



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

SÓSTENES GOMES DE SOUSA

**USO DO *GOOGLE EARTH ENGINE* NA IDENTIFICAÇÃO DE USO DO SOLO
E ÁREAS DESMATADAS VISANDO A CONSTRUÇÃO DE ESTRATÉGIAS
PARA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**

**RECIFE – PE
2023**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**USO DO *GOOGLE EARTH ENGINE* NA IDENTIFICAÇÃO DE USO DO SOLO
E ÁREAS DESMATADAS VISANDO A CONSTRUÇÃO DE ESTRATÉGIAS
PARA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**

SÓSTENES GOMES DE SOUSA

Orientadora: Prof. Dr. Victor Casimiro Piscoya
Coorientadores: Prof. Dr. Renisson Neponuceno de Araújo Filho
Prof. Dr. Francisco das Chagas da Costa

**RECIFE – PE
2023**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

SÓSTENES GOMES DE SOUSA

**USO DO *GOOGLE EARTH ENGINE* NA IDENTIFICAÇÃO DE USO DO SOLO
E ÁREAS DESMATADAS VISANDO A CONSTRUÇÃO DE ESTRATÉGIAS
PARA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL.**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental; Área de Concentração: Engenharias I; Linha de Pesquisa: Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos.

Orientadora: Prof. Dr. Victor Casimiro Piscoya
Coorientadores: Prof. Dr. Renisson Neponuceno, de Araújo Filho
Prof. Dr. Francisco das Chagas da Costa

**RECIFE – PE
2023**

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

S716u Sousa, Sóstenes Gomes de
USO DO GOOGLE EARTH ENGINE NA IDENTIFICAÇÃO DE USO DO SOLO E ÁREAS DESMATADAS
VISANDO A CONSTRUÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL / Sóstenes Gomes de Sousa. -
2023.
105 f. : il.

Orientador: Victor Casimiro Piscoya.
Coorientador: Renisson Neponuceno de Araujo Filho.
Inclui referências e apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Ambiental, Recife, 2023.

1. Sensoriamento remoto. 2. Supressão florestal. 3. Impactos ambientais. 4. Recuperação. I. Piscoya, Victor Casimiro,
orient. II. Filho, Renisson Neponuceno de Araujo, coorient. III. Título

CDD 620.8



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**USO DO *GOOGLE EARTH ENGINE* NA IDENTIFICAÇÃO DE USO DO SOLO
E ÁREAS DESMATADAS VISANDO A CONSTRUÇÃO DE ESTRATÉGIAS
PARA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**

Sóstenes Gomes de Sousa

Prof.(a) Dr. MOACYR CUNHA FILHO
Examinador Externo

Prof. Dr. ALEX SOUZA MORAES
Examinador Interno

Prof. Dr. VICTOR CASIMIRO PISCOYA
Orientador

Prof. Dr. MARCUS METRI CORRÊA (PPEAMB/UFRPE)
Coordenador

“Preencha sua vida com aventuras, não com coisas. Tenha histórias para contar, não coisas para mostrar”.

Artedestino

AGRADECIMENTOS

À minha família e amigos pessoais pelo incentivo, amor e apoio tão importantes nessa fase da vida;

Ao professor Victor Cassimiro Piscoya, pela orientação, disponibilidade, compreensão, paciência, e acompanhamento em todas as etapas do mestrado, inclusive participando dos primeiros campos. Por tanto, foi de fundamental importância para a minha formação como pesquisador;

A minha amiga Iara Licia Pereira Lima por toda dedicação, parceria e conselhos durante todo o mestrado, tornando meus dias mais leves e agradáveis.

A minha amiga Maria Lucineide Gomes da Silva que me apoiou das mais diversas formas, com apoio técnico, companhia e conselhos.

A minha amiga Juliette Macena de Souza por todo apoio e ajuda na reta final da dissertação.

Ao professor Marcos Metri, pelo tempo disponibilizado desde o início da pesquisa, com as primeiras decisões sobre o projeto, até a análise dos resultados, contribuindo com soluções e auxílio no entendimento dos dados;

Aos professores Moacyr Cunha Filho e Alex Souza Moraes por aceitarem ser bancas de defesa, e assim participarem com excelentes contribuições para o aperfeiçoamento da minha dissertação;

Aos professores Marcus Metri Corrêa, Marilda Nascimento Carvalho, Fernando Cartaxo Rolim Neto, Romildo Morant de Holanda e André Maciel Netto pelas disciplinas ofertadas, conhecimento teórico indispensável com excelentes contribuições ao meu aprendizado e desenvolvimento nesse campo de pesquisa;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental pela infraestrutura e disciplinas ofertadas;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida – Código de Financiamento 001.

SOUSA, S. G. **Uso do *Google Earth Engine* na identificação de uso do solo e áreas desmatadas visando a construção de estratégias para recuperação ambiental.** 2023. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2023.

RESUMO

O geoprocessamento possibilita o acesso a dados ambientais através do sensoriamento remoto. A ocupação humana tem causado desmatamento e impactos ambientais, como mudanças na qualidade da água, redução da biodiversidade e poluição. A recuperação dessas áreas degradadas é essencial para restaurar a integridade do ecossistema. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho de pesquisa foi realizar um levantamento das áreas desmatadas, através da plataforma geoespacial do *Google Earth Engine* entre os anos de 2000 a 2020 no município de Taquaritinga do Norte, Pernambuco, Brasil. Assim, realizou-se uma análise temporal do uso e ocupação do solo, supressão florestal, expansão agropecuária, expansão urbana e quantificação dos recursos hídricos superficiais (rios e lagos). Foram gerados mapas com o auxílio do software livre QGIS 3.24 utilizando os dados obtidos através da plataforma do *Google Earth Engine*, com isso foi possível compreender as mudanças nas paisagens ao longo do período. A análise revelou que as atividades antrópicas intensificaram-se ao longo do tempo, resultando em modificações nas paisagens naturais e na substituição e exploração de áreas para diversos tipos de uso do solo. Isso teve impactos negativos na disponibilidade e qualidade dos recursos naturais, como queda da fertilidade do solo, processos erosivos, perda de biodiversidade e assoreamento de reservatórios e cursos d'água. Ao analisar as imagens, foi observado um aumento nas áreas não vegetadas, no crescimento populacional e à expansão da agropecuária. O estudo também destacou a importância do conhecimento da dinâmica populacional para análises espaço-temporais. A supressão florestal apresentou variações ao longo dos anos, com picos de recuperação e perda de cobertura vegetal. O maior índice de supressão florestal foi registrado em 2009 com 53,86% (255,92 km²), enquanto o maior índice de recuperação ocorreu em 2007 com 64,47% (306,37 km²). A expansão agropecuária também aumentou durante o período, resultando em uma diminuição da área vegetada e aumento do desmatamento. A maior expansão agropecuária foi observada em 2009 com 43,66% (207,47 km²). A expansão urbana também foi identificada, com um crescimento significativo da área urbana ao longo dos anos (188%). Para mitigar a exploração intensa dos recursos naturais e promover uma gestão sustentável, é recomendado o monitoramento do uso e ocupação do solo. Além disso, são sugeridas técnicas de recuperação de áreas degradadas, como reflorestamento e restauração ecológica.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto, supressão florestal, impactos ambientais, recuperação.

SOUSA, S. G. **Uso do *Google Earth Engine* na identificação de uso do solo e áreas desmatadas visando a construção de estratégias para recuperação ambiental.** 2023. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2023.

ABSTRACT

Geoprocessing enables access to environmental data through remote sensing. Human occupation has caused deforestation and environmental impacts, such as changes in water quality, biodiversity reduction, and pollution. The recovery of these degraded areas is essential to restore the ecosystem's integrity. In this context, the objective of this research was to survey deforested areas using the Google Earth Engine geospatial platform from 2000 to 2020 in Taquaritinga do Norte, Pernambuco, Brazil. Thus, a temporal analysis of land use and occupation, forest suppression, agricultural expansion, urban growth, and quantification of surface water resources (rivers and lakes). Maps were generated using the free software QGIS 3.24 based on data obtained from the Google Earth Engine platform, allowing for an understanding of landscape changes. The analysis revealed intensified anthropic activities over time, resulting in modifications to natural landscapes and the replacement and exploitation of areas for various land uses. This had negative impacts on the availability and quality of natural resources, such as soil fertility decline, erosion processes, biodiversity loss, and the siltation of reservoirs and watercourses. The study observed an increase in non-vegetated areas, population growth, and expansion of agriculture and livestock farming. The study also highlighted the importance of understanding population dynamics for space-time analyses. Forest suppression showed variations over the years, with peaks of recovery and loss of vegetation cover. The highest rate of forest suppression was recorded in 2009, at 53.86% (255.92 km²), while the highest rate of recovery occurred in 2007, at 64.47% (306.37 km²). Agricultural expansion also increased during the period, leading to a decrease in vegetated areas and an increase in deforestation. The highest agricultural expansion was observed in 2009, at 43.66% (207.47 km²). Urban expansion was also identified, with a significant growth in urban areas over the years (188%). To mitigate the intense exploitation of natural resources and promote sustainable management, continuous monitoring of land use and occupation is recommended. Additionally, techniques for restoring degraded areas, such as reforestation and ecological restoration, are suggested.

Keywords: Remote sensing, deforestation, environmental impacts, recovery.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação dos sistemas sensores	30
Figura 2 - Espectro eletromagnético.....	32
Figura 3 - Localização do município de Taquaritinga do Norte-PE	44
Figura 4 -Mapa hisométrico do município de Taquaritinga do Norte-PE.....	45
Figura 5 - Mapa do relevo do município de Taquaritinga do Norte-PE.....	46
Figura 6 - Mapa de classificação de solos do município de Taquaritinga do Norte-PE	47
Figura 7 - Mapa do índice de erodibilidade do município de Taruaritinga do Norte-PE	48
Figura 8 - Plataforma do Google Earth Engine e suas principais finalidades	49
Figura 9 - Mapa de uso e ocupação do solo para o município de Taquaritinga do Norte.	54
Figura 10 – Mapa de supressão florestal para o município de Taquaritinga do Norte-PE.	56
Figura 11 - Quantificação da Vegetação do Município de Taquaritinga do Norte-PE. .	57
Figura 12 - Mapa de expansão agropecuária do município de Taquaritinga do Norte- PE.....	59
Figura 13 - Quantificação da Expansão Agropecuária do Município de Taquaritinga do Norte-PE.	60
Figura 14 - Quantificação da Expansão Urbana do Município de Taquaritinga do Norte- PE.....	61
Figura 15 - Quantificação dos recursos hídricos superficiais (rios e lagos) do Município de Taquaritinga do Norte-PE.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Códigos das classes de legenda e paleta de cores utilizadas no MapBiomias Collection 7.....	50
Tabela 2 - Espécies recomendadas para a área de estudo.....	64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo Geral	15
2.2. Objetivos Específicos	15
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1. Estratégias na recuperação de áreas degradadas e proteção de nascentes em áreas de brejo de altitude	16
3.1.1. Aspectos determinantes para a seleção dos métodos de recuperação	16
3.2. Métodos de restauração de áreas degradadas	18
3.2.1. Isolamento da área	19
3.2.3. Chuva de sementes	19
3.2.4. Plantio de mudas	19
3.2.5. Plantio em área total	20
3.2.6. Técnica de nucleação	20
3.2.7. Semeadura direta	21
3.2.8. Regeneração natural	22
3.3. Estratégias auxiliares de apoio à recuperação ambiental	22
3.3.1. Utilização de matéria orgânica	22
3.3.2. Uso da serapilheira	23
3.3.3. Utilização de Biomantas ou Telas Vegetais	24
3.3.4. Colocação de poleiros artificiais	25
3.4. Práticas conservacionistas em áreas com altas declividades	26
3.5. Sistemas sensores	30
3.6. Monitoramento terrestre por sensoriamento remoto de radar	32
3.7. Sensoriamento remoto	33
3.8. Formatos das imagens digitais	36
3.9. Correção atmosférica	37
3.10. MAPBIOMAS	38
3.11. <i>Google Earth Engine (GEE)</i>	40
3.12. <i>Google Drive</i>	43
3.13. Avaliação da Qualidade dos Dados	43
4. MATERIAL E MÉTODOS	44

4.1.	Área de Estudo	44
4.2.	Base de dados	48
4.2.1.	Máscara de áreas naturais e não naturais.....	49
4.2.2.	Método de obtenção de dados	51
4.3.	Reclassificação e confecção dos mapas	52
4.4.	Quantificação do nível de desmatamento, expansão agrícola e área urbanizada 52	
4.5.	Técnicas de recuperação das áreas desmatadas.....	53
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
5.1.	Uso e ocupação do solo na análise temporal	53
5.2.	Supressão Florestal na análise temporal	55
5.3.	Expansão Agropecuária na análise temporal.....	58
5.4.	Expansão Urbana na análise espaço-temporal.....	61
5.5.	Quantificação dos recursos hídricos superficiais (rios e lagos) na análise espaço- temporal.....	62
5.6.	Técnicas de recuperação recomendadas para a área de estudo	63
6.	CONCLUSÕES.....	66
	REFERÊNCIAS.....	67
	APÊNDICE A - Dados metricos e estatisticos do municipio de Taquaritinga, Pernambuco, Brasil.....	95
	APÊNDICE B - Espécies vegetais observadas no município de Taquaritinga do Norte, Pernambuco, Brasil	96

1. INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro é formado por 1.133 municípios, com predominância do bioma caatinga e participação de espécies endêmicas, fazendo parte de uma importante reserva biológica. Em relação à cobertura territorial, esse bioma compreende 70% da região Nordeste e 11% de todo o Brasil. Abrangendo os estados do Rio Grande do Norte, Ceará, uma parcela significativa de Pernambuco e Paraíba, toda a região central da Bahia, oeste de Alagoas e Sergipe, sudeste do Piauí e uma pequena parte de Minas Gerais (DRUMOND et al., 2016; FERNANDES; QUEIROZ, 2018; SILVA; PAES, 2019).

