bastante utilizado é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que é obtido pela razão entre a diferença da banda do infravermelho próximo (NIR) e a banda do vermelho (RED), pela soma da banda do infravermelho próximo (NIR) e a banda do vermelho (RED), como mostra a equação 1:

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

Os resultados dessa expressão são valores que variam entre -1 a +1, sendo que, quanto mais os valores estiverem próximos de +1, maior é a presença de vegetação fotossinteticamente ativa. Áreas com vegetação densa apresentam valores próximos de 1, solos expostos apresentam valores próximos de zero e áreas com total ausência de vegetação (água) valores negativos (MENESES; ALMEIDA, 2012; BRAZ *et al.*, 2015).

Quando se pretende estudar áreas urbanas também pode ser utilizado outro tipo de índice, o Índice por Diferença Normalizada para Áreas Construídas (NDBI). As imagens resultantes do NDBI contêm somente *pixels* de áreas estéreis e construídas (RIVERO, 2019). As bandas espectrais utilizadas para o cálculo do NDBI, segundo Da Luz *et al.* (2019), são a do infravermelho próximo (NIR) e a do infravermelho médio (SWIR), representado pela equação 2:

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$$

Para realizar todas essas atividades que envolvem geoprocessamento são utilizados ambientes específicos dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) (MOREIRA, 2007). O SIG é composto por *software*, *hardware*, dados, metodologias e usuário qualificado para operá-lo e tem por finalidade armazenar, combinar e processar informações geográficas (ROSA, 2011).

Rivero (2019) destaca que houve um aumento na necessidade de se adquirir dados mais rapidamente e isso fez com que a capacidade

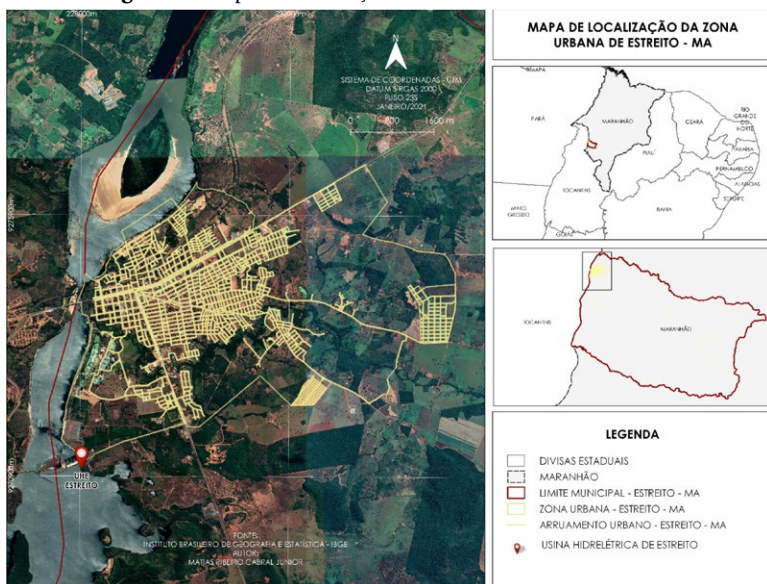
de processamento dos computadores se elevasse. A plataforma *Google Earth Engine* (GEE) se apresenta como uma alternativa capaz de realizar processamentos mais rápidos que um SIG tradicional. Portanto, a plataforma (GEE) é capaz de processar conjuntos de dados muito grandes sem precisar de computadores muito potentes e é uma plataforma baseada em nuvem. O GEE disponibiliza um banco de imagens atuais e históricas de todo o planeta (GORELICK *et al.*, 2017).

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo é o município de Estreito, pertencente ao estado do Maranhão, localizado na margem direita do rio Tocantins e distante 750 km da capital São Luís. Estreito possui uma população estimada para o ano de 2020 de 42.527 pessoas e ocupa uma área territorial de 2.718,978km² (IBGE, 2020). A Figura 1 apresenta o mapa de localização de Estreito-MA.

Figura 1 - Mapa de localização da zona urbana de Estreito-MA



Elaboração: Autores (2021).

Em virtude das feições geológicas, geomorfológicas e pelo estreitamento do canal do rio Tocantins no limite entre Estreito-MA e Aguiarnópolis-TO, essa região foi escolhida para a implantação da Usina Hidrelétrica Estreito, que recebeu esse nome por estar localizada em sua maior parte no município homônimo (SIEBEN; CLEPS JUNIOR, 2012).

Menciona-se que no ano de 2007 foram iniciadas as obras de construção da Usina Hidrelétrica Estreito (UHE Estreito). A UHE Estreito entrou em operação no ano de 2011 e foi inaugurada no ano de 2012. A usina possui um reservatório a fio d'água de 555 km² e uma capacidade total de 1.087MW de energia (SILVA; SIEBEN, 2019; MARANHÃO, 2009).

Metodologia

Inicialmente, fez-se uma revisão da literatura para o entendimento dos conceitos de expansão urbana, geotecnologias, índices de vegetação, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI, Índice de Áreas Construídas por Diferença Normalizada - NDBI e *Google Earth Engine*.

Ao definir a área de estudo, foi feita a escolha das imagens de satélites a serem utilizadas a partir da coleção de imagens da plataforma *Google Earth Engine*. Para a escolha dos dados, foi aplicado um filtro de data e cobertura de nuvens na coleção de imagens dos Satélites *Landsat 5*, sensor TM (*Thematic Mapper*) e *Landsat 8*, sensor OLI (*Operational Land Imager*). O período de tempo escolhido para realizar o estudo foi de duas décadas, iniciando pelo ano 2000, antes da construção da usina hidrelétrica, até o ano de 2020.

Foram escolhidas imagens do ano de 2000, 2005 e 2010 do satélite *Landsat 5* e do ano de 2015 e 2020 do satélite *Landsat 8*, com o mínimo de nuvens, pois elas impedem que a energia refletida pelos alvos na região do visível e do infravermelho próximo cheguem até o sensor (MOREIRA, 2007). O Quadro 1 apresenta as características das imagens utilizadas e o Quadro 2 mostra as características dos satélites.

Quadro 1 – Características das imagens utilizadas para o município de Estreito-MA

Data	Satélite	Sensor	Cobertura de Nuvens (%)
14/06/2000	Landsat 5	TM	0.0
14/07/2005	Landsat 5	TM	0.0
12/07/2010	Landsat 5	TM	0.0
11/08/2015	Landsat 8	OLI	0.0
08/08/2020	Landsat 8	OLI	0.0

Fonte: Landsat. Elaboração: Autores (2021).

Quadro 2 – Características dos satélites utilizados no mapeamento

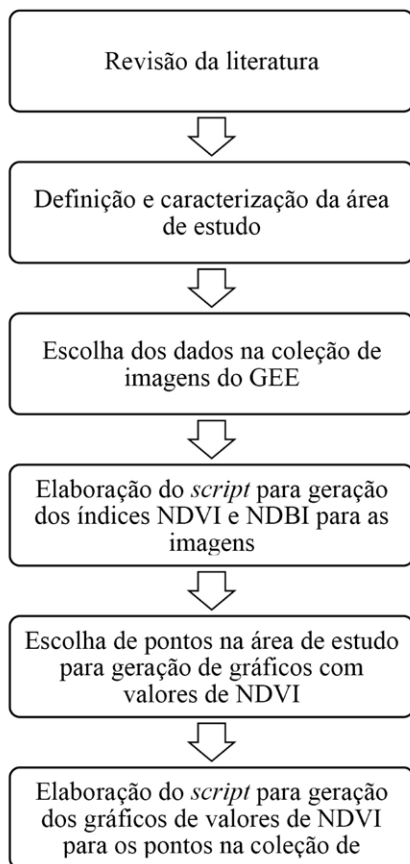
Satélite	Resolução Espacial	Resolução Radiométrica	Resolução Espectral	Resolução Temporal
Landsat 5	30m	8 bits	7 bandas espectrais que variam de 0,45 a 12,5 μm	16 dias
Landsat 8	30m	16 bits	9 bandas espectrais que variam de 0,43 a 12,5 μm	16 dias

Fonte: Landsat. Elaboração: Autores (2021).

Na sequência, foram gerados os índices NDVI e NDBI para as imagens a cada cinco anos, no intuito de realizar as análises do crescimento urbano, assim como foi feito nos estudos de Da Luz *et al.* (2019) e De Oliveira *et al.* (2011) e Rivero (2019). Optou-se, para a geração dos gráficos dos valores de NDVI, utilizar imagens de todos os anos no decorrer do período de duas décadas (2000 a 2020), aproveitando a coleção de imagens do GEE.

As imagens utilizadas referentes aos anos de 2000 a 2013 foram obtidas pelo satélite Landsat 5 e as referentes aos anos de 2014 a 2020 pelo satélite Landsat 8. Foi aplicado um filtro para que só fossem aproveitadas as imagens que obtiverem menos de 2% de cobertura de nuvens.

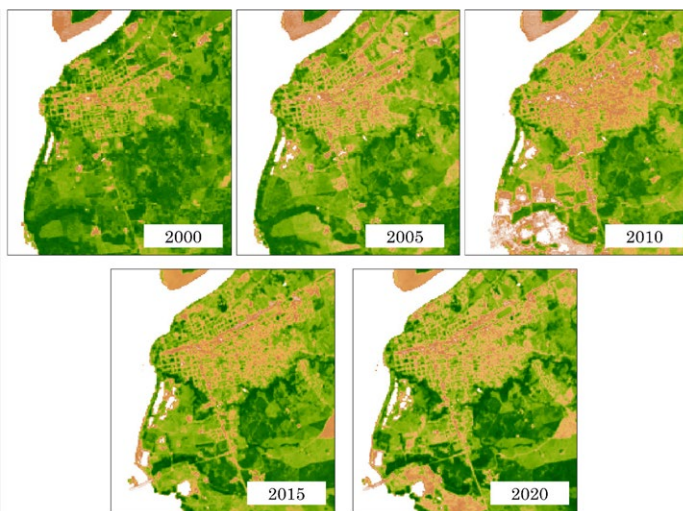
A seguir, apresentam-se as etapas dos procedimentos metodológicos utilizados no estudo (Figura 2).