Devido às variáveis climáticas responsáveis pela modelagem do semiárido, a vegetação predominante é representada por florestas subperenifólias, subcaducifólias e caducifólias. Vale ressaltar que parte da floresta Atlântica nordestina é composta pelos brejos de altitude: “ilhas” de floresta úmida estabelecidas em região semiárida, sendo cercadas por uma vegetação de caatinga (ANDRADE-LIMA, 1960; TABARELLI; SANTOS; 2004). Tais fatores representam uma exceção diante do agreste pernambucano, pois as condições de clima, altitude, vegetação, temperatura e precipitação pluviométrica proporcionam o desenvolvimento de cultivos agrícolas (ANDRADE-LIMA, 1960, 1982; FERRAZ et al., 1998; SANTIAGO et al., 2004; PEREIRA; DA SILVA; DE SOUZA BARBOSA, 2010).

As áreas de elevada altitude presente nesses ambientes funcionam como uma barreira que auxilia na contenção dos ventos húmidos que ao atingirem as áreas mais altas do relevo, passam por processo de resfriamento, assim favorecendo a formação de nevoeiros e chuvas. Os brejos são “áreas de exceção” no domínio do nordeste semiárido (LINS, 1989). A existência dessas ilhas de floresta em regiões do agreste pernambucano está associada à ocorrência de planaltos e chapadas entre 500 - 1.100 m altitude (e.g., Borborema, Chapada do Araripe, Chapada de Ibiapaba) que apresentam chuvas orográficas com níveis de precipitação superiores a 1.200 mm/ano (ANDRADE-LIMA, 1960).

No decorrer da exploração dos recursos naturais, essas áreas começaram a ser convertidas em terras agricultáveis (VIANA, et al., 1997); as reservas naturais são pequenas e mal manejadas, e a caça de subsistência é praticada de forma generalizada (ALMEIDA, et al., 1995). De forma mais sistemática, os brejos têm sido convertidos em lavouras de café, banana e culturas de subsistência, como milho, feijão e mandioca, desde o século XIX (LINS, 1989).

Os impactos do desmatamento de uma floresta traduzem-se em: alteração na qualidade da água, através do aumento da turbidez, da eutrofização e do assoreamento dos corpos d'água; alteração do deflúvio, com enchentes nos períodos de chuva e redução na vazão de base, quando das estiagens; mudanças micro e mesoclimáticas, esta última quando em grandes extensões de florestas; mudança na qualidade do ar, em função da redução da fotossíntese e do aumento da erosão eólica; redução da biodiversidade, em decorrência da supressão da flora e fauna locais; e poluição hídrica, em função da substituição da floresta por ocupação com atividades agropastoris, urbanas e industriais (BRAGA et al., 2002).

Em áreas de brejo de altitude, localizadas no interior de Pernambuco e Paraíba, onde por razões orográficas existem formações florestais em região de caatinga, verifica-se que essas formações disjuntas da floresta Atlântica litorânea têm marcante dependência de água e influenciam direta nos ciclos hidrológicos (LINS, 1989; RODAL et., 2005). Constata-se, porém, que essas florestas estão sendo gradativamente destruídas ao longo do processo de ocupação humana sobre as áreas naturais, particularmente pela atividade agrícola. Isto tem se verificado dramaticamente em muitos brejos de altitude de Pernambuco e Paraíba, particularmente dos mananciais hídricos e da biodiversidade, desmatamento vs. recarga dos mananciais.

Apesar do razoável estado de conservação da mata na totalidade, verifica-se que em suas bordas, particularmente nas áreas de interface com a atividade agrícola, ocorre um gradativo processo de desmatamento, com a substituição da floresta pelo cultivo, inclusive em vertentes de morro. Isso implica em aumento do escoamento superficial das águas de chuva e das águas de irrigação, aumento do albedo e da evapotranspiração, além da redução da infiltração, responsável pela recarga das águas subsuperficiais e provimento dos mananciais de superfície, incluindo processos erosivos.

A preocupação por recuperar as áreas degradadas em função do manejo e uso do solo de maneira errada deve ter como objetivos primordiais a recuperação da sua integridade física, sua estrutura química e biológica, além dessas características, o projeto de restauração de uma região deve priorizar a sua capacidade produtiva, seja para a produção de alimentos e matérias-primas ou para a prestação de serviços ambientais (RESENDE; CHAER, 2010). A restauração ecológica é um processo que irá auxiliar o restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído (BECHARA, et al., 2007). Um ecossistema é considerado recuperado e restaurado

quando contém recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios adicionais (GONZAGA; SIDDIQUE, 2020).

Ressalte-se que o *Google Earth Engine* é uma ferramenta de extrema importância na determinação de áreas desmatadas para projetos de reflorestamento. Sua capacidade de processar e analisar grandes conjuntos de dados geoespaciais permite uma visão abrangente e detalhada do desmatamento, possibilitando a implementação de estratégias mais eficientes e sustentáveis para a recuperação de áreas degradadas.

O município de Taquarigimda do Norte, Pernambuco, Brasil destaca-se por apresentar características ambientais diferentes das demais regiões do agreste pernambucano, visto que o mesmo é composto por brejos de Altitude que favorecem o desenvolvimento de uma vegetação com características de mata atlântica, além da riqueza nutricional presente no solo. Porém, com a elevação do desmatamento tais componentes podem ser perdidos no decorrer dos anos, prejudicando todo o meio ambiente local e seu entorno.

Nesse contexto, identifica-se a necessidade de desenvolver estudos temporais para nortear e avaliar os problemas decorrentes do desmatamento ambiental. Com vistas a desenvolver estratégias que proporcionem a recuperação da área de estudo, além do desenvolvimento sustentável do sistema agrícola e conscientização da população.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Realizar um levantamento do município de Taquaritinga do Norte, Pernambuco, Brasil através da plataforma geoespacial do *Google Earth Engine* entre os anos de 2000 a 2020. Com vistas a propor estratégias técnicas e econômicas na recuperação destas áreas através do reflorestamento.

2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Identificação do uso e ocupação do solo na análise temporal;
- ✓ Realizar o levantamento e quantificação da supressão vegetal e expansão agrícola;
- ✓ Quantificar a expansão urbana;
- ✓ Quantificar a disponibilidade de rios e lagos (superficiais);
- ✓ Propor estratégias técnicas de recuperação de áreas degradadas.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Estratégias na recuperação de áreas degradadas e proteção de nascentes em áreas de brejo de altitude

3.1.1. Aspectos determinantes para a seleção dos métodos de recuperação

O planejamento da recuperação de áreas degradadas configura-se como um processo lento e complexo que demanda um esforço contínuo por parte de todos os envolvidos no projeto (CHAZDON, 2012; DE PAIVA SALOMÃO et al., 2020; FERREIRA, 2020). Durante o gerenciamento da recuperação ambiental, se faz necessário analisar globalmente todos os aspectos que influenciaram na degradação, desta forma será possível selecionar as técnicas economicamente viáveis para seleção por parte dos proprietários dos locais afetados (SCHMITT et al., 2018; OLIVERA et al., 2020).

O diagnóstico ambiental com as informações dos fatores que causaram a degradação é essencial (BENDITO, 2017; VIVAS e NUNES, 2018; ORSANO, 2019), pois através do mesmo será possível elaborar um plano adequado para a situação específica, onde os métodos utilizados no processo de recuperação estarão diretamente ligados as características ambientais, que efetivamente foram responsáveis pelas externalidades que se pretendem reverter (LEAL et al., 2019; ACÁCIO et al., 2021). Assim, será possível manter um cronograma com etapas bem definidas e custos programados. Ressalta-se que os fatores especificados no diagnóstico, são responsáveis diretamente pela degradação e desequilíbrio da área analisada (RITSCHKE; KATZENSTEINER; ACÁCIO, 2019).

Desmatar uma área ou interferir em seu ciclo natural, através de processos de deterioração de seus componentes pode representar uma degradação a depender da sua intensidade (HOLL; AIDE, 2011; BRANCALION et al., 2019). Caso seja constatado a incapacidade de resiliência natural em um tempo hábil, pode-se enfatizar que a mesma está degradada, assim, necessitando da intervenção de terceiros, no caso o ser humano (HOLL, 2012; RAMÍREZ-SOTO et al., 2018). Em contrapartida, se o ambiente mantém sua capacidade de resiliência ativa, o mesmo classifica-se como perturbado, necessitando de intervenção humano, porém apenas para acelerar o processo de recuperação (ISERNHAGEN, 2009; COSTA et al., 2020).

Considerando os fatores que intervirem na regeneração natural de uma área, os intensos processos de degradação são responsáveis por causar a perda dessa característica. Através do conhecimento de todos os mecanismos relativos à regeneração de uma área, é

possível desenvolver um Plano de Recuperação de Área degradada (PRAD) com técnicas eficazes e econômicas (CORRÊA et al., 2019).

Neste contexto, o processo de degradação é caracterizado e determinado através do nível de resiliência apresentada por uma área após sucessivas atividades de deterioração ambiental (CROUZEILLES et al., 2017; BUISSON et al., 2019). Com isso, o todo o ecossistema perde a sua estabilidade, entrando em desequilíbrio e afetando os seres vivos nos entornos dependentes destes locais. A velocidade de resposta a um impacto de determinado ambiente no decorrer do tempo é tida como resiliência (DE MORAES et al., 2013).

Deste modo, antes de iniciar qualquer processo ou planejamento de recuperação, deve-se inicialmente realizar um levantamento holístico sobre o uso e ocupação do solo de modo a identificar a cronologia da perda da vegetação natural e assim fazer uma análise minuciosa de todas as alterações que ocorrem do decorrer do tempo de resiliência do ambiente de estudo (DA CRUZ; PELOGGIA, 2017; COSTA; SILVA; SOARES, 2017). Ressalta-se que a análise da utilização atual do solo e de todos os recursos ambientais da área a qual se pretende recuperar é extremamente importante para a determinação do seu grau de degradação.

A caracterização do processo degradativo de um ecossistema está relacionado com a perda ou alteração dos seus aspectos naturais de biodiversidade (SOUZA, 2021). Através de tais impactos, o mesmo perde o seu equilíbrio ecológico, se transformando em uma área estéril, com escassa influente biológica, como ocorre em áreas de elevadas declividades (DA SILVA; FABRICANTE, 2019; FERREIRA; DE ALMEIDA, 2020).

Entretanto, a problemática que engloba tais fatores é complexa, pois o meio ambiente necessita de um tempo longo para reestabelecer seus pontos de clímax, tempo este que na maioria das vezes não é aceite pelos proprietários de áreas agrícolas devido à necessidade de respostas rápidas para a utilização produtiva de suas propriedades (PINTO et al., 2006; VOLPATO; MENEZES; SILVA, 2017). Desse modo, os métodos utilizados para a recuperação dessas áreas precisam abranger além dos componentes de viés econômico, focando em encontrar o equilíbrio entre todos os processos de sucessão ecológica, de modo a elevar a capacidade de suporte do meio.

Durante o planejamento de um PRAD deve-se considerar todas as atividades que devem ser executadas em cada etapa de modo a proporcionar a recuperação da cobertura vegetal e dos nutrientes do solo. Almeida (2016), relata através de sua obra que os planos de recuperação desenvolvidos no Brasil têm uma tendência a utilização de estudos

generalizados de recuperação ambiental, que em sua maioria sofrem com o fracasso de seus projetos.

Como foi descrito anteriormente, a reestruturação física, ecológica e ambiental deve seguir um plano local e específico para a área a ser recuperada (D'ARRIGO; LORINI; RAJÃO, 2020). Desde modo, será possível ter um elevado desempenho dos métodos utilizados e uma economia considerável dos custos de implantação e manutenção do local em recuperação.

A estruturação de um modelo adequado de restauração desenvolvido para determinada área degradada depende de fatores como: histórico de degradação, nível de degradação atual, disponibilidade de sementes e mudas, clima, recursos hídricos, solo, máquinas, melhoramento de técnicas agrícolas, dentre outros (HIGGS, et al., 2018; GANN et al., 2019). Além do financiamento disponível para iniciar, manter e concluir o projeto. Vale ressaltar que tais componentes defendidos vão depender das características da área selecionada para recuperação, em muitos locais, a seleção da melhor estratégia é aquela que combina vários modelos de modo a desenvolver um método direcionado para seu estudo.

Contudo, a escassez de informações de técnicas metodologias direcionadas para áreas específicas é uma problemática enfrentada por pesquisadores frente a seus estudos (ARONSON et al., 2011). Tais fatores são influenciados devido às limitações econômicas, políticas e técnicas. A recuperação de uma área está sempre relacionada a altos custos e conseqüentemente, a sua manutenção a longo prazo é tida como uma atividade cara e exaustiva, sem retorno econômico (PINOTTI; HANISCH; NEGRELLE, 2020; SILVA et al., 2020). Além disso, a falta de uma visão holística sobre todo o desenvolvimento do projeto é um impasse para que o mesmo seja desenvolvido corretamente até a sua conclusão, pois a ausência de informações específicas de avaliação dos fatores técnicos desencadeiam um declínio do processo de restauração.

3.2. Métodos de restauração de áreas degradadas

Os métodos utilizados na recuperação de uma área degradada são amplos e diversificados, dependendo de dados como: resiliência atual do ecossistema, uso histórico da utilização e ocupação do solo, estado atual da área, o ambiente onde o local de estudo está inserido, as metas iniciais, futuras e os recursos financeiros disponíveis para a implantação, monitoramento e conclusão do plano de recuperação (HOLL; AIDE, 2011; CROUZEILLES et al., 2019).

Desde modo, o planejamento da reestruturação deve abordar diversas atividades interligadas de modo a proporcionar um desenvolvimento linear entre os objetivos e a implantação do projeto, pois é por intermédio de tais informações que será possível contornar externalidades que possam surgir no decorrer da restauração (MACIEL, 2020; DE OLIVEIRA SILVA, et al., 2021).

3.2.1. Isolamento da área

Independente dos métodos utilizados no início da implantação do plano de recuperação, deve-se realizar inicialmente o isolamento da área (MÔNICO, 2019; SHONO, 2020). Assim, será possível evitar futuros desperdícios com os materiais usados (sementes, mudas, trabalhadores, equipamentos etc.), pois a interferência de terceiros no início ou mesmo durante a execução das atividades podem ser totalmente perdidas, ou danificadas, desde modo, dificultando o processo de restauração florestal (SILVA, 2017; PEREIRA et al., 2020). Através da utilização desta técnica, a vegetação nativa e implantada poderá se desenvolver com melhores condições ambientais, elevando a eficácia da reestruturação do ambiente e consequentemente a economia de recursos financeiros.

3.2.3. Chuva de sementes

Em ambientes afetados pela deficiência natural de chuva de sementes dispersas por animais silvestres e consequentemente com diluição do potencial de regeneração, pode-se inserir propágulos diretamente na área afetada sem a necessidade do plantio direto de mudas, tais sementes podem apresentar características de espécies nativas de crescimento rápido, principalmente as pioneiras, por apresentarem os melhores índices de desenvolvimento, visto que as mesmas formam uma significativa cobertura florestal (TOSCAN; GUIMARÃES; TEMPONI, 2017; SILVA, et al., 2018). Tal fator se configura importante no processo de recuperação, pois projete o solo, atrai animais silvestres e mantém um ambiente propício para a implantação de novas espécies de viés econômico ou ambiental (CAPELLESSO et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2018).

3.2.4. Plantio de mudas

A utilização do método de plantio de mudas em ambientes degradados deve passar por um detalhado processo de seleção e manutenção em viveiros, desde modo, será possível conferir as mudas a capacidade de sobrevivência em meio a condições impostas

pelo ambiente a qual serão transplantadas (BUSATO et al., 2012; SANTOS, 2017; SILVA, 2019). Contudo, visando a minimização dos custos, os responsáveis pelo plano de recuperação podem optar por adquirirem mudas em estágios avançados de desenvolvimento (INHAMUNS, 2019). Posteriormente a esse processo inicial, o plantio pode ser realizado em toda a área ou em ilhas (nucleação). Vale ressaltar que as mudas também podem ser utilizadas em conjunto com outras técnicas de recuperação.

3.2.5. Plantio em área total

O método de plantio em área total é comumente utilizado em ambientes que perderam a sua capacidade de resiliência regenerativa, além de apresentarem uma deficiência significativa de fragmentos florestais. Porém, é uma técnica que demanda um elevado investimento financeiro por necessitar de manutenção constante, além do preço das mudas ou mesmo do seu processo de criação (HOLL; AIDE, 2011; SILVA et al., 2018). Contudo, a diminuição dos custos pode ser alcançada através da redução dos processos de manutenção e conseqüentemente melhoria da eficiência do plantio, buscando sempre a diversificação de espécies.

Os plantios em áreas totais apresentam vantagens importantes, por proporcionar o rápido crescimento e recobrimento da área em processo de recuperação, assim, suprimindo a proliferação de espécies persistentes como gramíneas, deste modo, desenvolvendo um ambiente propício para o estabelecimento de uma comunidade com espécies diversificadas e importantes para reestruturação do ambiente (ARONSON et al., 2011; ORTIZ, 2017; LE BOURLEGAT, 2020). Outro ponto sobre o método refere-se a sua capacidade de geração de empregos e renda, pois demanda manutenção constante desde a plantação até a colheita dos produtos florestais e/ou vegetais.

3.2.6. Técnica de nucleação

Dentre os métodos de recuperação com baixo custo, destaca-se a técnica de nucleação, que consiste na plantação de espécies de porte arbórea em ilhas dentro na mesma área (DOS SANTOS et al., 2020; TRENTIN et al., 2018). Assim, economizando recursos financeiros, visto que será utilizado menores quantidades de mudas. Além do que foi exposto, a técnica se baseia em princípios de sucessão ecológica, pois o processo de regeneração está diretamente ligado a núcleos de árvores pioneiras, onde posteriormente vão se desenvolver outras espécies em seu entorno (DOS SANTOS et al., 2020).

Em suma, os núcleos serão responsáveis pela atração de dispersores para o ambiente local e conseqüentemente, facilitando o estabelecimento de novas espécies florestais no decorrer dos anos (REIS; BECHARA et al., 2014; FREITAG et al., 2018). Comparado com o processo de regeneração natural, este destaca-se por proporcionar uma estrutura diversificada de espécies (ZAHAWI et al., 2013; HOLL et al., 2020; BECHARA et al., 2021). Entretanto, apresenta desvantagens, pois os núcleos dependem de uma escala maior de tempo para a sua expansão, além de dependerem diretamente das propriedades locais de regeneração como: solo, precipitação e proteção (REIS et al., 2003; PIAIA ET AL., 2017; PEREIRA et al., 2020).

3.2.7. Semeadura direta

Como sistema alternativo de recuperação de uma área degradada, destaca-se a semeadura direta, processo pelo qual as sementes são dispersas diretamente no local escolhido para o reflorestamento, sem a necessidade da implantação de mudas, para tanto, utiliza-se o lanço em área total, semeadura em pontos ou em linhas (AGUIRRE, 2012; RIBEIRO, 2017). O método em questão está estruturado no princípio de que em áreas florestais em processo regenerativo, tanto nas clareiras como em locais circunvizinhos de remanescentes de vegetal, ocorrem por intermédia de semeadura natural, que em conjunto com fatores ambientais favoráveis conseguem acelerar a germinação das sementes (AGUIRRE, 2012; BOAVENTURA, 2019).

Entre as principais vantagens associadas a este método estão o baixo custo e a praticidade de implantação visto que pode ser utilizado em locais de difícil acesso (topo de morros, elevadas declividades, brejos, dentre outros) ou carência de recursos financeiros (BRANT, 2015; NAHSSSEN, 2018; SILVA, 2019). Para obter resultados favoráveis, se faz necessário conhecer todas as características das espécies utilizadas, principalmente o seu desempenho em campo em relação aos nutrientes do solo e condições ambientais. As desvantagens relacionadas as semeaduras diretas estão relacionadas a manutenção das mudas nos primeiros anos após o período de germinação devido, pois as plântulas geradas precisam de cuidados constantes, além da perda natural de diversas sementes que não germinaram (SOARES; RODRIGUES, 2008; GERBER, 2020).

3.2.8. Regeneração natural

Quando se opta pelo isolamento total da área degradada, geralmente durante o processo de planejamento do plano de recuperação, o método selecionado para tal é o de regeneração natural assistida ou indução da regeneração natural, pois esta técnica proporciona um processo acelerado de sucessões naturais por intermédio da exclusão dos fatores responsáveis pelos distúrbios não naturais (SHONO et al., 2020).

Por ser um método simples apresentam custos reduzidos se comparado com os demais. Ressalta-se que mediante um planejamento adequado, é possível transformar áreas totalmente degradadas em florestas produtivas, que serão responsáveis diretamente pela proteção de bacias hidrográficas, nascentes e ambientes de conservação do solo (CROUZEILLES et al., 2017; KELLY et al., 2021), além de proporcionar o retorno de espécies da fauna.

Mesmo apresentando os melhores constituintes em relação aos custos, existem algumas desvantagens que estão relacionadas a forma de manutenção da área, visto que a falta de uma manutenção mesmo que em menores escalas pelo proprietário (BELEM et al., 2017). Ressaltando-se que o abandono do ambiente propicia uma elevação considerável dos custos que podem surgir em decorrência da reconstrução de certas, contenção de incêndios, falta de retorno financeiro, dentre outros (CHAZDON, 2017; NUNES et al., 2017). Diante de tais fatores, se faz necessário no momento do planejamento a explanação dos mesmo para os proprietários das terras.

3.3. Estratégias auxiliares de apoio à recuperação ambiental

3.3.1. Utilização de matéria orgânica

Durante o processo de recuperação de solos degradados se faz necessário a utilização de técnicas auxiliares em conjunto com os métodos de restauração de modo que possam trazer benefícios e elevar os nutrientes disponíveis no solo. Diante disso, a utilização de matéria orgânica se sobressai sobre as demais por ter uma maior disponibilidade e diversificação de materiais que trazem benefícios físicos, químicos e biológicos para o ecossistema local (MADARI et al., 2009; COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013).

Dentre os materiais mais utilizados destacam-se: casca de arroz, palha de café, bagaço de cana, capim, cascas de arvores, podas de leguminosas, dentre outros (CALGARO et al., 2008; FARIA et al., 2013; ZANCANARI et al., 2020). Porém, é importante que se desenvolva um estudo detalhado de todo o material utilizado no

processo além das perspectivas atuais da área em destaque, com vistas a determinar o nível de liberação dos nutrientes para que não seja tóxico para o solo e recursos hídricos (ALCÂNTARA et al., 2000; ABREU JUNIOR et al., 2012; SCOTTI et al., 2015).

Segundo Almeida (2016) esse método desempenha um papel fundamental no aperfeiçoamento da capacidade de retenção e infiltração da água no solo, pois a matéria orgânica utilizada no processo de recuperação, armazena a água no solo e mantém a sua umidade por longos períodos, e conseqüentemente elevando o nível dos mananciais subterrâneos, com isso, sendo possível melhorar a resistência das plantas em períodos de irregularidade pluviométrica.

3.3.2. Uso da serapilheira

O acúmulo de matéria orgânica depositado na camada superficial do solo forma a serapilheira, componente essencial para o desenvolvimento de todo o ecossistema, pois através da ciclagem dos nutrientes ocorre a liberação e absorção dos mesmos pelo solo, além da dispersão para plantas e recursos hídricos (VITAL et al., 2004; SOARES et al., 2008).

Vale ressaltar que o ciclo de produção dessa manta orgânica está diretamente relacionado com a quantidade de material que cai no solo e seu processo de decomposição. E por essa razão, representa um verdadeiro banco genético de tudo que está presente no ambiente natural a qual pertence (BERTALOT et al., 2004; HOLANDA, 2017; VARGAS et al., 2019).

Por apresentar características nutricionais e baixo custo esse método auxiliar é amplamente utilizado em sistemas agrofloretais voltados para recuperação de áreas degradadas, pois o material proporciona a proteção da superfície do solo contra a incidência dos raios solares, elevando a sua capacidade de retenção e absorção da água, favorecendo o aumento constante de espécies de microrganismos e mantendo a umidade do ambiente, assim, desenvolvendo condições propícias para o desenvolvimento de todo o ecossistema (ARATO; MARTINS; FERRARI, 2003; CORRÊA et al., 2006; JARAMILLO-BOTERO et al., 2008; SILVA et al., 2009; HOLANDA et al., 2015; TONIETTO et al., 2017).

Ressalta-se que além do que foi apresentado, a manta orgânica representa um banco natural de sementes de espécies pioneiras, que durante o processo de recuperação de uma área com o auxílio da serapilheira vai proporcionar a deposição das mesmas do solo, melhorando seu desenvolvimento com a complementação oferecida pela micorrizas

presentes na matéria orgânica (MARTINS et al., 2017; TOSCAN; GUIMARÃES; TEMPONI, 2017; MARTINS et al., 2018; FREITAS et al., 2021). Com isso, o ambiente antes degradado, terá condições adequadas para atingir seu clímax e equilíbrio ecológico.

A utilização da serrapilheira em processos de recuperação de áreas degradadas se mostrou altamente eficiente, pois as plantas geradas por meio da manta orgânicas se desenvolveram em uma escala superior em relação às espécies exóticas, desta forma proporcionaram uma cobertura densa de proteção ao solo (BRAGA et al., 2007; CELENTANO et al., 2020; RAI et al., 2020; NSENGIMANA et al., 2021). Tal fato deve-se a capacidade nutricional que eleva as condições químicas, físicas e biológicas do ambiente em processo de regeneração.

A recuperação de uma área degradada depende de vários fatores, por esse motivo, deve-se considerar a dissipabilidade de fontes naturais de serrapilheira proveniente de ambientes com as mesmas características no ambiente de recuperação. Destaca-se que é essencial que a retirada dessa matéria orgânica ocorra em períodos chuvosos, pois proporciona uma coleta abundante de nutrientes.

Com vistas a evitar impactos ao local onde a serrapilheira será removida, deve-se utilizar um rastelo próprio para esse processo, pois desse modo o material disperso na superfície do solo será coletado corretamente sem interferir nas camadas internas. Posteriormente o material coletado deve ser armazenado em sacos plásticos para ser transportado e aplicado o mais rápido possível na área em recuperação (FORTES; LÚCIO; STORCK, 2008; SCORIZA et al., 2017). Vale ressaltar que após a conclusão do processo de retirada, o solo exposto deve ser recoberto para evitar o desequilíbrio do ambiente local.

3.3.3. Utilização de Biomantas ou Telas Vegetais

Através do melhoramento tecnológico e científico das técnicas utilizadas em processos de recuperação de áreas degradadas foi possível desenvolver as biomantas, sendo utilizadas amplamente para contenção de taludes em áreas urbanas por proporcionar o melhoramento da estabilização dos solos e assim evitando processos erosivos (HOLANDA; ROCHA; OLIVEIRA, 2008; HOLANDA et al., 2010; ARAÚJO-FILHO; HOLANDA; ANDRADE, 2013; ROSA e GAIOLFATTO, 2019).