Figura 2 – Diagrama das etapas metodológicas do estudo

Elaboração: Autores (2021).

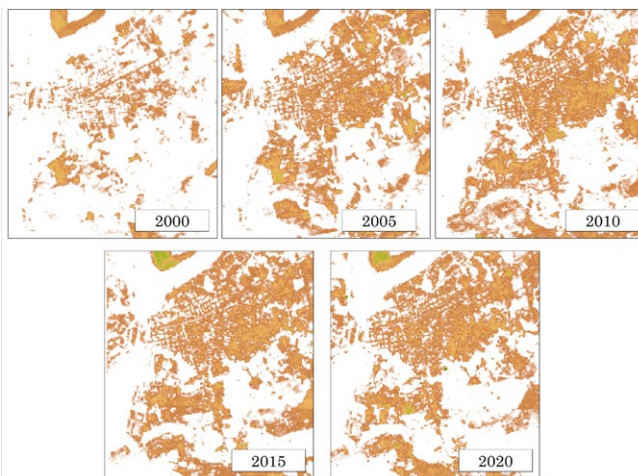
RESULTADOS E DISCUSSÕES

O índice de vegetação NDVI gerado para as imagens mostrou-se eficaz para mapear o crescimento urbano no período dos anos de 2000 a 2020, assim como no trabalho de Da Luz et. al. (2019). A Figura 3 apresenta os NDVIs gerados para cada ano estudado. Pode-se observar um crescimento em direção ao norte, onde fica o rio Tocantins, crescimento também mais significativo para as direções leste e sudeste da cidade. Observa-se ainda na figura a instalação da UHE Estreito na parte inferior de cada ano apresentado.

Figura 3 – NDVI da área urbana de Estreito-MA para os anos de 2000 a 2020

Fonte: GEE. Elaboração: Autores (2021).

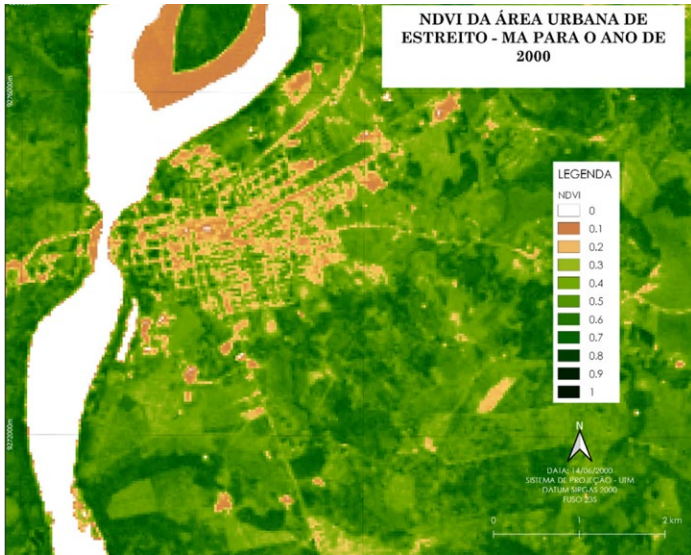
Após esta etapa, realizou-se o mapeamento do NDBI, que mapeia o solo exposto como se fossem áreas urbanizadas, podendo acarretar em prejuízos na análise da expansão urbana (DA LUZ, 2019). Com os NDBIs gerados, apesar de ter confundido muitas áreas de solo exposto e área urbana, é possível observar um adensamento da área construída principalmente entre os anos de 2005 e 2010, como mostra a Figura 4.

Figura 4 - NDBI da área urbana de Estreito-MA para os anos de 2000 a 2020

Fonte: GEE. Elaboração: Autores (2021).

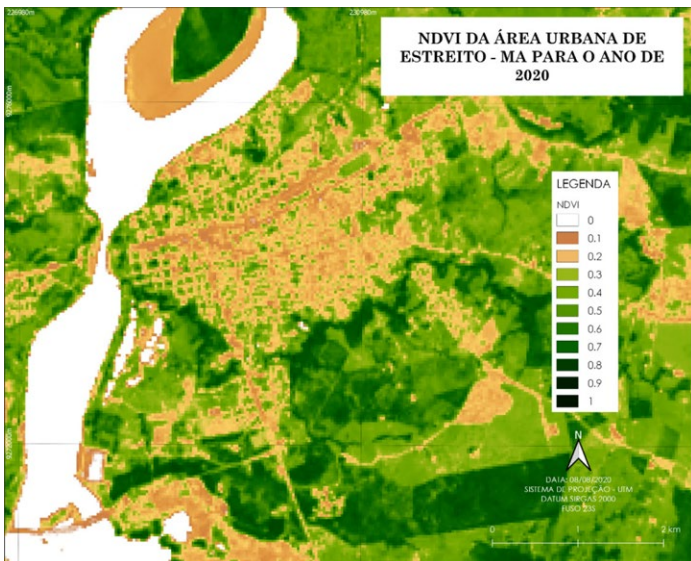
Ao seguir a proposta metodológica, as figuras 5 e 6 apresentam os mapas de NDVI da área urbana de Estreito-MA, considerando os anos de 2000 e 2020, respectivamente.

Figura 5 - Mapa do NDVI da área urbana de Estreito-MA para o ano de 2000



Elaboração: Autores (2021).

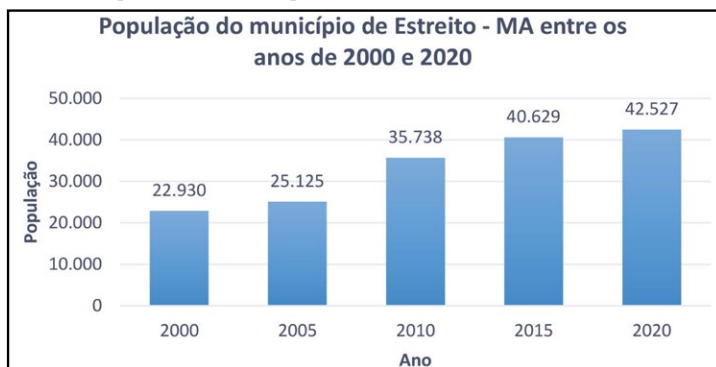
Figura 6 - Mapa do NDVI da área urbana de Estreito-MA para o ano de 2020



Elaboração: Autores (2021).

Ao observar os dados populacionais dos censos demográficos e estimativas populacionais disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), nota-se que houve um acréscimo de 19.597 habitantes entre os anos de 2000 e 2020. O maior crescimento da população foi entre os anos de 2005 e 2010, assim como identificado pelos índices NDVI e NDBI gerados neste estudo. O gráfico 1 apresenta o total da população do município de Estreito-MA para cada ano estudado.

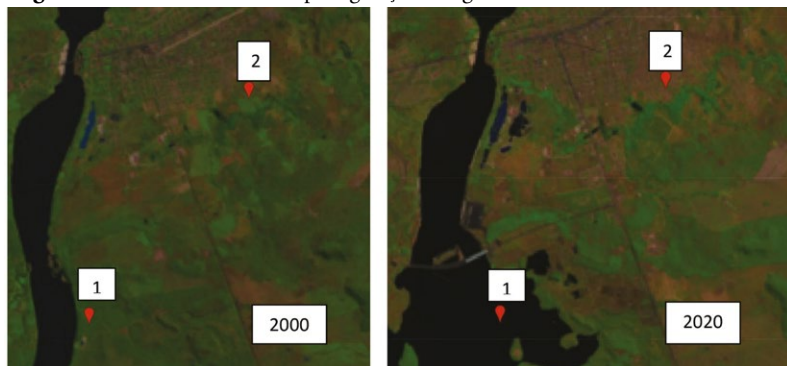
Gráfico 1 - População do município de Estreito-MA entre os anos de 2000 e 2020



Fonte: IBGE (2021). **Elaboração:** Autores (2021).

Foram escolhidos dois pontos para geração dos gráficos dos valores de NDVI, um ponto (1) numa área que foi alagada após a instalação da usina e outro (ponto 2) numa área onde se apresentava como vegetação e se tornou área construída. A Figura 7 apresenta onde foram selecionados os pontos.

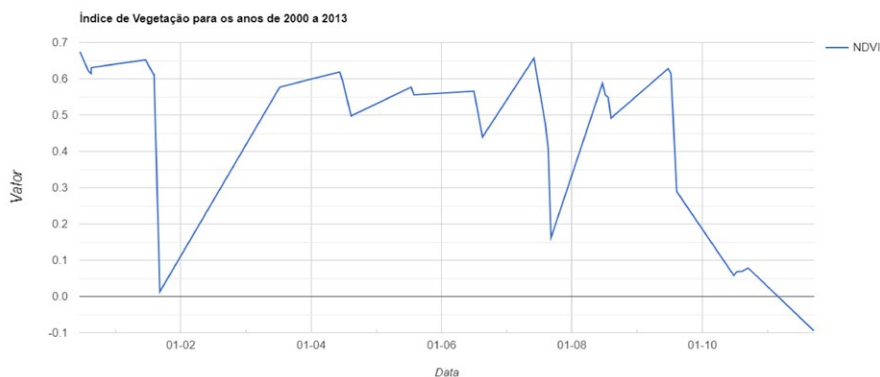
Figura 7 - Pontos selecionados para geração dos gráficos de NDVI em Estreito-MA



Elaboração: Autores (2021).