Devido seu caráter moderno, a utilização de biomateriais representa um aumento significativo nos custos relacionados ao projeto de recuperação, desse modo, deve-se

considerar todos os aspectos secundários e técnicas alternativas antes de optar por esse método inovador (BRETAS, 2019).

Após a aplicação e estabilização das telas vegetais é possível iniciar a recuperação da área em questão, pois a manta mantém a umidade do solo através da retenção da água, assim propiciando a germinação adequada das espécies que serão utilizadas no processo de retenção, além de servirem como fonte de matéria orgânica extra já que se degradam com o passar do tempo (SCHMEIER, 2013; RESENDE et al., 2015).

Por serem de fácil manuseio, as biomantas podem ser aplicadas em diferentes regiões sem a necessidade de uma quantidade excessiva de trabalhadores, porém deve-se considerar que em locais com declives elevados recomenda-se o auxílio de máquinas e mão de obra especializada para evitar acidentes ou mesmo a desagregação do solo das encostas (MAGALHAES, 2013). Vale ressaltar que essa técnica auxiliar desempenha um papel importante na recuperação de áreas com elevadas declividades como brejos de altitude, pois ajuda na retenção da erosão dos solos através da sua estabilização, assim, sendo possível o estabelecimento e desenvolvimento da vegetação (ALMEIDA, 2016).

3.3.4. Colocação de poleiros artificiais

Esse método auxiliar está estruturado em preceitos nucleadores, pois sua utilização proporciona a criação de pequenos núcleos de diversidade dispersos em uma mesma área, porém com características naturais e estágios sucessionais diferentes, já que ocorrerá a migração constante de espécies entre as áreas vegetadas e em recuperação (TRES et al., 2007; TOMAZI; ZIMMERMANN; LAPS, 2010). Por apresentar particularidades econômicas de baixo custo e elevada eficiência na dispersão de sementes, esse método tem se difundido como um diferencial no processo de restauração ambiental (GODOY; MIRANDA; CARDOZO, 2019; SERVILHERI et al., 2021).

A fixação de poleiros artificiais proporciona uma aceleração dos processos de sucessão vegetal, pois a utilização dos mesmos por espécies de fauna proporciona a dispersão de sementes que serão posteriormente germinadas, contribuindo para a revegetação dos degradados (REGENSBURGER; COMIN; AUMOND, 2008; MORES e BOBROWSKI, 2018). Outro ponto relevante deve-se ao fato de que os poleiros representam pontos estratégicos de proteção e pouso para as aves, deste modo elevando a diversidade de espécies no ambiente local (REIS; TRES; SCARIOT, 2007).

3.4. Práticas conservacionistas em áreas com altas declividades

Diante dos impactos gerados pela agricultura convencional a todo o meio ambiente, buscando uma reestruturação agrícola, nos últimos anos vem crescendo a utilização de processos baseados em técnicas sustentáveis e economicamente viáveis para os produtores (BALSADI, 2001; ELLIOTT, 2012; FARIA, 2014). Dentre os impactos que atingem diretamente a produtividade agrícola pode-se destacar a degradação do solo, gerada pela exploração e exaustão de todas as características do ambiente utilizado para plantação.

A elevada demanda por insumos sintéticos e químicos tem intensificado ainda mais os processos de erosão, pois esses contaminantes se bioacumulando no solo, transformando toda a sua microbiota (MICHEREFF; ANDRADE; MENEZES, 2005; DA SILVA; GRIEBELER; BORGES, 2007). Além de poderem ser careados por processos de escoamento superficial em períodos chuvosos visto que em grande parte de áreas de agricultura convencional os solos estão totalmente desprotegidos (SCHERER; NESI; MASSOTTI, 2010; WANG, et al., 2018; DAVYDOV, et al., 2018). Tal fator se configura como um problema constante em áreas de elevadas declividades, por apresentarem ecossistemas mais frágeis as ações climáticas.

Com vistas a melhorar o desenvolvimento sustentável da produção agrícola se faz necessário uma mudança gradativa e migração para outros métodos não convencionais, como todo processo de mudança, esse deve passar por etapas bem definidas de modo a reeducar os produtores agrícolas a respeitarem o meio ambiente, além de demonstrar que pode ser um caminho economicamente favorável. Afinal, a demanda por alimentos saudáveis que advém de ambientes sustentáveis tem se destacado em todo o mundo (HOEK, et al., 2017; MARTINELLI; CAVALLI, 2019; TRICHES, 2020).

Com isso, pode-se destacar o potencial do sistema agroecológico por proporcionar o cultivo de diferentes culturas que podem se desenvolver em meio a um processo de recuperação ambiental de uma área degradada, assim, além de melhorar o ambiente local, trará lucro aos produtores a média e longo prazo (JUNIOR, et al., 2014; D'ANNOLFO, et al., 2017; VAN DER PLOEG, et al., 2019).

Desta forma, será possível realizar um gerenciamento e manejo adequado do solo e de todos os recursos naturais, assim evitando todos os processos degradativos que comprometem a produção agrícola, além de todos os impactos econômicos gerados nesse processo (DEBRAY, et al., 2019; MOCKSHELL e VILLARINO, 2019; DE ALMEIDA, et al., 2019).

A erosão do solo se configura como o processo mais preocupante, pois está diretamente ligado a produção de insumos agrícolas, desta forma, se faz necessário saber as características locais, de modo a buscar técnicas que impeçam a ocorrência desse processo (PEREIRA; TOSTO; ROMEIRO, 2019; MARQUES, 2019).

Por apresentar atributos morfoclimáticos desfavoráveis, as regiões semiáridas são mais suscetíveis ao desenvolvimento da erosão solo, visto que a vegetação é menos densa deixando o solo desprotegido das ações impostas pelo clima como chuvas e ventos (JARDIM, et al., 2017; SILVA, et al., 2019; LIMA, et al., 2020). Vale ressaltar que as áreas de brejos de altitude localizadas em áreas do semiárido brasileiro apresentam características climáticas e vegetativas diferentes, que podem ser modificadas caso a degradação desses locais continue ocorrendo.

A retenção do processo erosivo pode ser atingida com a contenção ou redução da sua taxa de perda do solo que já ocorre naturalmente, porém é intensificada por meio da utilização inadequada dos solos (OLIVEIRA, et al., 2010; GUERRA e JORGE, 2017; GUERRA, et al., 2017). Deste modo, se faz necessário conhecer a fundo as características que envolvem a erosão analisada para traçar estratégias adequadas para diferentes condições que possam ser encontrados.

O método mais adequado para evitar ou mesmo minimizar esse processo é manter a vegetação, pois a mesma projeta diretamente o solo, desenvolvendo uma camada responsável pela absorção da água das chuvas, reflexão dos raios solares, sequestro de dióxido de carbono, manutenção dos nutrientes dos solos, dentre outros (HEBERLE, et al., 2017; JÚNIOR, et al., 2018). Ressaltando que o componente do sistema radicular proporciona a resistência mecânica do solo a ações do clima (MORGAN, 2005; CRESPO, 2020).

Devida à falta de proteção, a erosão eleva a desagregação do solo, sendo desenvolvida através do impacto da chuva na superfície do solo desprotegido. Assim, forma-se a erosão hídrica, considerada mais devastadora para as atividades agrícolas, pois através do escoamento superficial que se intensifica em solos desprotegidos, eleva o carreamento de sedimentos superficiais, destrói as plantações e causa o assoreamento nascentes, além de diversos impactos diretos e indiretos ao meio ambiente e comunidades locais (MEDEIROS e SILVA, 2014; PINTO, et al., 2020; SANTOS e NASCIMENTO, 2021; PANAGOS, et al., 2018; ASSERAR, et al., 2020; BARMAN, et al., 2020; Xavier et al., 2019).

Ressalta-se que tal fator pode se agravar em áreas com elevada declividade, visto que o relevo influencia diretamente no direcionamento do escoamento da água, gerando uma problemática que vai além da perda dos insumos agrícolas, pois pode causar deslizamentos em áreas com residências. O processo que envolve o transporte de sedimentos deve ser estudado detalhadamente para se poder determinar as técnicas corretas a serem utilizadas para a conservação dos solos baseada na utilização de cobertura vegetal. A proteção atribuída ao solo pela vegetação será responsável por minimizar o escoamento superficial, pois proporciona uma elevação considerável na capacidade de infiltração no solo, além de elevar os nutrientes seus nutrientes, evitando gastos extras com fertilizantes sintéticos (CARVALHO e SCOPEL, 2018). Outro ponto importante deve-se ao fato de que a vegetação em estágio avançado de desenvolvimento protege o solo da ação dos raios solares, assim evitando a perda de dióxido de carbono presente nas camadas do solo, queimadas, perda de produtividade, dentre outros (CASTRO, 2017; LUCENA, 2019).

Em regiões com alta declividade, as florestas são responsáveis diretamente pela proteção do solo, principalmente áreas com curvas de nível elevadas como as encostas dos morros (AMORIM, et al., 2001; SILVA, 2019; SANTOS, et al., 2020). Vale destacar que a vegetação proporciona a proteção e manutenção do solo superficial que poderia ser perdido nos processos erosivos, mantêm altas taxas de evapotranspiração, interceptação e infiltração, além de manter o equilíbrio da ciclagem de nutrientes por meio da serapilheira que desempenha papel importante na distribuição e absorção de nutrientes pelo solo (ANDRADE; COSTA; FARIA, 2000; CALDEIRA, et al., 2007; MATEUS, et al., 2013).

Na busca por modificação dos sistemas agrícolas convencionais, surgem técnicas eficientes que tem se destacado em diversos países, isso deve-se as exigências da sociedade por produtos de qualidade desenvolvidos em áreas que preservem o meio ambiente (NARCISA-OLIVEIRA, et al., 2018; BORTOLON, et al., 2019). Dentre as técnicas pode-se destacar os sistemas agroflorestais, sistemas lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e sistemas conservacionistas (KICHEL, et al., 2019; LENCI, et al., 2018; EDVAN, 2018), pois proporcionam o melhoramento da fertilidade do solo, o controle da erosão, além de gerar subsídios econômicos para os produtores agrícolas.

No Brasil o sistema agroflorestal tem se sobressaído sobre os demais por proporcionar a recuperação de uma área degradada e geração de renda a médio e longo prazo (DA SILVA, et al., 2021; CORDEIRO, et al., 2018; EWERT, et al., 2021). Essa mudança de paradigma agrícola trará um melhoramento constante de todo o meio ambiente,

evitando perdas econômicas e sociais. Estudos científicos revelaram que a erosão do solo pode ser reduzida em pelo menos dez vezes com a utilização de sistemas moldados em processos de regeneração, pois os mesmos proporcionam uma proteção constante aos recursos naturais das áreas agrícolas (YOUNG, 1989; YOUNG, et al., 1997; YOUNG, et al., 1990; DOLLINGER e JOSE, 2018; MUCHANE, et al., 2020).

Porém, antes de decidir quais métodos serão utilizados para determinada área agrícola, se faz necessário conhecer a fundo todos os componentes climatológicos e utilizações passadas de todo o ambiente, além de considerar a questão socioeconômicas dos agentes envolvidos. Posteriormente, será possível selecionar cuidadosamente as culturas que poderão ser plantas e, em simultâneo, as melhores espécies de árvores, desde modo o projeto alcançará uma eficiência elevada tanto dos aspectos ambientais como econômicos.

Os métodos a serem utilizados, devem ser modificados a depender do local que serão aplicados, pois, deve-se considerar as fragilidades que podem interferir no desenvolvimento da produção agrícola. Dentre áreas que apresentam fatores de suscetibilidade a erodibilidade do solo após a retirada da vegetação, destacam-se regiões de brejos de altitude (PÔRTO; GERMANO; BORGES, 2004; CABRAL, et al., 2004; RODRIGUES, et al., 2008; DE LIMA MARQUES, et al., 2017).

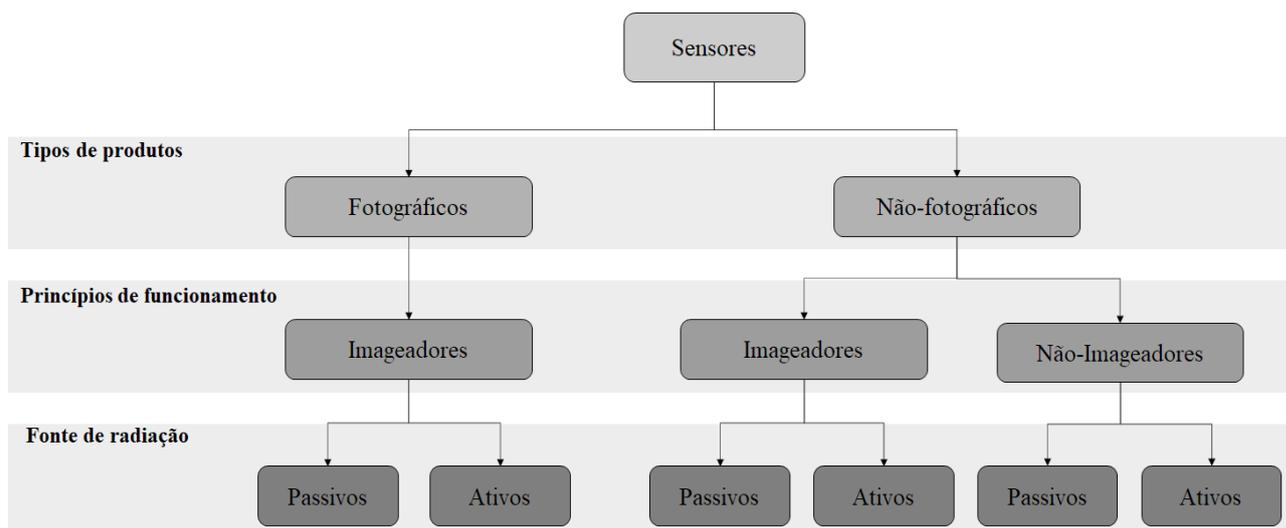
Com vistas a proporcionar o melhoramento agrícola desses locais, se faz necessário a utilização de métodos moldados da agricultura de conservação por elevarem a fertilidade do solo e o proteger de ações climáticas e erosivas. Vale ressaltar que a união de processos pode intensificar e melhorar a recuperação de uma área em meio a produção de alimentos.

Considerando que os elementos do relevo podem interferir diretamente na definição do sistema agrícola a ser utilizado em áreas com elevada declividade, deve-se ampliar o leque de possíveis interferências como chuvas intensas, categoria de solo, disponibilidade hídrica, nível de vegetação e degradação local, além do nível de elevação do declive da área em questão (DE SANTANA e SILVA, 2020; FRANÇA, et al., 2020; MONTEIRO, 2021). Alguns trabalhos desenvolvidos nestes locais demonstram a viabilidade da utilização dos sistemas agroflorestais por relacionar a produção de alimentos de boa qualidade com os princípios de preservação ambiental e retorno econômico. Por proporcionar uma diversificação das culturas plantadas, este sistema.

3.5. Sistemas sensores

A análise dos objetos que se deseja monitorar só será possível após a compreensão dos comportamentos espectrais que serão reportados, sendo assim, se faz necessário a utilização de equipamentos modernos e eficientes (LIU, 2015; RAMOS INÁCIO; VIEIRA BARBOZA; FREIRE BRUNO, 2020). Com isso, pode-se destacar que os sistemas de sensores utilizados no processo de mapeamento são caracterizados como equipamentos capazes de detectar e registrar a energia emitida pelos objetos no espectro eletromagnético, convertê-la em um sinal registrável que posteriormente possa ser interpretado, assim, gerando um produto com dados relevantes (SARIF et al., 2022; ISLAM et al., 2022). Vale ressaltar que esses equipamentos após um processo de refinamento, começaram a ser desenvolvidos em tamanhos menos, proporcionando a sua acoplagem a plataformas de deslocamento, que podem estar em nível orbital, sub-orbital e terrestre, podendo ser gerados, classificados e ordenados em conformidade a sua forma de geração (Figura 1) (TEOTIA et al., 2003; MOREIRA, 2011; FONSECA; HERMANO, 2016; MACHADO et al., 2022).

Figura 1 - Classificação dos sistemas sensores

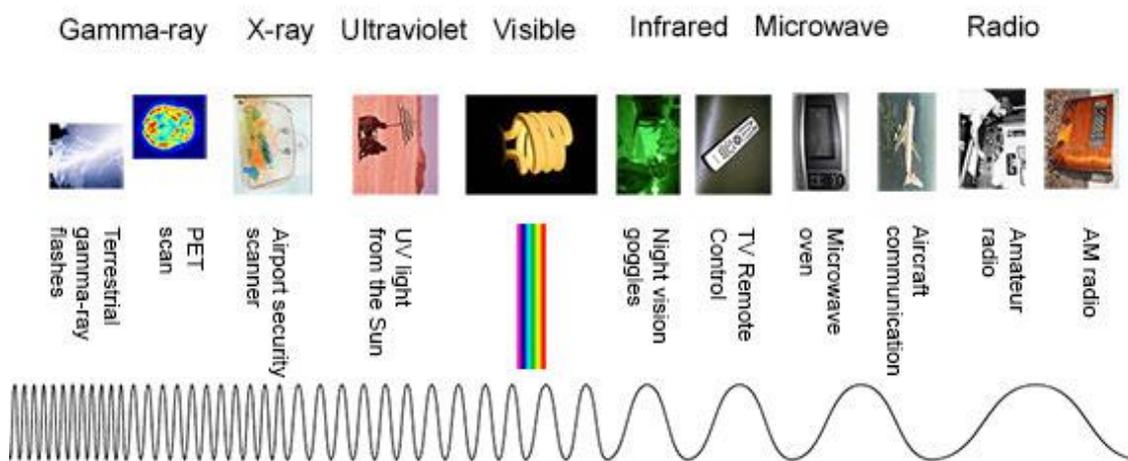


Fonte: Adaptado de Moreira (2011) e DacioJose (2019)

Como apresentado na figura anterior, o sistema que incorpora os sensores é subdividido em sistema fotográficos e não fotográficos, com uma diferença marcante entre os mesmo, que refere-se a forma como se dará o registro e obtenção da radiação eletromagnética (REM). Nos sensores fotográficos a captura da radiação eletromagnética (REM) é contínua e analógica, ou seja, uma metodologia de natureza fotoquímica, com

registro em filme (FREITAS; LONGO; RODRIGUES, 2009; YOSHIMURA, 2009). Já os sensores não-fotográficos convertem a radiação eletromagnética em sinais elétricos. Em relação aos seus princípios de funcionamento, os sistemas são divididos em imageadores e não-imageadores, sendo que o primeiro apresenta a radiação eletromagnética (REM) por meio de imagens e o segundo através de dados numéricos (DOS SANTOS; PADOLFI; RAMALDES, 2018). Vale ressaltar que a fonte de radiação desempenha um papel fundamental na obtenção do produto final, neste caso, os sensores são divididos em ativos que contam com uma fonte próprio de radiação eletromagnética (REM) e passivos que necessitam de emissores externas para conseguir excito (MENESES; ALMEIDA, 2012; BARBOSA; DE MORAES NOVO; MARTINS, 2019; FEITOSA, 2022). Para além do que foi exposto, ressalta-se que a radiação eletromagnética (REM) é uma transmissão energética que causa perturbações no campo elétrico e magnético da terra devido a aceleração das cargas elétricas, assim propagando-se do vácuo (MARTINS; PEREIRA; ECHER, 2004; LOURENÇO; LANDIM, 2004; FRANCISCO et al., 2015).

A finalização do processo de sensoriamento ocorre com a geração de um produto final pelos sensores, que poderá apresentar características diferentes em virtude de sua resolução, dentre as resoluções destaque-se a temporal, espacial, espectral e radiométrica. A resolução temporal aborda aspectos ligadas ao processo de representação do objeto pelo sensor, enquanto a resolução espacial apresenta maior detalhamento dos objetos visto que consegue distinguir seus diferentes tamanhos em meio a superfície terrestre. Já a resolução espectral é considerada a mais específica pois depende diretamente do espectro eletromagnético (Figura 2) de cada sensor. Por fim temos a resolução radiométrica que proporciona a obtenção de energias, sendo geradas por processos de reflexão e /ou emissão (ANTUNES, 2001; FLORENZANO, 2007; GIACOMONI; MENDES, 2008; MAEDA et al., 2009; SHIMABUKURO; MAEDA; FORMAGGIO, 2015; LIU, 2015).

Figura 2- Espectro eletromagnético

Fonte: NASA (2013)

3.6. Monitoramento terrestre por sensoriamento remoto de radar

Com o desenvolvimento dos sensores através de melhorias tecnológicas, a forma de observação da Terra passou por um processo revolucionário, reformulando as técnicas de mapeamento e monitoramento, assim, facilitando a obtenção de dados relativos aos ecossistemas terrestres (NETA; DA COSTA FREITAS; DUTRA, 2010; JESUS; KUPLICH, 2021). Vale ressaltar que os dados utilizados na descrição detalhada das diferentes classes de uso e ocupação de solos e no monitoramento das florestas, são obtidos tradicionalmente de sensores que trabalham com a faixa óptica do espectro eletromagnético (ALVARADO et al., 2017; LIU et al., 2019). Porém, a utilização de dados de radar tem crescido em relação aos dados ópticos devido a sua praticidade pois seu funcionamento independe da necessidade de iluminação solar e das condições atmosféricas do local (MIGUEL; RENNÓ, 2020; DA SILVA; DE CAMARGO; DA SILVA ALVES, 2023).

No cenário nacional, a utilização de dados ópticos se destaca por meio das imagens do satélite Landsat, sendo a principal referência nos processos de voltados ao monitoramento e mapeamento da cobertura vegetal dos biomas brasileiros (FERREIRA et al., 2008; GANEM et al., 2020). Pode-se destacar alguns marcos nacionais relativos ao monitoramento vegetal dos biomas brasileiros, como:

- I. Elaboração de um mapeamento em 2006 pela MMA referente ao ano de 2002 englobando a situação da vegetação em todos os biomas brasileiros (FREIRE; SILVA; MOURA, 2015).

- II. Acordo de cooperação técnica firmado em 2008 entre entidades governamentais (MMA, IBAMA E PNUD) com a finalidade de desenvolver e aplicar um programa de monitoramento do desmatamento em todos os biomas brasileiros com o auxílio de dados de satélite, visando a quantificação do nível de perda da vegetal nativa nesses ambientes (ROSA, 2011). Por meio desses dados, seria possível aplicar ações de fiscalização e combate ao desmatamento ilegal (SALAMI et al., 2022; DA SILVA CARNEIRO et al., 2022).

Em virtude de sucessivos problemas ligados ao desmatamento ilegal na Amazônia, o governo brasileiro em conjunto com instituições ambientais, intensificou o monitoramento de desmatamento com o auxílio dos programas de pesquisas espaciais PRODES e o DETER (DUARTE et al., 2007). Em funcionamento desde 1988 o PRODES calcula anualmente as taxas de desmatamento baseando-se em imagens de satélite da série Landsat (DE SOUSA MASCARENHAS; BROWN; DA SILVA, 2018).

Em contrapartida, o DETER com funcionamento iniciado em 2004 pelo INPE, utiliza um sistema de detecção de focos de desmatamento em tempo quase real, tal fato deve-se ao sensor *Moderate Resolution Imaging Spectrometer* (MODIS) e ao sensor RESOURCESAT-2 AWIFS (DE ALMEIDA et al., 2017). Ressalte-se que tais informações são extremamente importantes pois auxiliam diretamente no suporte a fiscalizações de combate ao desmatamento ilegal realizado pelo IBAMA, além de subsidiar estudos acadêmicos voltados ao monitoramento da perda de vegetação em áreas específicas (MAURANO; ESCADA; RENNO, 2019; LEAL, 2021).

3.7. Sensoriamento remoto

A obtenção de dados por meio do sensoriamento remoto foi desenvolvida através de formas diferentes, dentre as quais se destacou a *fotogrametria*, caracterizado pela montagem de câmeras em aeronaves. Porém só recebeu sua primeira definição após a publicação das primeiras edições do *Manual of Photogrammetry*, ficando conhecida mundialmente como “a arte ou ciência de obter medidas confiáveis por meio da fotografia” (THOMPSON et al., 1966; WOLF; DEWITT; WILKINSON, 2014; WIGLEY et al., 2019). Com isso, outras definições foram surgindo no decorrer dos anos devido ao avanço tecnológico, tanto é que em 1960 o estudioso Colwell definiu o estudo das imagens por meio da interpretação, como sendo um processo minucioso de extrair

informações que pudessem ser utilizadas para identificar diversos objetivos e determinar a sua importância.

Desenvolvido no início da década de 60 pela geografa Evelyn L. Pruitt e seu colaborador Walter H. Bailey, o sensoriamento remoto revolucionou o estudo dos aspectos terrestres por conter técnicas e métodos que possibilitam obter um conjunto de dados científicos de diferentes alvos sem a necessidade de contato físico com o mesmo. Ressalta-se que a comprovação de tais informações podem ser realizadas posteriormente em campo. Por apresentar toas essas características, esse método de coleta de dados foram extremamente bem-sucedido para a época e com seu aperfeiçoamento, continuou relevante no decorrer dos anos até os dias atuais. Por apresentar porcentagens elevadas de respostas bem-sucedidas a diversos estudos, o sensoriamento remoto é amplamente utilizado estudos científicos, projetos de planejamento urbano, monitoramento de queimadas, supressão de vegetação, ações militares, entre outras aplicações (RUNDQUIST; HARRINGTON-JR., 1986; USTIN; GAMON., 2010; CAMPBELL; WYNNE., 2011).

O desenvolvimento de equipamentos ópticos em 1839, que após seu aperfeiçoamento no decorrer de 20 anos possibilitou a obtenção do primeiro registro fotográfico em 1859. Além desses marcos, pode-se incluir ainda o incremento das teorias clássicas do eletromagnéticos que moldou os anos de 1854 a 1879, assim como o aprimoramento da aerofotografia e posteriormente a criação dos radares de longo alcance e pôr fim a criação e ampla utilização dos sensores infravermelhos. Devido a sua influência, tais tecnologias influenciaram os fundamentos do sensoriamento remoto, assim, sendo consideradas fundamentais. Porém apenas entre os anos 1957 e 1975 que ocorreu o ápice do processo monitoramento remoto moderno, tal fato, está diretamente ligado ao envio de satélites artificiais para o espaço com o intuito de obter novas informações sólidas sobre o planeta terra (MELESSE et al., 2007; TRIVEDI, AYUSHI et al. 2022).

Como pioneira no desenvolvimento de satélites a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), em 1957 enviou ao espaço o rudimentar Sputnik-I, ressalta-se que o mesmo tinha o objetivo de examinar a capacidade máxima de envio cargas essenciais para o espaço. Assim, não influenciando diretamente questões relativas ao sensoriamento remoto. Todavia, em 1960 com o desenvolvimento e envio do satélite meteorológico *Television Infrared Operational Satellite* (TIROS-1) pelos Estados Unidos da América (USA) ao espaço, iniciou-se o processo de monitoramento remoto em escala

global, pois possibilitou a obtenção de novos registros meteorológicos sobre a superfície terrestre (MANNA, 1985).