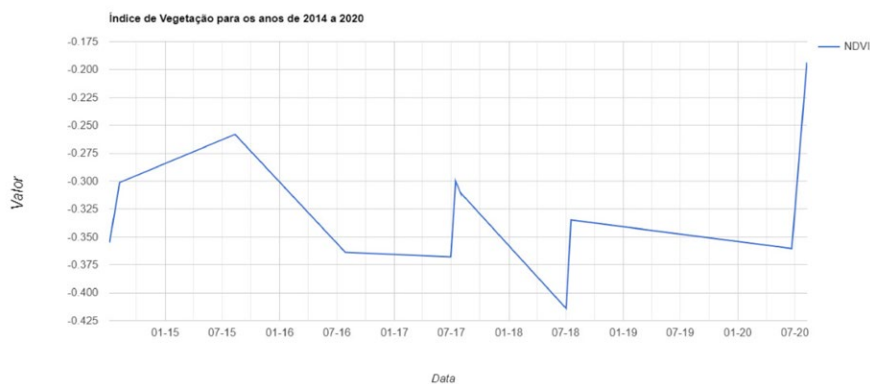
A partir dos gráficos gerados para o ponto 1 é possível observar que no ano de 2000 a presença de vegetação era alta, com valores de NDVI chegando a quase 0,7 e a partir de 2009 os valores caem, chegando até -0,44 no ano de 2018. As figuras 8 e 9 apresentam os gráficos de NDVI para o ponto 1.

Figura 8 - Valores de NDVI para o ponto 1 entre os anos de 2000 a 2013 em Estreito-MA



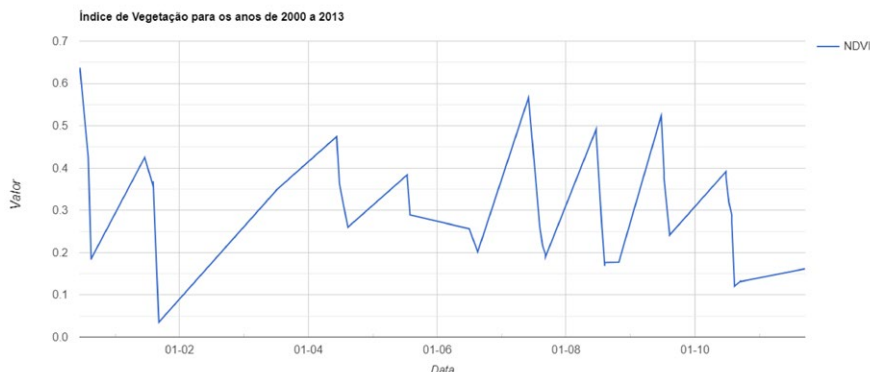
Elaboração: Autores (2021).

Figura 9 – Valores de NDVI para o ponto 1 entre os anos de 2014 a 2020 em Estreito-MA



Elaboração: Autores (2021).

Os gráficos gerados para o ponto 2 estão apresentados nas figuras 10 e 11. Em 2000, nesse ponto, havia vegetação, o que se observa pelo valor de NDVI de 0,6, e passou a ser área urbanizada, chegando a um valor mínimo de NDVI no ano de 2017.

Figura 10 - Valores de NDVI para o ponto 2 para os anos de 2000 a 2013 em Estreito-MA

Elaboração: Autores (2021).

Figura 11 - Valores de NDVI para o ponto 2 para os anos de 2014 a 2020 em Estreito-MA

Elaboração: Autores (2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das análises realizadas, constata-se que as cidades estão sempre passando por mudanças em diversos aspectos, principalmente com relação ao crescimento físico e demográfico. Fazer uso de geotecnologias para o monitoramento desse crescimento é de grande importância para o planejamento territorial.

Conforme diagnosticado, os índices NDVI e NDBI, a partir da plataforma *Google Earth Engine* (GEE), atenderam ao objetivo da pesquisa, mesmo esse tendo confundido áreas de solo exposto com

áreas construídas mais do que aquele. No entanto, foi possível identificar as mudanças espaço-temporais ocorridas na cidade de Estreito-MA no período estudado.

Com os gráficos de NDVI gerados foi possível verificar ainda como ocorreu a mudança da cobertura da terra nos pontos escolhidos e constatar a eficiência e agilidade da plataforma GEE em processar um conjunto de dados relativamente grande num curto intervalo de tempo, sendo que todo o processamento é realizado em nuvem.

Em síntese, este estudo contribui para o conhecimento da sociedade sobre como a cidade de Estreito-MA cresceu em relação ao seu aspecto físico no período de tempo de duas décadas e sobre como as geotecnologias facilitam a coleta, processamento e análise de dados geográficos, podendo ser de grande importância para o planejamento e gestão das cidades.

Como limitação deste estudo, apresenta-se a resolução espacial de 30m das imagens, o que pode ter interferido para aumentar a confusão entre áreas de solo exposto e área urbana e a escolha de imagens de diferentes épocas de cada ano estudado.

REFERÊNCIAS

BRAZ, A. M. *et al.* Análise de índices de vegetação NDVI e SAVI e Índice de Área Foliar (IAF) para a comparação da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do córrego Ribeirãozinho, município de Selvíria-MS. **Revista Percorso**, v. 7, n. 2, p. 5-22, 2015.

CORDOVEZ, J. C. G. Geoprocessamento como ferramenta de gestão urbana. *In: I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto*, 2002, Aracaju/SE. **Anais...** Disponível em: http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr1/pdfs/pa_pu_01.PDF. Acesso em: 21 abr. 2019.

DA LUZ, L. B. *et al.* Utilização do NDVI e NDBI para avaliação da expansão urbana no município do rio das Ostras-RJ, utilizando a plataforma Google Earth Engine. *In: XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2019, **Anais...** Santos-SP: Inpe, 2019. p. 3493-3495. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2019/10.31.12.59/doc/98016.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2020.

DE OLIVEIRA, J. C. F.; DE OLIVEIRA, T. H.; GALVÍNCIO, J. D. Análise Espaço-Temporal da Cobertura Vegetal através do IVDN no Bairro de Boa Viagem, Recife-PE e Entorno (Spatial-Temporal Analysis of Vegetation Through the NDVI in District of Boa Viagem, Recife-PE and Surroundings). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 3, p. 575-588, 2011.

DENG, C.; WU, C. BCI: A biophysical composition index for remote sensing of urban environments. **Remote Sensing of Environment**, v. 127, p. 247-259, 2012. Disponível em: https://cpb-us-w2.wpmucdn.com/sites.uwm.edu/dist/9/213/files/2016/06/2012_RSE-25bvgnr.pdf. Acesso em: 12 dez. 2020.

GORELICK, N. *et al.* Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote sensing of Environment**, v. 202, p. 18-27, 2017.

IBGE, Diretoria de Geociências. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. Manuais Técnicos em Geociências, n. 9, 2001.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/pt/inicio.html>. Acesso em: 29 abr. 2021.

JAPIASSÚ, L. A. T.; LINS, R. D. B. As diferentes formas de expansão urbana. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 2, n. 13, 2014.

MARANHÃO. Relatório nº 12 - município de Estreito-MA avaliação lei nº 21/2006. **Rede de avaliação e capacitação para a implementação dos planos diretores participativos**. São Luís, Maranhão, 2009.

MASSOLI, E. C. *et al.* Impactos sociais a partir de empreendimentos hidrelétricos: um estudo em estreito no Maranhão, Brasil. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, n. 2013-12, 2013.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3. ed. UFV, 2007. 320 p.

PIROLI, E. L. **Introdução ao geoprocessamento**. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, p. 46, 2010.

RIVERO, G. T. **Utilização do Google Earth Engine para monitoramento da urbanização no Distrito Federal**. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 77 p, 2019.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia - USP**, v. 16, p. 81-90, p. 2011.

SIDHU, N. *et al.*, Using Google Earth Engine to detect land cover change: Singapore as a use case. **European Journal Of Remote Sensing**, v. 51, n. 1, p. 486-500, 2018.

SIEBEN, A. CLEPS JUNIOR, J. Política energética na Amazônia: a UHE estreito e os camponeses tradicionais de Palmatuba/Babaçulândia (TO). **Sociedade & Natureza**, v. 24, n. 2, p. 183-196, 2012.

SILVA, S. F. S.; SIEBEN, A. A usina hidrelétrica de Estreito (MA) e os efeitos no modo de vida dos barqueiros de Babaçulândia (TO). **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 71, p. 234-249, 2019.

VALE, J. R. B. *et al.* Análise multitemporal do uso e cobertura da terra do município de Conceição do Araguaia-Pará através do Google Earth Engine. **Revista Cerrados**, v. 18, n. 02, p. 297-318, 2020.

ZANOTTA, D. C.; FERREIRA, M. P.; ZORTEA, M. **Processamento de imagens de satélite**. Oficina de Textos, 2019.

ZHA, Y.; GAO, J.; NI, S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. **International journal of remote sensing**, v. 24, n. 3, p. 583-594, 2003.

ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA NO BAIRRO VALE DO GAVIÃO, MUNICÍPIO DE TERESINA, ESTADO DO PIAUÍ

*Rosyanne Ferreira Praseres Drumond |
Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque*

INTRODUÇÃO

O processo da expansão urbana nas cidades se acelerou nas últimas décadas, trazendo graves consequências para a qualidade ambiental. Minaki e Amorim (2012) enfatizam que as ações do desenvolvimento econômico e as frequentes práticas de expansão territorial urbana culminam com ações que interferem, evidentemente, sobre os processos ambientais. Isso se comprova com o desequilíbrio ambiental generalizado, prejudicando de várias formas o meio ambiente urbano.

Os impactos ambientais urbanos mais evidentes nas cidades são ocasionados pela escolha de revestimento de solo impermeabilizantes e pela constante perda de cobertura vegetal, provocados pela antropização do solo. Nesta perspectiva, Oliveira e Albuquerque (2020) pontuam a importância dos estudos sobre a relação sociedade/natureza com o objetivo de compreender as ações dos seres humanos no ambiente, no intuito de diagnosticar quais impactos estão sendo causados e desenvolver discussões para uma melhor gestão territorial, pois é necessário conhecer os problemas que se materializam no ambiente urbano para, na sequência, mitigá-los.

A Constituição Federal (BRASIL, 1988), a Política Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 1981), a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) e o Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001) citam que todos têm direito ao ambiente com qualidade, para ter qualidade de vida. Esse preceito é abordado também no contexto municipal, através do plano diretor, e na lei orgânica dos municípios. Todavia, em nenhuma dessas esferas se trabalha com a definição de qualidade ambiental. Além disso, poucos são os critérios citados para sua definição, como também os caminhos para alcançar uma positiva qualidade ambiental urbana (BUCCHERI FILHO; TONETTI, 2011).

Com base no exposto, indaga-se: o que é qualidade ambiental? Existe uma forma de mensurar? Qual a melhor forma de avaliar? Quais os critérios a serem adotados para a sua mensuração? Essas são questões que norteiam a pesquisa em epígrafe.

Diante dessas problematizações, objetiva-se neste trabalho avaliar a qualidade ambiental urbana no bairro Vale do Gavião, localizado no município de Teresina, estado do Piauí. A escolha da área se justifica pela relevância do bairro na questão da expansão urbana e modificação constante de sua paisagem, ocorridas por sua crescente ocupação. Para alcançar o objetivo geral, definiram-se os seguintes objetivos específicos: proceder revisão bibliográfica sobre os principais conceitos referente ao tema; realizar o mapeamento da área, utilizando, como critério de análise da qualidade ambiental urbana, a identificação da cobertura da terra, com base em técnicas e ferramentas do geoprocessamento e mensurar a qualidade ambiental urbana de acordo com o parâmetro da cobertura da terra para a área em análise.

A metodologia a ser utilizada é baseada nos estudos desenvolvidos por Nucci (2008) aprimorada por Valaski (2013) e Nucci, Ferreira e Valaski (2014), consistindo em inferir a qualidade ambiental urbana por meio do geoprocessamento e mostrar, dessa forma, por meio de

uma legenda didática, a paisagem e sua dinâmica. Neste contexto, o estudo fornece um retrato da paisagem e de sua dinâmica, promovendo um melhor conhecimento sobre o bairro Vale do Gavião.

REFERENCIAL TEÓRICO

No Brasil, o processo de crescimento urbano ocorreu a partir dos anos de 1960. Os fatores que contribuíram para esse fenômeno foram os movimentos migratórios do campo para a cidade, incentivados pelo desenvolvimento da indústria, do comércio e serviços nos centros urbanos (OLIVEIRA; AQUINO, 2015), sendo que esta demanda trouxe um aumento por moradia e na infraestrutura básica.

Em Teresina, a expansão urbana foi motivada pela política habitacional adotada no país. Lima e Viana (2019) enfatizam que o modelo adotado nos anos 2000, com o programa Minha Casa Minha Vida, contribuiu para a periferização da expansão urbana para os limites da cidade e, conseqüentemente, para a segregação socioespacial.

É importante enfatizar que essa rapidez na expansão urbana trouxe significativos impactos socioambientais, dentre os quais se destacam: aumento da violência, ocupação inadequada do solo, aumento de alagamentos e inundações, além da poluição dos recursos hídricos e da falta de saneamento básico (ESTÊVEZ; NUCCI, 2010).

Na perspectiva de atenuar esses problemas ambientais em áreas urbanas, um bom planejamento, bem como sua efetivação, são essenciais para o controle das cidades. De acordo com Nucci; Ferreira; Valaski (2014), no Brasil, ainda há falta de um planejamento urbano que reflita a natureza como base para a sua gestão. Santos (2004) concorda que pouca ou nenhuma importância é dada às paisagens em sua totalidade. No entanto, um aspecto que não se pode ignorar é o ambiente natural, cujo meio é importante para o entendimento do papel da natureza nos espaços urbanos.

Vale salientar que um relevante recurso usado no planejamento urbano para se amenizar os impactos ambientais é o planejamento

da paisagem, já que ele enfoca os aspectos ambientais na sua concepção. Para sua correta utilização é necessário o desenvolvimento de estudos para o conhecimento dos aspectos físicos, socioeconômicos e naturais de uma determinada região.

Nucci (2008) pontua que o planejamento da paisagem consiste em uma contribuição ecológica e de design para o planejamento do espaço. Por sua vez, Nucci; Ferreira; Valaski (2014) complementam que o planejamento da paisagem constitui em um instrumento capaz de promover a conservação da natureza em áreas urbanizadas ou não, fornecendo um consistente suporte à tomada de decisões e estruturação territorial. Além disso, Cavalheiro; Del Picchia (1992) ressaltam que o planejamento da paisagem faz parte do planejamento integral da cidade e que deve ser elaborado sob a ótica conjunta da relação natureza e sociedade.

Ademais, Estêvez; Nucci (2010, p. 170) enfatizam que esse instrumento de planejamento tem se estruturado com vista ao “ordenamento do espaço, seguindo os princípios da Ecologia, com o objetivo de promover uma adequada distribuição de usos do solo e dos elementos naturais, resultando no aproveitamento eficiente”. Dessa forma, esse instrumento objetiva compatibilizar a apropriação do espaço com a conservação dos recursos naturais, promovendo um equilíbrio entre as necessidades da sociedade e a qualidade do meio ambiente.

Neste contexto, é relevante abordar o conceito de paisagem, tendo em vista que esta é essencial para o entendimento dos processos que permeiam a apropriação do território. Santos (2004, p. 04) menciona que “a paisagem pode contribuir como ideia - força central no planejamento por considerá-la um vetor da inclusão nos mais diversos níveis; um instrumento de compreensão dos processos de apropriação e transformação urbana”.

Para Monteiro (2000, p. 39) a paisagem é uma,

[...] entidade espacial delimitada segundo um nível de resolução do pesquisador, a partir dos objetivos centrais da análise, de qualquer modo sempre resultado

de integração dinâmica e, portanto, instável dos elementos de suporte e cobertura (físicos, biológicos e antrópicos), expressa em partes delimitáveis infinitamente, mas individualizadas através das relações entre elas que organizam um todo complexo (sistema) verdadeiro conjunto solidário em perpétua evolução.

Ao considerar que a paisagem permeia o território, Bohrer (2000) cita que esta pode ser considerada como um grupo de tipos de ecossistemas, sob a influência de um mesmo tipo de clima e relevo semelhante, com um conjunto parecido de regime de perturbações e a ocorrência de fluxos ou interações através dos ecossistemas, sendo que a compreensão das inter-relações entre os elementos do meio físico, biológico e antrópico é o fundamental para o entendimento da dinâmica da paisagem (VALASKI, 2013).

É interessante frisar que os atributos das unidades de paisagem geralmente incluem uma classificação espacial e o funcionamento e dinâmica da paisagem são desenvolvidos através de métodos e ferramentas de análise. Neste sentido, o geoprocessamento é usado como instrumento de análise por ser um conjunto de técnicas computacionais sobre uma base de dados georreferenciados destinados à construção da análise ambiental que, transformados em informações, contribuem em diversos aspectos para a análise espacial. (FERREIRA, MOURA, QUEIROZ, 2011).

Os autores frisam que as geotecnologias permitem a construção de análises mais complexas sob diferentes pontos de vista, buscando o caráter dinâmico inerente às análises espaciais. As ferramentas computacionais SIG constituem um conjunto de tecnologias que associam dados cartográficos (mapas e imagens) a alfanuméricos (tabelas), visando à elaboração de consultas e análises espaciais complexas com o objetivo de tomadas de decisões.

A partir da análise espacial, Antunes; Figueró (2011) comentam que a estrutura é uma das categorias fundamentais a ser compreendida na paisagem. Os autores destacam que o mapeamento das uni-

dades de paisagem e a caracterização destas áreas urbanas aparecem como elemento de fundamental importância para a análise conjunta das estruturas e sua conseqüente funcionalidade, pautada na qualidade ambiental urbana (VALASKI, 2013).

Neste contexto, o conceito de qualidade ambiental urbana é abrangente e o seu significado se confunde com o de qualidade de vida. Mazzeto (2014) comenta que a qualidade ambiental é o resultado da dinâmica dos mecanismos de adaptação e das estruturas de superação dos ecossistemas. Além disso, com base na teoria sistêmica de evolução, é definido como o resultado da ação simultânea da necessidade e do acaso.

Minaki; Amorim (2007) afirmam que o conceito de qualidade ambiental é mais abrangente que o entendimento de qualidade de vida, no entanto deve ser compreendido como um indicador da qualidade de vida. Portanto, a qualidade ambiental urbana consiste em um diagnóstico da existência ou não de condições sociais, ecológicas-ambientais, econômicas, entre outras que se materializam no espaço. Neste aspecto, as condições ambientais se sobrepõem às condições de infraestrutura da área em análise (MINAKI; AMORIM, 2012).