O próximo passo realizado pelo país aconteceu em meados de 1972 com o lançamento do satélite *Earth Resources Technology Satellite* (ERTS-1), que continha sensores altamente eficientes em monitorar e reportar dados ambientais, que posteriormente foram analisados e publicados como fonte de pesquisa para a comunidade mundial (MANNA, 1985; DAVIS, 2007; TIAN et al., 2022). Em virtude de sua elevada eficiência, posteriormente foi renomeado para Landsat-1, assim, sendo o primeiro de seu nome, que com o passar dos anos foi sendo reformulado em virtude do surgimento de novas tecnologias. Ressalta-se que o satélite em questão foi o mais bem sucedido da história em monitorar aspectos terrestres (THOMSON; HARDIN, 2000; MELESSE et al., 2007).

O avanço tecnológico vem moldando os aspectos ligados ao sensoriamento remoto, proporcionando a obtenção eficiente de dados que podem ser utilizados no âmbito comercial, civil, científico, dentre outros (SOUZA; CORREIA, 2007; VARNIER, 2022; SCHLEICH; DA ROCHA FILHO; LAHM, 2022; WEIS, 2022).

Ressalta-se que mediante a comunidade científica, o sensoriamento remoto só recebeu uma definição formal quando a *American Society of Photogrammetry and Remote Sensing* (ASPRS) determinou que o mesmo seria conhecido como “a medição ou aquisição de alguma propriedade de um objeto ou fenômeno, por um dispositivo de registro que não esteja em contato físico ou íntimo com o objeto ou fenômeno em estudo” (COLWELL, 1983; RENCZ; RYERSON, 1999).

À medida que os especialistas nas áreas de fotogrametria e sensoriamento remoto foram unindo seus estudos, começaram a notar as diversas semelhanças e como poderiam unir os dois processos, a partir dessa discursão, em 1988, a *American Society of Photogrammetry and Remote Sensing* (ASPRS) decidiu adotar uma definição que englobasse os componentes citados anteriormente, assim, ficando conhecidos popularmente como a científica tecnologia que conseguia obter dados relevantes e confiáveis através da análise de objetos dispersos sobre o a terra (WONG, 1980; CONGALTON; GREEN, 2019).

As definições relativas as formas e critérios envolvidos na definição de sensoriamento remoto apresentam visões diferentes de acordo com a literatura (FIGUEIREDO, 2005). Porém a mais aceita está relacionada a forma de obtenção de dados, ou seja, o sensoriamento remoto é a ciência moldada na assimilação de dados de

determinado objeto, área ou fenômeno por intermédio de sensores sem ter contato direto com o artefato pesquisado (FLORENZANO, 2007). Vale destacar que tal ciência utiliza um processamento de dados que proporcionam o entendimento e monitoramento de eventos ambientais, fenômenos climáticos, ações antrópicas, dentre outros que ocorrem na superfície terrestre (MENESES; ALMEIDA, 2012; DOS SANTOS; SANTO-BRASIL, 2013). Tal fato deve-se a forma de registro e análise das interações que ocorrem entre a radiação eletromagnética (REM) e as substâncias que a compõem (FEITOSA, 2022; DOS SANTOS, 2022; MOREIRA; NUÑEZ, 2023).

A utilização do sensoriamento remoto sofreu modificações positivas à medida que foram surgindo novos equipamentos, como os sensores sofisticados que conseguiam quantificar a energia eletromagnética através da emissão gerada pelos objetos, assim, obtendo dados importantes que posteriormente eram tratados com modelagem matemática e/ou estatística para serem utilizados em estudos cinéticos (GREEN; KEMPKA; LACKEY, 1994; WESTAWAY; LANE; HICKS, 2001; RITCHIE; ZIMBA; EVERITT, 2003).

3.8. Formatos das imagens digitais

Outro ponto que necessita de atenção quando se fala em estudo de imagens é a configuração de como o arquivo foi armazenado, pois dependendo das suas características pode apresentar dados diferentes para cada formato. Dentre os formatos binários mais utilizados pela comunidade científica destacam-se (BALRAM, 2003; BOSSLER et al., 2010; DRAGICEVIC, 2010):

1. Sequencial por banda (BSQ): consegue armazenar os dados separadamente, onde cada “banda” será responsável por determinadas informações. Assim, no momento da análise dos dados, cada fragmento espectral pode ser acessado separadamente.
2. Intercalado por *pixel* (BIP): processo pelo qual os dados são armazenados em um único arquivo, conhecido popularmente como *pixel*.
3. Intercalado por linha (BIL): diferentes dos demais, esse formato é composto por dois elementos de armazenamento o BSQ e o BIP. Neles, dados de cada banda são destruídos em linhas adjacentes contidas dentro de uma mesma imagem. Ressalte-se que esse formato de imagem é definido como TIFF (*tagged image file format*), sendo responsável pelo armazenamento de imagens tanto em tons de cinza como em tons coloridos.

3.9. Correção atmosférica

Como o processamento de imagens de satélite é complexo, necessita de muita atenção visto as distorções radiométricas podem interferir na acurácia dos dados, uma vez que distorcem por completo as imagens. Tal fato está diretamente ligado aos componentes presentes na atmosfera como aerossóis, gases atmosféricos e vapor de água, pois esses elementos provocam uma ruptura do sinal que pode ser captado por sensores remotos. Dessa forma, para que tais imagens possam ser utilizadas será necessário a aplicação do método de correção atmosférica, ou seja, a realização de uma limpeza da imagem, que irá minimizar os erros e restaurar a radiância da superfície (MARANHÃO et al., 2017; STATELLA; SOUTO; PEREIRA, 2019; IMPERATORE, 2021).

A correção de erros atmosféricos é considerada por diversos especialistas como sendo de suma importância e indispensável em muitos casos, uma vez que consegue minimizar os componentes que podem interferir diretamente no processamento apropriado das imagens orbitais (GUO; ZENG, 2012; DA CRUZ WEISS et al., 2015; SOLA et al., 2018). Dentre os efeitos positivos dessa limpeza pode-se citar a atenção nos componentes da imagem (brilho, contraste, nitidez, dentre outros), progresso no registro digital feito pelo sensor e melhoria dos dados em relação a superfície. Caso seja necessário a verificação do resultado da aplicação da correção atmosférica, deve-se observar como está o comportamento das curvas de assinatura espectral dos objetos presentes nas imagens utilizadas durante o processo (MAHINY; TURNER, 2007; KIM; LEE, 2022; QIU et al., 2023).

Com o surgimento de sensores modernos, as ferramentas e técnicas de correção atmosférica precisaram passar por reformulações para se adequarem as novas tecnologias, com isso a limpeza de imagens tornou-se mais prática e eficiente. Além disso, os softwares empregados nesse processo começaram a ter atualizações frequentes à medida que os especialistas descobriam melhorias e/ou erros em seu código de execução. Para além do que foi exposto, destaca-se que o pré-processamento digital é essencial para o monitoramento correto da superfície terrestre uma vez que consegue reorganizar os dados e com isso calibrando a escala radiométrica utilizada para a correção final das imagens (ROY; INAMDAR, 2019; LI et al., 2020)

Por serem amplamente utilizados em estudos relacionados à vegetação, os índices espectrais NDVI, NDWI e NDSI necessitam da correção atmosférica para terem dados com elevada qualidade. Visto que tais índices são afetados diferentemente pelos componentes presentes da atmosfera. Os procedimentos utilizados para a correção de

imagens multiespectrais caracterizam-se por conseguirem obter valores únicos para imagem corrigida, ou seja, os dados encontrados apresentarão componentes específicos de fácil interpretação e utilização. No meio cinético esse método é conhecido como ordinário discreto tendo como base de formação a calibração linear. Porém, com o desenvolvimento dos imageadores por espectroscopia houve uma mudança na utilização dos modelos de correção, com o método distribuído se difundindo rapidamente por conseguir proporcionar um tratamento específico de cada pixel da imagem separadamente (CLATORRE et al., 2001; ARVALHO JÚNIOR et al., 2002; ZHANG et al., 2022).

Dentre os métodos utilizados durante o processo de correção, destacam-se (SAINI; TIWARI; GUPTA, 2016; BAPTISTA; VIVALDI; MENESES, 2016; RANI; MANDLA; SINGH, 2017):

1. Empíricos: realização da avaliação dos dados através das feições específicas presentes em cada banda espectral por meio dos números digitais presentes nos pixels das imagens;
2. Físicos: considera em seu processo de correção as características ópticas da atmosfera, como a dinâmica que ocorre entre a radiação presente na atmosfera e a superfície.

Perante a ciência, os métodos apresentados são baseados na teoria da transferência radiativa (MUCHSIN et al., 2019; GARTLEY et al., 2022), tendo como principal objetivo proporcionar uma correção edificante dos efeitos atmosféricos responsáveis por interferir diretamente na qualidade das imagens, para tanto, considera toda a complexidade e em alguns casos o desconhecido em relação a atmosfera.

3.10. MAPBIOMAS

Diante da necessidade de aprimorar o monitoramento ambiental do território brasileiro, o Observatório do Clima (OC) desenvolveu uma rede que reuniu diversas entidades da sociedade civil, tendo como objetivo a discussão de questões relacionadas as consequências das mudanças climáticas para o Brasil (SALMI, 2022). Além de promover reuniões específicas com estudiosos da área, com a finalidade de buscar um compromisso sério por parte do governo brasileiro através da criação de políticas públicas de qualidade e efetivas sobre as mudanças do clima (OJIMA; MARANDOLA JR, 2010; OBSERVATORIO DO CLIMA, 2015).

Através dos estudos desenvolvidos por especialistas, o observatório do clima desenvolveu o Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG),

com vista a compreender todas as produções anuais de gases do efeito estufa produzidos no território brasileiro (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2014; DORTZBACH et al., 2021). Outros pontos que valem se ressaltado referem-se a análise de documentos sobre a evolução das emissões em solo brasileiro através dos anos e um portal interativo na internet para o acesso da comunidade em geral aos dados.

A geração das estimativas das Emissões dos Gases do Efeito estufa são realizadas de acordo com as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), tendo como base os dados adquiridos pelos Inventários Brasileiros de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa, organizado todos os anos pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Ressalte-se que para obter um compilado de dados com elevada eficácia, são englobados os estudos com relevância científica (OBSERVATORIO DO CLIMA, 2013).

Diante da necessidade da obtenção de uma plataforma prática e gratuita com dados atualizados sobre o mapeamento vegetacional do território brasileiro, em março de 2015 o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) realizou um seminário nacional em São Paulo, contando com a presença de especialistas renomados na área de mapeamento e sensoriamento remoto afim de resolver tal problema (OBSERVATORIO DO CLIMA, 2013). Após a conclusão dos debates realizados durante o evento, foi criado o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomias).

Em meio as discussões, os especialistas concluíram que a funcionalidade do programa estava diretamente ligada à sua elevada capacidade de processamento e automatização. Com vistas a alcançar êxito foi feito com um contato inicial com os responsáveis pelo Google, que possibilitou o desenvolvimento de uma cooperação técnica tendo como base a plataforma do Google Earth Engine (GEE). Assim, em meados de julho de 2015, na Califórnia ocorreu o treinamento de toda a equipe responsável pela geração de dados do MapBiomias sobre as funcionalidades do Google Earth Engine (MAPBIOMAS, 2016).

O projeto tem como principal função contribuir para o estudo e análise do uso e ocupação do solo em todo território brasileiro. Ressalta-se que a metodologia utilizada foi desenvolvida para ser prática, rápida, eficiente e de baixo custo, possibilitando a obtenção de mapas anuais de uso e cobertura do solo no Brasil com elevada qualidade. Além de possibilitar o desenvolvimento de uma rede de apoio de especialistas nos biomas

brasileiros. Destaca-se que a obtenção dos mapas citados anteriormente iniciou-se em 1985, permanecendo constante até os dias atuais (MAPBIOMAS, 2016).

Com o passar dos anos, o MapBiomass se difundiu em meio aos estudos científicos, ganhando notoriedade e reconhecimento. Dentre as características do programa, destaca-se (MAPBIOMAS, 2016):

- Vínculo com instituições ligadas diretamente aos biomas brasileiros;
- Obtenção de dados com elevado processamento através do Google Earth Engine;
- Plataforma aberta com processos eficientes e automatizados;
- Gratuidade dos dados, possibilitando a aplicação dos mesmo em outros países;
- Manutenção constante da plataforma, com vistas a incorporar novos dados obtidos pela comunidade científica.

Já em relação aos produtos que podem ser gerados através da plataforma do MapBiomass, com ênfase para os mais utilizados pela comunidade científica, destaca-se (MAPBIOMAS, 2016):

- Mosaicos gerados por meio de imagens de satélite com excelente representação, ou seja, boa qualidade de pixels, minimização de nuvens e redução de ruídos. Vale ressaltar que a resolução espacial dos mosaicos de imagens é de 30m. A seleção das imagens durante o ano pode variar dependendo da região e das condições climáticas. Os mosaicos são constituídos por 14 camadas, contendo diversas informações sobre o local analisado, além das bandas espectrais e as frações com características do solo, da vegetação, dentre outros.
- Mapas de cobertura e uso do solo do território brasileiro com legendas atualizadas com elevada riqueza de detalhes;
- Relatório anual com dados relevantes sobre o uso e ocupação do solo brasileiro;
- Plataforma interativa na web, onde o usuário pode acessar gratuitamente imagens, mapas e demais dados que podem ser exportados para sua utilização em diversas áreas. Vale ressaltar que por ser um ambiente interativo, pode-se ajustar os parâmetros pesquisados a cada região;
- Banco de dados atualizado e fácil acesso no site oficial.

3.11. *Google Earth Engine (GEE)*

A plataforma computacional *Google Earth Engine* desenvolvida pelo Google, engloba uma combinação de diversas imagens de satélites (series históricas de imagens

do Sentinel, Landsat e Terra MODIS) (JAHROMI et al., 2021). Os dados geoespaciais disponibilizados sem eu ambiente podem ser analisados em escala planetária (GORELICK et al., 2017). Vale ressaltar que o acesso a plataforma é gratuita, sendo disponível para todos os públicos, com destaque para pesquisadores, cientistas, entidades não governamentais e estudantes, com uma ampla utilização em trabalhos na nuvem. Para tanto, a plataforma possibilita uma interação diversificada com o usuário, tendo ferramentas que são capazes de transformar algo complexo em um produto de simples compreensão (JAIN et al., 2021). Pode-se citar como exemplo a ferramenta Code Editor que modifica os fluxogramas geoespaciais através da execução ou escrita de scripts (DE MACÊDO; SALES, 2017; TAMIMINIA et al., 2020; LIANG et al., 2020). Outro ponto importante refere-se à possibilidade de desenvolver aplicativos customizados através das linguagens de programação Python ou JavaScript (DE SANTANA AZEVEDO et al., 2021; MONTERO, 2021).

O uso do Google Earth Engine teve seu ápice de visibilidade perante a comunidade científica internacional através do monitoramento bem-sucedido da perda e ganho florestal da superfície terrestre, com exceção para os polos e ilhas do ártico (BROVELLI; SUN; YORDANOV, 2020; LIN et al., 2020). Tal trabalho só foi possível graças ao sistema Global Land Analysis & Discovery (GLAD), que monitora por meio da utilização de imagens do satélite Landsat a cobertura florestal da Terra, vale ressaltar que a resolução espacial com tais informações correspondem a 30m (FLORENZANO, 2016; PEREIRA; DE BRITO NUNES; DA SILVA ARAÚJO, 2021; JAHROMI et al., 2021).

A plataforma tem como principal objetivo a análise de dados ambientais. O grande acesso a plataforma deve-se ao fato de ela reunir em seu banco de dados mais de 40 anos de imagens de satélite. Além de proporcionar uma imersão em seu sistema, visto que a plataforma dispõe de diversas ferramentas e uma ampla capacidade de processamento (GOOGLE EARTH ENGINE, 2023).

Assim, proporcionando uma análise completa por meio da exploração de uma alta magnitude de dados. Segundo o *site* oficial da plataforma, as principais aplicações das ferramentas presentes no sistema, são utilizadas na classificação do uso e ocupação do solo, detecção de desmatamento, alterações na cobertura da terra, estimativas de áreas verdes, monitoramento dos índices de carbono e mapa manete de regiões afastadas com difícil acesso (GOOGLE EARTH ENGINE, 2023).

Os instrumentos de pesquisa que integram essa ferramenta, possibilitam um acesso ilimitado a um conjunto de dados geoespaciais sobre a cobertura global da terra (ZHANG; YUE; GUO, 2014). Tais informações são armazenadas e processadas pelo ambiente computacional disponibilizado pelo Google, uma parte desse ambiente é direcionado para o suporte e implementação dos algoritmos responsáveis pela análise e processamento dos dados geoespaciais com linguagens computacionais *Java Script* e *Python*. Vale ressaltar que as informações são armazenadas na nuvem para serem utilizadas posteriormente (GORELICK, 2013; ZLINSZKY; SUPAN; KOMA, 2017).

Dentre sensores geoespaciais disponíveis no catálogo do Google, destacam-se o LANDSAT, MODIS, NOAA e ASTER, como os mais utilizados para identificar as características da cobertura da terra, sendo ela regional e/ou global (KUMAR; MUTANGA, 2018). Além dos anteriormente citados, temos os produtos adquiridos através do MeaSURES que faz um compilado de imagens da superfície terrestre, tendo como principal objetivo a obtenção de dados com temporalidade, coerência e solidez perante a comunidade científica (LEPRINCE et al., 2008; MENG et al., 2021). Para além do que foi exposto, por ser um sistema interativo, durante a sua utilização, o usuário tem a opção de enviar seus dados para serem assimilados e processados.

Devido as suas características, o GEE classifica-se como PaaS (*Platform as a Service*), pois consegue disponibilizar para especialistas, uma plataforma de programação eficiente e uma base de dados completa com informações geoespaciais, que podem ser utilizadas em suas pesquisas e publicações. Tal plataforma caracteriza-se por proporcionar um ambiente construído em nuvem, ou seja, o usuário pode desenvolver, testar e executar diversas tarefas sem a necessidade de acesso a uma infraestrutura computacional física ou *software* (GORELICK et al., 2017; LIANG et al., 2021; GXOKWE; DUBE; MAZVIMAVI, 2022).

Estudos realizados por Hansen et al. (2013), comprovaram por meio da análise de imagens Landsat de 2000 a 2012 que houve uma perda de 2,3 milhões de km² de floresta, aproximadamente 192 mil km² por ano. Em contrapartida, o ganho florestal nesse período foi de apenas 0,8 milhões de km². Com isso, pode-se constatar que as áreas desmatadas não conseguem de regenerar, evidenciando os impactos negativos em relação ao meio ambiente (TROPEK et al., 2014; ARÉVALO et al., 2020).

Estima-se que, se a degradação ambiental das florestas continuar, a cobertura global do dossel das árvores pode diminuir em 223 milhões de hectares até 2050, com a grande maioria das perdas ocorrendo nos trópicos (BASTIN et al., 2019).

3.12. *Google Drive*

Dentre as plataformas que disponibilizam espaços na nuvem para o armazenarem dados, destaca-se o *Google Drive* que além de gratuito, tem um ambiente de trabalho simples e organizado. Por meio deste, é possível importar e exportar arquivos de diferentes extensões, além de vídeos e fotos. Outro ponto que deve ser abordado refere-se ao fato de o Google Drive ser disponibilizado no formato de aplicativo móvel, podendo ser instalado em aparelhos compatíveis sem interferência do sistema operacional, com isso, o usuário pode acessar seus documentos a qualquer momento sem a necessidade de um computador e/ou notebook. Ressalte-se que por ter essas facilidades, os arquivos podem ser compartilhados e usados ao mesmo tempo em diferentes regiões do planeta terra (SANTOS; SANT'ANA, 2019; ARNOLD; ZANELLA, 2022).

A plataforma do Google Drive se destaca entre os aplicativos com opções na nuvem por disponibilizar a seus usuários, uma parcela gratuita de 15 GB para serem utilizados de acordo com as suas necessidades, caso necessite de mais espaço, deve-se pagar (AGUS; DESTIAWATI; DHIKA, 2019; IBNUTAMA; WINATA; HUTASUHUT, 2019).

3.13. *Avaliação da Qualidade dos Dados*

A qualidade dos dados presentes em um mapa, deve-se levar em consideração dois pontos principais, a posição em relação ao local analisado e a temática. Enquanto o primeiro ponto está diretamente relacionado a acurácia dos dados presentes na posição das feições do mapa em relação ao local real, o segundo ponto está relacionado aos atributos designados para cada feição contida no mapa, assim, sendo imprescindível a avaliação das classes que foram mapeadas e disponibilizadas no mapa com a realidade. Diante de qualquer estudo que envolva a produção de mapas, é necessário levar em consideração três pontos, sendo eles (CONGALTON; GREEN, 2019; KATAGIS; GITAS, 2022):

1. Desenho da amostragem de avaliação da acurácia;
2. Coleta de dados para cada amostra;
3. Análise dos resultados.

Porém para evitar erros e elevar a acuraria dos dados, é recomendável a aplicação de processos avaliativos que proporcionem como resultado final a aferição correta da classificação usada no mapa. Caso seja necessário medir a eficiência do mapeamento, faz-se necessário à validação dos dados em campo, pois a partir daí pode-se comparar os

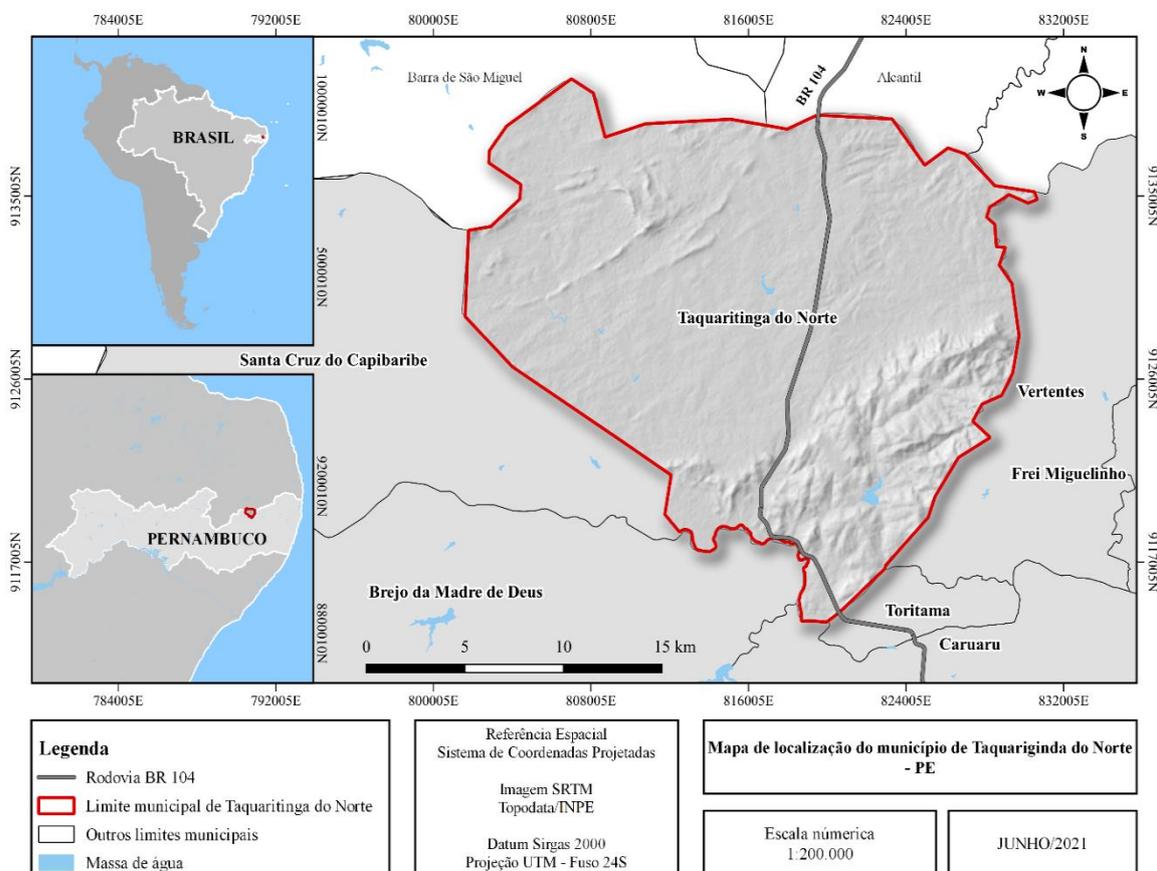
resultados a fim de identificar possíveis disparidades (MLENEK et al., 2019; BARBOSA et al., 2020; CHENG et al., 2020).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de Estudo

A região onde a pesquisa foi desenvolvida localiza-se no Semiárido nordestino, agreste do estado de Pernambuco no município de Taquaritinga do Norte (Figura 3). Compreende uma área de 475,18 Km² (RIBEIRO et al., 2018) com uma população estimada em 29.127 habitantes (IBGE, 2020), situando-se na Mesorregião do Agreste Pernambucano, na microrregião Alto Capibaribe, mais precisamente na Região de Desenvolvimento designada como Agreste Setentrional.

Figura 3 - Localização do município de Taquaritinga do Norte-PE



Fonte: IBGE (2019).

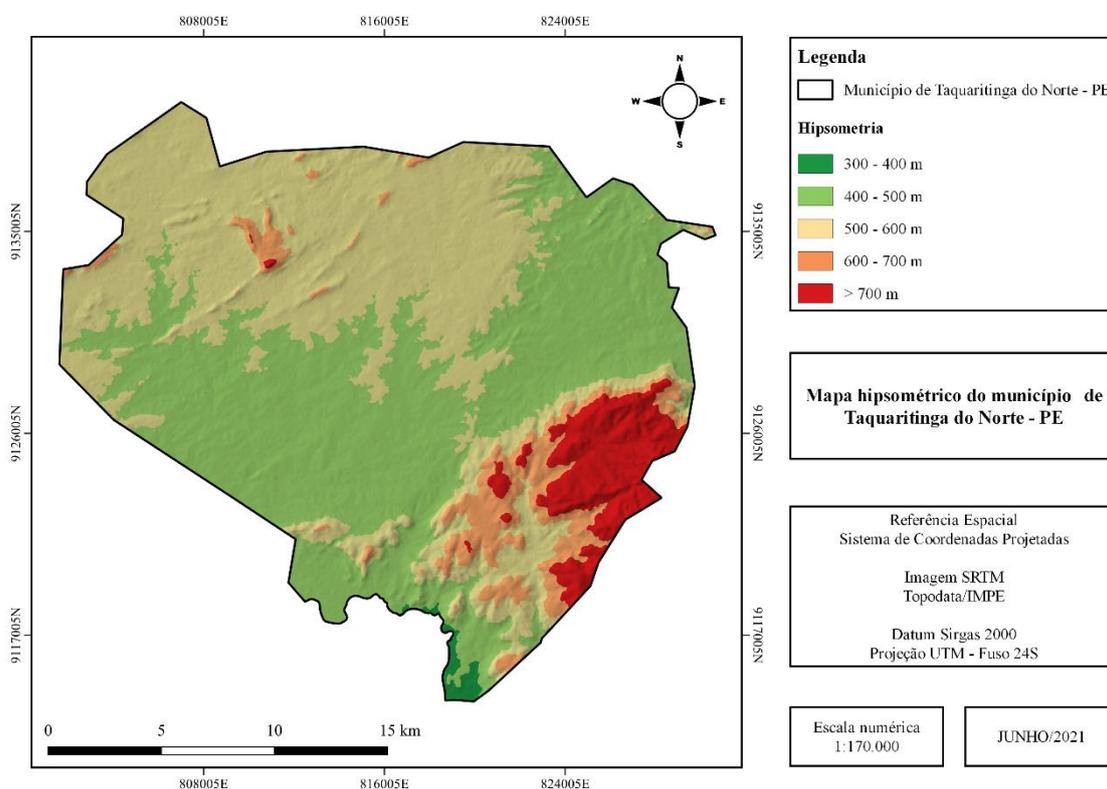
Elaboração: Autor (2021).