Buccheri Filho; Tonetti (2011) ressaltam que qualidade ambiental urbana é a amplitude de condições favoráveis do ambiente urbano que suprem as necessidades fisiológicas e psicológicas do ser humano, definindo o ambiente urbano ao conjunto de fatores do meio físico. Nesse sentido, a percepção do meio ambiente é um fator relevante para se determinar a qualidade ambiental de uma determinada porção territorial.

Nesta conjectura, corrobora-se que um dos critérios para a análise da qualidade ambiental é a cobertura da terra, com destaque para a vegetação, visto que, de acordo com Bohrer (2000), no planejamento com base na ecologia da paisagem é dada uma grande ênfase à vegetação, considerada como representativa das inter-relações entre o clima, solos e a influência humana.

De acordo com o IBGE (BRASIL, 2013, p. 44), no Manual Técnico de Uso da Terra, define-se a cobertura da terra “como a vegetação (natural e plantada), água, gelo, rocha nua, areia e superfícies similares além das construções artificiais criadas pelo o homem, que recobrem a superfície da terra”. É importante destacar que, enquanto a cobertura da terra evidencia os revestimentos do solo, o uso da terra destaca os aspectos socioeconômicos da sua ocupação, daí sua importância na análise da qualidade ambiental urbana no bairro Vale do Gavião, no município de Teresina, estado do Piauí.

MATERIAL E MÉTODO

Área de Estudo

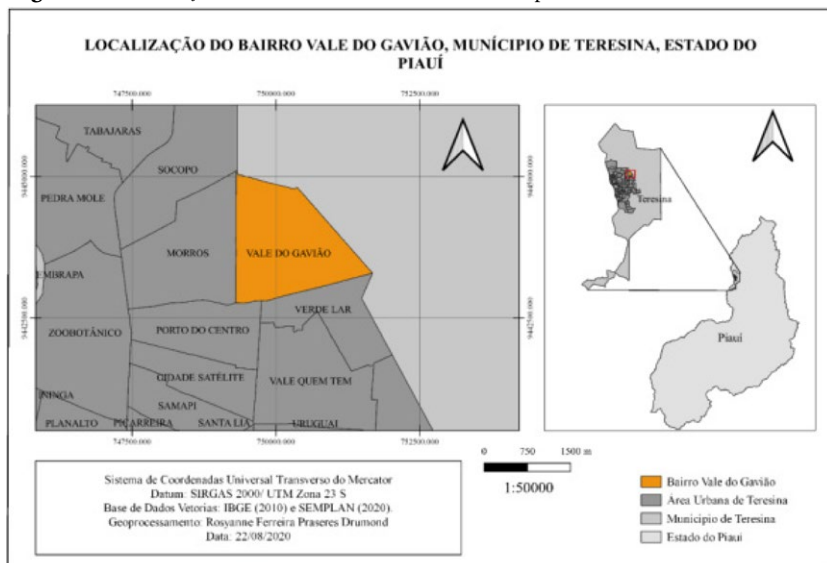
O bairro Vale do Gavião (Figura 1) está localizado no município de Teresina, capital do Piauí. De acordo com a Lei Municipal nº 4423, de 2013, o bairro se encontra na zona leste da cidade e compreende a área contida no seguinte perímetro: começando no encontro da Rua Luiz Lopes Sobrinho com a Av. Zequinha Freire, segue, por esta, em sentido norte até a linha do perímetro urbano, pela qual atinge a Rua Luiz Lopes Sobrinho e, por esta, retorna ao ponto de partida (TERESINA, 2018).

Esta região está localizada na zona de expansão da cidade e ficou conhecida por Vale do Gavião devido à grande presença dessa ave na área. A implementação do Programa Minha Casa Minha Vida ocupou grande parcela do bairro com a construção dos conjuntos habitacionais Sigefredo Pacheco I, Sigefredo Pacheco II, Sigefredo Pacheco III, Residencial Wilson Martins Filho, e do Residencial Miriam Pacheco, com a construção total de 2.494 unidades habitacionais (TERESINA, 2018).

A população do bairro Vale do Gavião representava 0,20% do município de Teresina e ocupava a 99ª posição entre os bairros da capital, conforme o Censo Demográfico de 2010 (BRASIL, 2010). Não obstante, na última década, a população do bairro aumentou

cerca de 6.750% (TERESINA, 2018), ou seja, um aumento populacional muito expressivo num curto intervalo de tempo. Isso ocorreu devido a forma de ocupação dos espaços através dos programas governamentais de habitação como Minha Casa Minha Vida.

Figura 1 - Localização do bairro Vale do Gavião, município de Teresina, estado do Piauí



Fonte: Drumond (2020).

Atualmente esse bairro se caracteriza por uma crescente especulação imobiliária, proveniente da expansão urbana impulsionada pelas ocupações ocorridas nas formas de loteamentos urbanos e condomínios, tanto verticais como horizontais.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS

Do ponto de vista metodológico, a pesquisa contempla levantamento bibliográfico e análise digital do espaço geográfico, por meio de técnicas e ferramentas de geoprocessamento, associados ao reconhecimento e validação dos dados e das informações *in loco*, no intuito de gerar conhecimento com a pesquisa. Do ponto de vista teórico, é relevante destacar os estudos de Nucci (2008), Valaski (2013), Nucci; Ferreira; Valaski (2014).

Como parâmetro para a análise da qualidade ambiental urbana foi usada a classificação com base na cobertura da terra (BRASIL, 2013). Nesta classificação, utilizaram-se as imagens do *Google Earth*, na escala de 1:5000, disponíveis através do plugin *Quick Maps Service*, instalados no software *Qgis*. Essa classificação foi realizada com a observação das características de cada lote, através das imagens orbitais do *Google Earth* e com auxílio das imagens de *Google Street View*.

A partir desta análise, foi possível a observação do espaço em dois tipos: edificados e não edificados. Vale salientar que os espaços edificados ainda são divididos tanto pelo porte da edificação quanto pela permeabilização do solo. Os espaços não edificados são classificados considerando a cobertura vegetal e solo exposto.

Inicialmente foi feita a aquisição dos arquivos *shapefiles* de lotes e quadras da região, obtidos na SEMPLAN (2018). Posteriormente se trabalhou na classificação do lote, segundo os parâmetros estabelecidos. Para essa classificação foram usadas as imagens do município de Teresina inseridas através do *plugin quick map service* para se conseguir retratar a paisagem de maneira mais atualizada. A data da imagem de Teresina utilizada para se fazer essa classificação foi do dia 29 de maio de 2020.

Em seguida foi feita a conferência dos lotes pelo o *google street view*. Ademais, como algumas áreas do bairro estavam com imagens desatualizadas, foi necessária uma visita *in loco* para análise do ambiente e validação dos dados cartográficos, no intuito de gerar o mapa de cobertura da terra. As etapas metodológicas utilizadas se encontram detalhadas no fluxograma 1.

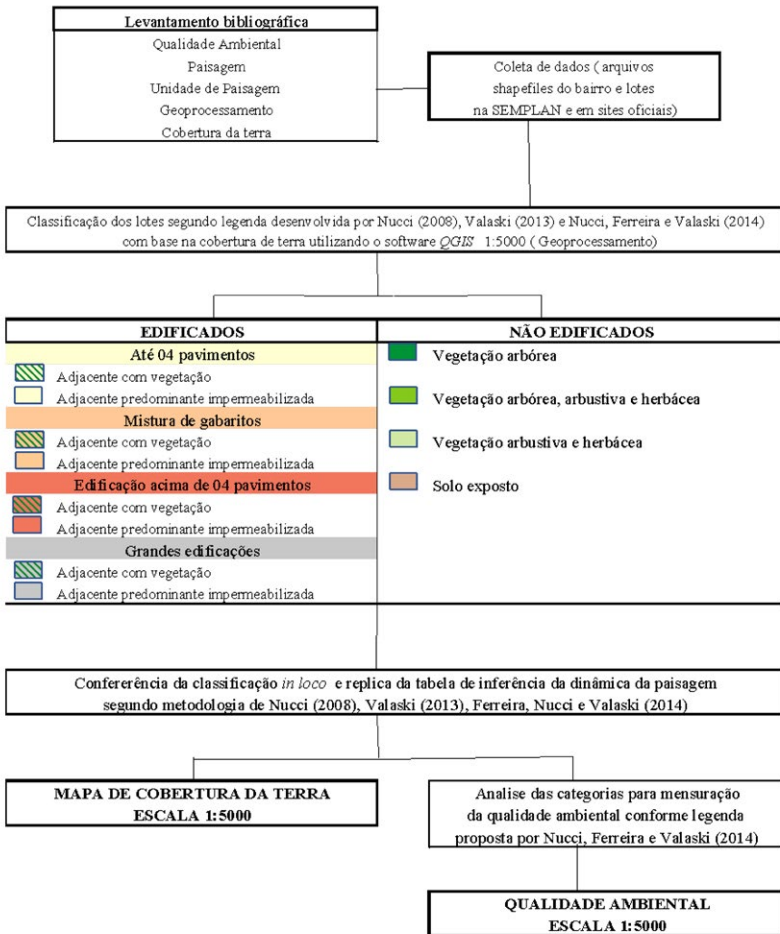
Para a elaboração do mapa de categorias da qualidade ambiental urbana, seguiu-se os passos metodológicos e a legenda definida por Valaski (2013) e aprimorada por Nucci; Ferreira; Valaski (2014) e Ferreira (2015), conforme é sistematizado em legenda na Figura 2.

De acordo com Nucci; Ferreira; Valaski (2014), a aglutinação das classes foi feita para tornar o resultado visualmente mais limpo. Os tipos de cobertura da terra foram unidos conforme inferência da

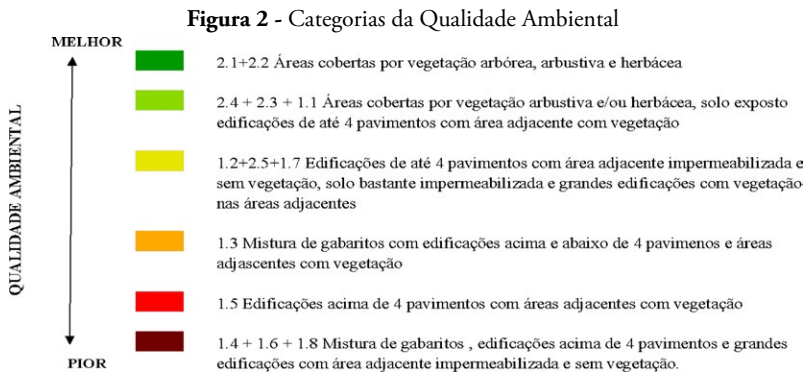
sua dinâmica. É interessante perceber que, quanto mais o ambiente é natural, maior a sua qualidade ambiental. Por outro lado, quanto maior for o porte da edificação, como também quanto maior for a área impermeabilizada, pior será a qualidade ambiental deste local.

Destaca-se que se considerou no mapeamento as áreas de proteção ambiental existentes, visto que elas influenciam de maneira determinante no resultado do mapeamento, tanto da cobertura da terra quanto da mensuração da qualidade ambiental. A partir deste, será adotada a confecção da chave da inferência.

Fluxograma 1 - Fluxograma metodológico



Fonte: Drumond (2020).



Fonte: Nucci, Ferreira e Valaski (2014) e Ferreira (2015).

De acordo com Paz; Nucci; Valaski (2015), essa chave consiste em um esquema ilustrativo na qual é apresentada a imagem da visão vertical (adquirida no *Google Earth*), uma ilustração e uma imagem da visão horizontal (adquirida no *Google Street View*), de cada classe de cobertura da terra mapeada. Há também uma breve explicação sobre a estrutura da mesma, assim como da sua dinâmica ambiental, estipulada por inferências.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da metodologia utilizada, o bairro Vale do Gavião, no município de Teresina, estado do Piauí, foi classificado quanto às suas características de cobertura da terra, na perspectiva de gerar, na sequência, a análise da qualidade ambiental. Conforme a Tabela 1, entre as classes identificadas, a que possui maior incidência é a referente ao lote edificado com até quatro pavimentos com área adjacente com vegetação, que representa 35,87 % do total. A segunda com maior identificação consiste na área referente a vegetação arbórea, arbustiva e herbácea, com 12,56%, representado na maioria dos casos por lotes urbanizados, porém ainda sem construção.

Verificou-se que nas unidades de paisagem, os espaços edificados correspondem a 46,63% do total. No entanto, se incluir a área de ruas e avenidas à área de espaços edificados, cujo solo apresenta

média/alta taxa de impermeabilização, esse total sobe para 71,74 %. Esse dado demonstra a crescente impermeabilização do solo decorrente da perda da vegetação e da crescente expansão da malha urbana da região.

Tabela 1 - Categorias Gerais da Cobertura da Terra do bairro Vale do Gavião, Município de Teresina, Estado do Piauí

		Categorias Cobertura da Terra	Área Total (km ²)	Porcentagem de área total (%)
Espaços Edificados (71,7%)	Até 4 Pavimentos	1.1 área adjacente com vegetação	0,80	35,87
		1.2 área adjacente impermeabilizada sem vegetação	0,18	8,07
	Grandes edificações	1.7 área adjacente com vegetação	0,05	2,24
		1.8 área adjacente impermeabilizada sem vegetação	0,01	0,45
Espaços Não Edificados (28,3%)	2.1 Vegetação arbórea contínua		0,15	6,73
	2.2 Vegetação arbórea, arbustiva e herbácea		0,28	12,56
	2.3 Vegetação arbustiva e/ou herbácea		0,16	7,17
	2.4 Solo exposto		0,04	1,79
	2.5 Solo bastante impermeabilizado			
Sistema Viário (tráfego)			0,56	25,11
Área total Vale do Gavião			2,23	100,00

Fonte: Drumond (2020).

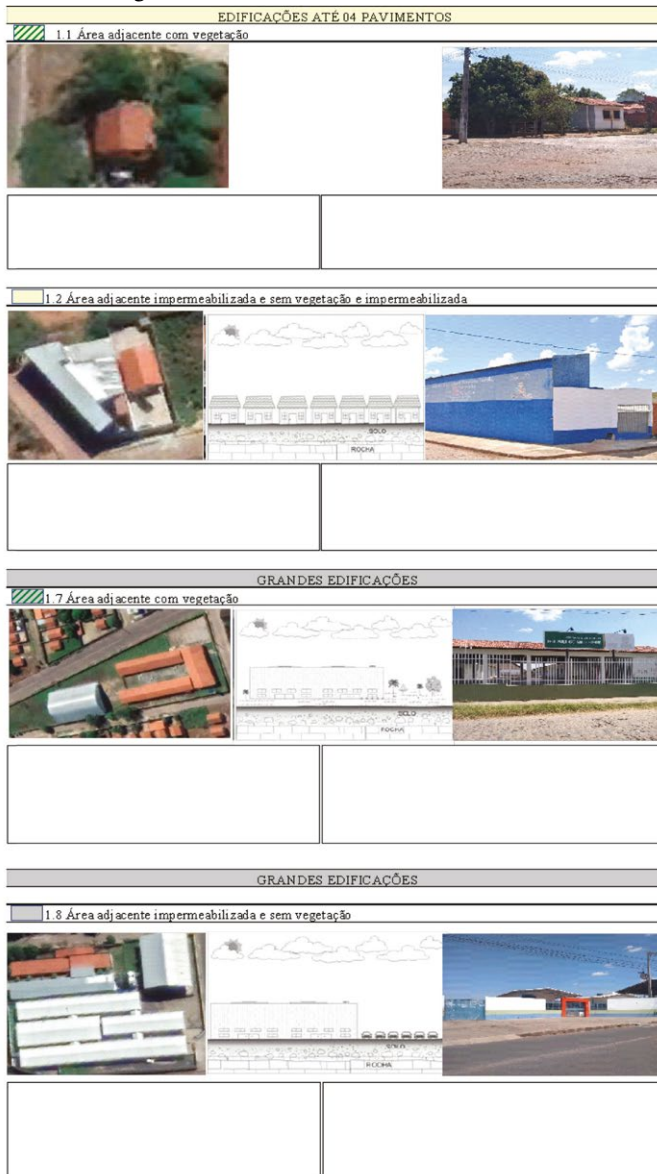
Ao considerar a inferência da qualidade ambiental (figuras 3 e 4), constata-se que o bairro possui qualidade ambiental razoável, devido ainda ter muitos lotes vazios. No entanto, percebe-se uma crescente perda de vegetação. Oliveira; Aquino (2015) já destacavam em seu estudo que, no bairro Vale do Gavião, a perda de cobertura vegetal expressiva é ocasionada pelo avanço da expansão urbana, resultante do aumento do número de conjuntos habitacionais, que contribuem para transformações na cobertura da terra na área.

Diante das chaves classificatórias com inferência (espaços edificados e espaços não edificados), percebe-se um conjunto de características ambientais favoráveis e positivas demonstradas pela presença da cobertura vegetal em diversos setores. Não obstante, é perceptível a sua redução, em virtude do aumento de construções.

É notório que, no planejamento urbano, as cidades devem promover a ocupação dos espaços naturais de modo a assegurar um ambiente equilibrado. Para isso, um eficaz planejamento ambiental e ordenamento de território é essencial, tendo em vista que as cidades são o lugar onde se encontram o ambiente construído e o natural.

No entanto, só o planejamento não é garantia de resolução dos problemas ambientais urbanos. A sua viabilidade e, por consequência, sua efetivação é necessária para o alcance de seus objetivos.

Figura 3 - Chave Classificatória com Inferência



Fonte: Imagens de satélite - Google Maps (2020). Fotos Google Street View (2019) e Drumond, (2020). Esquema e Texto: Adaptação de Valaski (2013) e Ferreira (2015).

Figura 4 - Chave Classificatória com Inferência

Fonte: Imagens de satélite - Google Maps (2020). Fotos Google Street View (2019) e Drumond, (2020). Esquema e Texto: Adaptação de Valaski (2013) e Ferreira (2015).

Nesse sentido, Minaki; Amorim (2012) ressaltam que legislação municipal, junto com o plano diretor, podem fornecer subsídios e garantir medidas a serem praticadas de forma lícita, na busca pelas me-

lhores condições à vida humana. Em Teresina, o plano diretor que estava em vigor através da Lei nº 3.558 de 2006 pouco contribuiu para o aumento da qualidade ambiental da área. Na verdade, esse conceito não foi trabalhado neste plano, apesar do documento possuir objetivos de sustentabilidade urbana e aumento da cobertura vegetal.

Atualmente, no plano diretor em vigor, através da Lei nº 5.481 de 2019, o tema da qualidade ambiental é abordado no seu título II, parte II,, do capítulo V. Cabe destacar que essa legislação aborda a responsabilidade na promoção da qualidade ambiental entre os agentes públicos e privados. Além disso, é interessante perceber que essa lei frisa a adoção e a manutenção de espécies vegetais nativas nos lotes, além da adoção da taxa de permeabilidade para qualquer lote, independentemente do seu uso. Dessa forma, promove uma estratégia para o aumento tanto da cobertura vegetal como da permeabilidade do solo e, por consequência, uma melhor qualidade ambiental da cidade.

Nesse contexto, é importante evidenciar que o mapa da cobertura da terra (Figura 5) demonstra claramente que o bairro Vale do Gavião foi ocupado com predominância do uso habitacional. O segundo item mais relevante demonstra que os lotes, ainda vazios, já se encontram destinados a uma ocupação, devido às pressões de especulação imobiliária, conforme constatado *in loco*.

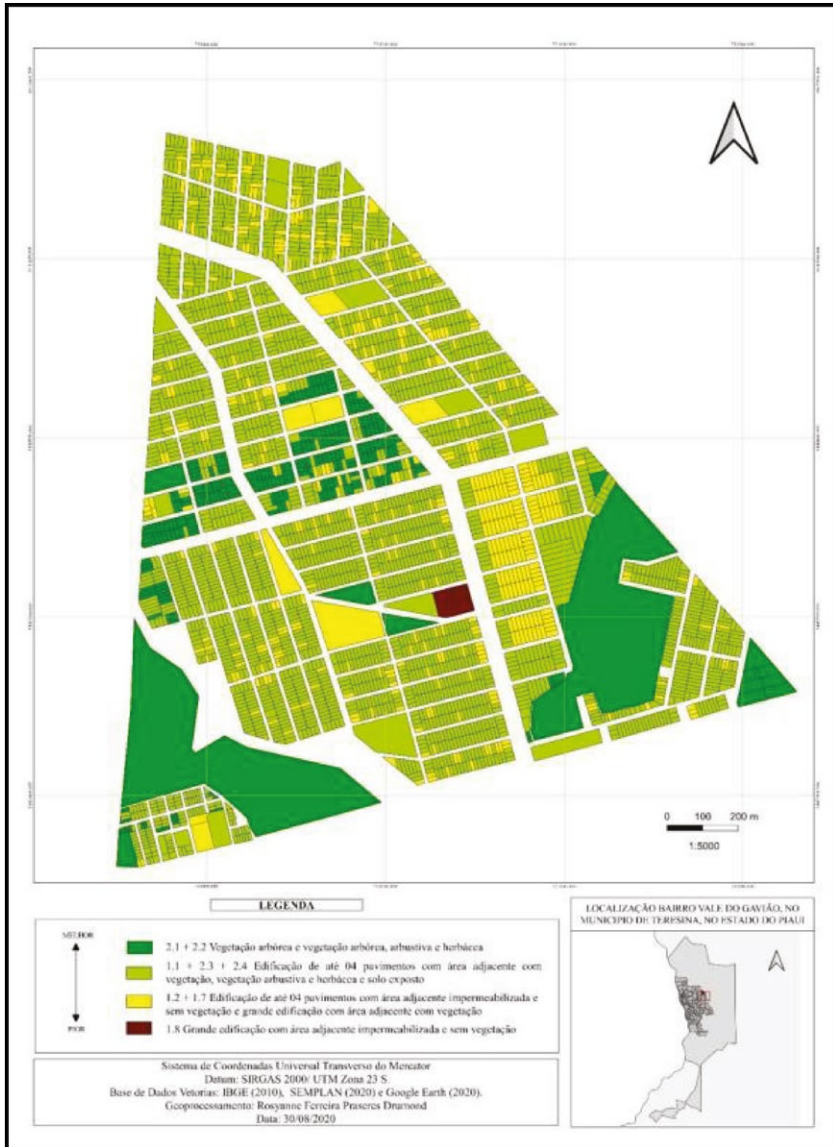
A partir do cruzamento do mapa da cobertura da terra, em associação às chaves classificatórias por inferências, gerou-se o mapa da Qualidade Ambiental do bairro Vale do Gavião, município de Teresina, estado do Piauí (Figura 6). Destaca-se que a chave classificatória do bairro demonstra que a dinâmica predominante da paisagem identificada apresenta pouca infiltração da água da chuva; escoamento mediano, amplitude térmica mediana, baixa emissão de poluentes na atmosfera e menor variedade de espécies na fauna.

Figura 5 - Cobertura da terra do bairro Vale do Gavião, município de Teresina, estado do Piauí



Elaboração e Geoprocessamento: Drumond (2020).

Figura 6 - Qualidade Ambiental do bairro Vale do Gavião, município de Teresina, estado do Piauí



Elaboração e Geoprocessamento: Drumond (2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das análises realizadas, conclui-se que a mensuração da qualidade ambiental de maneira objetiva não é uma tarefa fácil, visto que a escolha dos parâmetros pode modificar o resultado da análise. Todavia, um ponto comum na bibliografia encontrada que aborda as análises foi a inferência da cobertura da terra, tendo a vegetação como base de critério para a análise da qualidade ambiental urbana.

O bairro Vale do Gavião, Teresina/PI, apresenta um crescimento urbano acelerado, tendo ainda sua maior ocupação caracterizada por edificações de baixo porte e com área permeabilizada. No entanto, observou-se uma crescente tendência à impermeabilização, devido ao potencial urbano que a região possui, conforme constatado nas chaves de classificação com inferências e no mapeamento da cobertura da terra.

Ressalta-se, dessa forma, a necessidade da aplicação de ações efetivas para a promoção do aumento da cobertura vegetal e permeabilidade do solo, ao nível de lote, além de promover ações de incentivos a adoção dessas práticas, visto que para se efetivar essa norma é significativo o envolvimento dos agentes públicos, dos privados e dos cidadãos, pois de maneira isolada não é possível alcançar nenhuma meta pré-estabelecida.

Corroborar-se que a metodologia adotada neste estudo é uma tentativa de sintetizar a realidade de uma maneira simplificada. É interessante salientar que esta informação traduzida de maneira pedagógica contribui para o planejamento urbano municipal participativo, visto que o acesso à informação de maneira clara e direta promove o conhecimento pela população de sua cidade e, portanto, sua participação consciente neste processo. Além disso, essa metodologia se destaca pela sua aplicabilidade, facilidade e acessibilidade quanto ao método proposto, visto que os programas e imagens trabalhadas são livres.

É importante perceber, na análise da qualidade ambiental, a relevância da cobertura vegetal na paisagem, por servir como solução para inúmeros problemas ambientais urbanos. Além disso, o mapeamento e a caracterização da paisagem mostraram-se um instrumento valioso na análise das condições ambientais e da estrutura do espaço físico do bairro Vale do Gavião, município de Teresina, estado do Piauí.

Dessa forma, fica evidente que a adoção de um método único para essa análise permite uma avaliação continuada das políticas de planejamento adotadas no contexto municipal. Em síntese, ressalta-se a importância de se avaliar a qualidade ambiental de forma contínua pelo poder público, pois através desses estudos, em diferentes escalas, é possível reconhecer e distinguir as potencialidades e limitações de cada unidade paisagística.

Destaca-se que este estudo não esgota todas as abordagens sobre o tema. Pelo contrário. É um começo para outros desdobramentos que o assunto pode proporcionar para uma efetiva análise ambiental integrada. Além disso, a qualidade ambiental pode ser estudada sob outros aspectos, como questões ambientais, sociais, políticas, entre outros aspectos que se materializam no espaço geográfico.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, R. L. S.; FIGUERÓ, A. S. O mapeamento de biótopos como ferramenta para identificação de conflitos ambientais: um estudo de caso na cidade de Santa Maria-RS. **REVSBAU**, Piracicaba, v. 6, n. 2, p. 1-21, 2011.

BOHRER, C. B. A. Vegetação, Paisagem e o Planejamento do Uso da Terra. **GEOgraphia, Rio de Janeiro** – Ano. II, N. 4, 2000.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico de 2010**. IBGE, 2010. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br. Acesso em: 25 jun. 2020.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. 3. Ed, Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Brasília, DF: Presidência da República, 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em: 18 set. 2020.

BRASIL. Constituição Federal de 1988. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 2016. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm. Acesso em: 18 set. 2020.

BRASIL. Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade**. Brasília, DF: Presidência da República, 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm. Acesso em: 20 set. 2020.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 20 set. 2020.

BUCCHERI FILHO, A. T; TONETTI, E. L. Qualidade Ambiental nas Paisagens Urbanizadas. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 6, n. 1, 2011.

CAVALHEIRO, F.; DEL PICCHIA, P. C. D. Áreas verdes: conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento. *In*: Encontro Nacional Sobre Arborização Urbana, 4., 1992, Vitória. **Anais...** Vitória, 1992. p. 29-38. Disponível em: <https://docplayer.com.br/19500059-Areas-verdes-conceitos-objetivos-e-diretrizes-para-o-planejamento.html>. Acesso em: 22 jun. 2020.

ESTÊVEZ, L. F.; NUCCI, J. C. Delimitação das unidades de paisagem e hemerobia do bairro Cabral, Curitiba/PR - métodos para o planejamento urbano. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 167-184, 2010.

FERREIRA, F. C.; MOURA, A. C. M.; QUEIROZ, G. C. Geoprocessamento no planejamento urbano. *In*: XIII Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (CONFIBSIG), 2011, Toluca, Mexico. **Anais do XIII Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (CONFIBSIG)**. Toluca: Universidad Autonoma do Mexico, p. 1-15, 2011.

FERREIRA, M. B. P. **Cobertura da terra como indicador de qualidade ambiental urbana estudo aplicado ao município de Curitiba-PR**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-graduação em Geografia, Curitiba, 2015.

GOOGLE EARTH. **Bairro Vale do Gavião**. Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-5.02210563,-42.74015039,113.37769108a,3235.65628454d,35y,-0h,0t,0r>. Acesso em: 20 ago. 2020.

LIMA, V. V.; VIANA, B. A. S. A dinâmica da política nacional brasileira em Teresina-PI. **InterEspaço**. Grajaú/ MA, v. 5, n. 17, p. 01-22, 2019.

MAZETTO, F. A. P. Qualidade de vida, qualidade ambiental e meio ambiente urbano: breve comparação de conceitos. **Sociedade & Natureza**, v. 12, n. 24, 2014.

MINAKI, C.; AMORIN, M. C. C. T. Espaços Urbanos e Qualidade Ambiental – um enfoque da Paisagem. **Revista Formação**, n. 14, v. 1, p. 67-82. 2007.

MINAKI, C.; AMORIM, M. C. C.T. A qualidade ambiental urbana na legislação municipal: exemplo de plano diretor de Araçatuba – SP. **Raega - O espaço Geográfico em Análise**, (S. l.), v. 25, Curitiba, p. 218-251, 2012.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas**: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). 2ª ed. - Curitiba: O Autor, 2008. *E-book*. Disponível em: <https://tgpusp.files.wordpress.com/2018/05/qualidade-ambiental-e-adensamento-urbano-nucci-2008.pdf>. Acesso: 26 mai. 2020.

NUCCI, J. C.; FERREIRA, M. B. P.; VALASKI, S. Cobertura do solo e qualidade ambiental urbana como subsídios ao Planejamento da Paisagem. *In*: Congresso Ibero-Americano de Estudos Territoriais e Ambientais, 6., 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo: CIETA, 2014. p. 2886-2902. Disponível em: <http://6cieta.org/arquivosanais/eixo5/Joao%20Carlos%20Nucci,%20Manoella%20Barros%20Pedreira%20Ferreira,%20Simone%20Valaski.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2020.

OLIVEIRA, A. B. R.; ALBUQUERQUE, E. L. S. Análise das sub-bacias hidrográficas urbanas pd07 e pd15 em Teresina, estado do Piauí. *In*: RIBEIRO, K. V.; ALBUQUERQUE, E. L. S (Org.). **Estudos geográficos**: um olhar para o estado do Piauí. Goiânia: C&A Alfa Comunicação, p. 145-159, 2020.

OLIVEIRA, C. E.; AQUINO, C. M. S. Crescimento urbano e impactos sobre a cobertura vegetal no Bairro Vale do Gavião – Teresina–PI–BR. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 17, n. 2, p. 68-84, jul. 2015.

PAZ, O.; NUCCI, J. C.; VALASKI, S.. Mapeamento da Cobertura da Terra e da Qualidade Ambiental do Bairro Boa Vista (Curitiba/PR) por meio de imagens disponibilizadas pelo Google Earth e com o uso do software livre. In **Anais... XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0099.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2020.

SANTOS, E. A. Planejamento e Paisagem. **Paisagens em Debate**, São Paulo, n. 02, p. 1-7, 2004.

TERESINA. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação. **Perfil dos Bairros**: Regional, Sdu Leste, Bairro Vale do Gavião. Teresina: SEMPLAN, 2018. Disponível em: <https://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2018/08/VALE-DO-GAVI%C3%83O-2018.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2020.

TERESINA. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação. **Dados vetoriais de Teresina**. SEMPLAN, 2020. Disponível em: <https://semplan.teresina.pi.gov.br/mapas-interativos>. Acesso em: 10 jul. 2020.

TERESINA, Lei 3558 de 20 de outubro de 2006. **Restitui o Plano Diretor de Teresina, denominado Plano de Desenvolvimento Sustentável – Teresina Agenda 2015, e dá outras providências**. Disponível em: <http://semplan.35.193.186.134.xip.io/wp-content/uploads/sites/39/2017/03/Lei-n%C2%BA-3.558-de-20.10.2006-PLANO-DIRETOR.pdf>. Acesso em: 22 set. 2020.

TERESINA, Lei n 5481 de 20 de dezembro de 2019. **Dispõe sobre o Plano Diretor de Teresina, denominado Plano Diretor de Ordenamento Territorial – PDOT, e dá outras providências**. Disponível em: <https://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/sites/39/2020/02/Lei-n%C2%BA-5.481-Comp.-de-20.12.2019-PDOT.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2020.

VALASKI, S. **Estrutura e dinâmica da paisagem**: subsídios para a participação popular no desenvolvimento urbano do município de Curitiba-PR. 2013. 144 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2013.

SOBRE OS AUTORES

Lucas Almeida Monte

Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Graduado em Geografia pela UFPI. Especialista em Geoprocessamento pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFPI). Integrante do Grupo de Pesquisa - Grupo de Estudos em Geotecnologias: Pesquisa e Ensino (CNPq/UFPI) e do Laboratório de Geografia e Estudos Ambientais – GEOAMBIENTE.

E-mail: lucasmonte-geo@hotmail.com

Jucielho Pedro da Silva

Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - CERES/Caicó. Graduado em Geografia (Bacharelado e Licenciatura) pela UFRN (CERES/Caicó). Atua nas áreas de Cartografia, Geoprocessamento e SIG, Sensoriamento Remoto, Topografia e Georreferenciamento. Presta consultoria de geoprocessamento nas áreas de Saneamento Básico, Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM), Cadastro Ambiental Rural (CAR) e Cartografia temáticas.

E-mail: jucyelho@hotmail.com

Marco Túlio Mendonça Diniz

Doutor, Mestre e Graduado em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Atualmente é Professor Associado da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. Editor-chefe da Revista de Geociências do Nordeste e pesquisador dos Grupos de Pesquisa: Geoprocessamento e Geografia Física - LAGGEF/UFRN (Líder); Gestão Integrada da Zona Costeira - LAGIZC, CNPq/UECE; GEOPLAN - Geoecologia e Planejamento Territorial - CNPq/UFS; MADES - MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - CNPq/IFPI; e GENAT - Grupo de Pesquisa em Gerenciamento dos Riscos e Desastres Naturais, CNPq/UFRN.

E-mail: tuliogeografia@gmail.com

Vitor Hugo Campelo Pereira

Doutor, Mestre e Graduado em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Especialista em Geoprocessamento e Cartografia Digital pela UFRN. Atua principalmente nos seguintes ramos: Meio ambiente, Análise Espacial, Cadastro Urbano, Sensoriamento Remoto e Processamento Digital de Imagens. Geógrafo da Prefeitura Municipal de São Gonçalo do Amarante/RN e professor de Geografia da rede estadual de ensino do Rio Grande do Norte.

E-mail: vitor.pereira95@yahoo.com.br

Matias Ribeiro Cabral Junior

Graduado em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Especialista em Planejamento Urbano e Gestão Socioambiental das Cidades pela UFPI. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto, atuando principalmente nos seguintes temas: sensoriamento remoto, geotecnologias, análise temporal, georreferenciamento de imóveis e regularização fundiária. Participa da Comissão de Regularização Fundiária dos municípios de Itaguatins e Praia Norte no estado do Tocantins.

E-mail: matiascabral.eng@gmail.com

Lucas Mateus Fontenele de Oliveira

Graduado em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Possui curso técnico em Desenvolvimento de Software pelo Instituto Federal do Piauí (IFPI) e MBA em Geociências e Geotecnologias. Foi analista de Projetos Socioeconômicos do setor de Regularização Fundiária do Consórcio Estreito Energia (CESTE). Atuou nos projetos “Abordagem Intercultural para o manejo integrado do fogo em Terras Indígenas no Maranhão” e “Diagnóstico da ocorrência de incêndios florestais nos parques nacionais da Serra das Confusões e Serra da Capivara (PI)”.

E-mail: lucasfonteleneeng@gmail.com

Rosyanne Ferreira Praseres Drumond

Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Especialista em Planejamento Urbano e Gestão Socioambiental das Cidades pela UFPI. Especializada em Práticas Projetuais em Arquitetura e Engenharia pela UFPI e em Design de Interiores pela Novafapi. Atualmente é técnico de nível superior em arquitetura na Prefeitura Muni-

cipal de Teresina. Membro da Comissão Permanente de Parcelamento do Solo da SDU LESTE. Membro da Comissão de Estudos de Impactos de Vizinhança da Prefeitura de Teresina.
E-mail: rosypraseres@yahoo.com.br

Editora
**SER
TÃO
CULT**

Este livro foi composto em fonte Adobe Garamond Pro, impresso no formato 15 x 22 cm em offset 75 g/m², com 126 páginas e em e-book formato pdf. Agosto de 2022.

A sociedade e o espaço geográfico no Brasil, desde a década de 1970, se reproduzem e se constituem, de modo acelerado, pelas mediações tecnológicas, do saber científico e das informações necessárias ao conhecimento do mundo, à organização e ao funcionamento das coisas.

Com o advento do período e do meio técnico-científico-informacional, especialmente os avanços nas geotecnologias trouxeram diversas inovações gerando, ao mesmo tempo, uma série de demandas humanas e sociais, acadêmicas, políticas e econômicas por dados e informações georreferenciadas, associadas ao crescimento acelerado das modificações que permeiam o espaço geográfico, objeto de estudo da Geografia.

Esta coletânea de textos escritos por diferentes professores e professoras de diversas instituições universitárias e diversificadas realidades do Nordeste brasileiro, nomeadamente Maranhão, Piauí e Rio Grande Norte, traz uma série de reflexões e atuações fundamentais para a compreensão das relações integradas da sociedade e da natureza. É sem dúvidas uma grande contribuição para a produção geográfica brasileira.