O município faz fronteira com o estado da Paraíba, além de ter seus limites finalizados pelos municípios pernambucanos de Brejo da Madre de Deus, Caruaru, Toritama e Vertentes (TAQUARIRINGA DO NORTE, 2006). Já a sede municipal

encontra-se a 07 Graus 54 min e 11 segs. de latitude sul e 36 Graus 02 min e 39 segs. de longitude oeste, a aproximadamente 92 km da capital pernambucana (TAQUARIRINGA DO NORTE, 2006; IBGE, 2011).

Taquaritinga do Norte situa-se na região mais elevada da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, por tal aspecto hídrico, a região apresenta em seu território um rico sistema de rios intermitentes e nascestes, especialmente em áreas de serras com elevada proporção de vegetação (CPRM, 2005). Dentre as características geomorfologias, o local de estudo está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema (RODAL et al., 2005; TAQUARIRINGA DO NORTE, 2006), com altitude que variam entre 360 a 560 metros em áreas de pediplano e 660 a 1.030 metros nas áreas de serra (INPE, 2008) (Figura 4).

Figura 4 -Mapa hisométrico do município de Taquaritinga do Norte-PE



Fonte: INPE (2008).

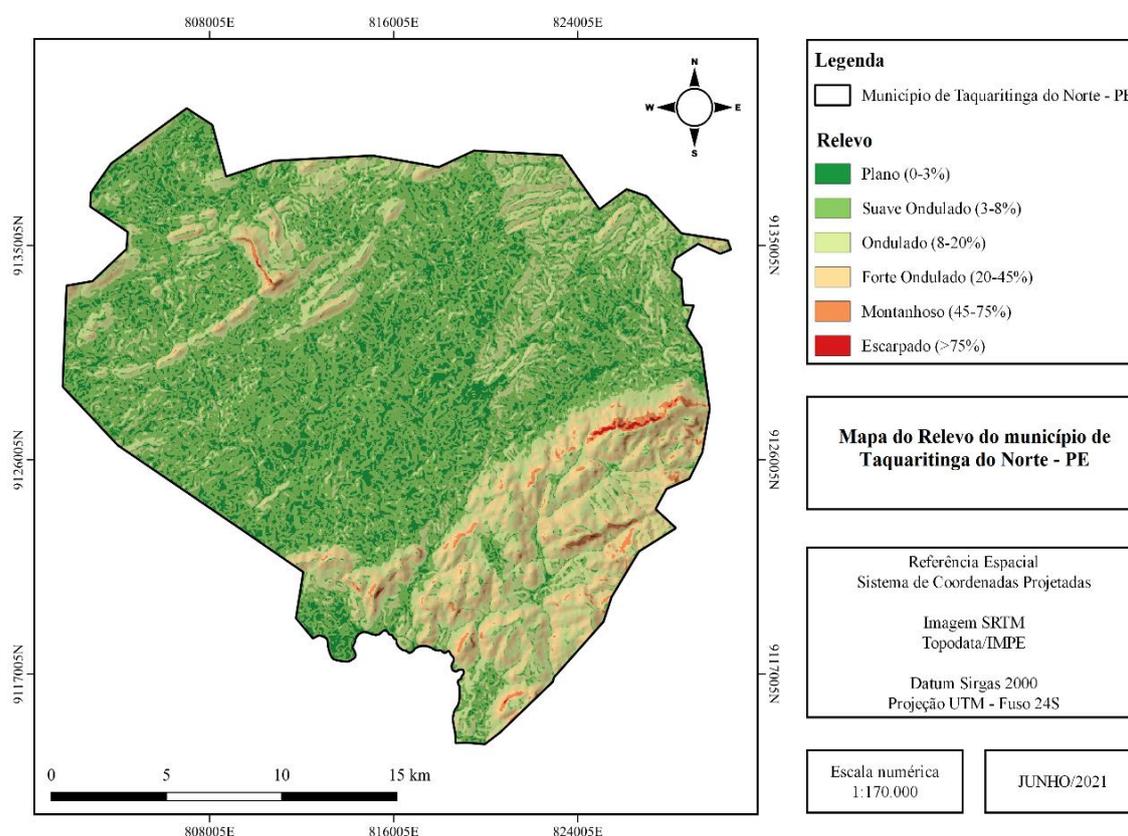
Elaboração: Autor (2021).

Em relação aos componentes climáticos e vegetacionais, o território municipal apresenta influência do clima Tropical Chuvoso, com verão seco, e vegetação variando das formações predominantes de floresta subcaducifólia e floresta caducifólia e nas áreas mais altas por floresta subperenifólia (CPRM, 2005; RODRIGUES et al., 2008;

BARBOSA et al., 2018). Vale ressaltar que por apresentar características diferentes das demais regiões do agreste pernambucano, o município apresenta temperaturas amenas com média de 28 °C, além de proporcionar um período chuvoso atípico que se concentra nos meses de março a julho, com uma precipitação média anual de 1.200 mm (SILVA, 2016).

A região em estudo está contida em uma formação de Brejo de Altitude, caracterizado pela presença de relevo suave ondulado a forte ondulado (RODRIGUES et al., 2008). Com vistas a identificar aspectos relacionados ao relevo, foi possível constatar que a região em estudo apresenta características que variam entre o plano (0-3%) e escarpado (>75%) (IBGE, 2007) (Figura 5), com predominância de áreas com relevo ondulado.

Figura 5 - Mapa do relevo do município de Taquaritinga do Norte-PE



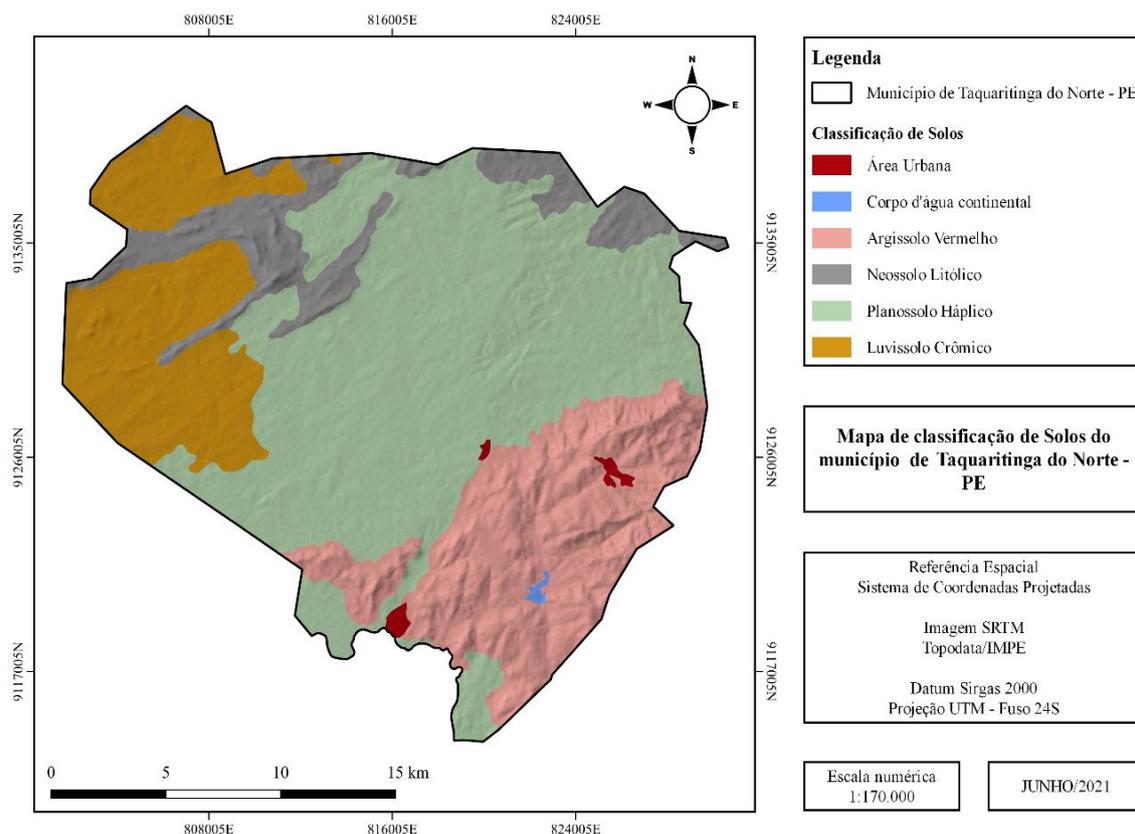
Fonte: INPE (2008); IBGE (2007).

Elaboração: Autor (2021).

Perante seus benefícios e propriedades climáticas o brejo de altitude de Taquaritinga do Norte passou por um extensivo processo de degradação ambiental, com a retirada da vegetação nativa para a implantação de uma agricultura convencional. Diante

dos aspectos moldados pelas características diversificadas do relevo, a cobertura pedológica do município apresenta uma parcela significativa de solos profundos, assim, sendo favorável a implantação e desenvolvimento de sistemas agroecológicos. Ressalta-se que outros fatores influenciam nesse processo, como o desenvolvimento florestal denso e a manta orgânica abundante nos horizontes superficiais do solo. Destaca-se que a região é constituída por solos pertencentes as classes dos Argissolos Vermelhos, Neossolo Litólico, Planossolo Háptico e Luvissolo Crômico (IBGE, 2021) (Figura 6).

Figura 6 - Mapa de classificação de solos do município de Taquaritinga do Norte-PE



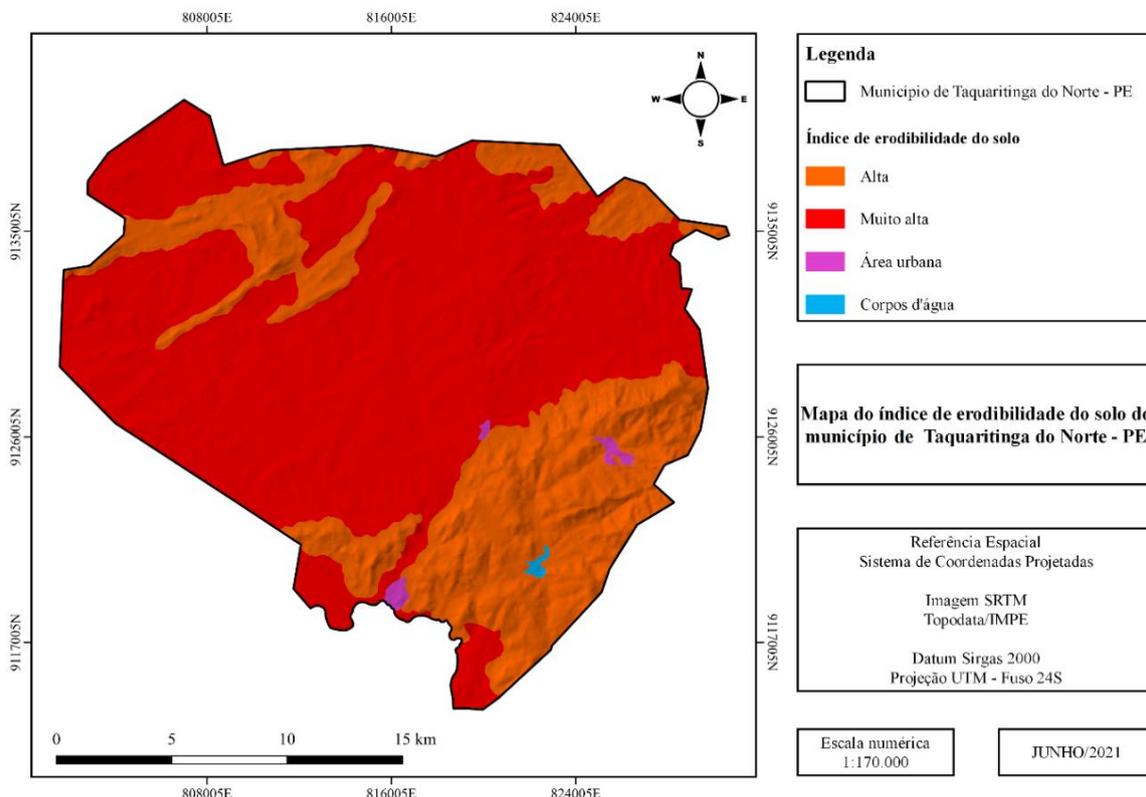
Fonte: IBGE (2021).

Elaboração: Autor (2021).

A sede do município está inserida em uma área com predominância de Argissolos, dentre suas características destaca-se que o mesmo tem suscetibilidade a processos advindos do intemperismo e erosão, além disso, estão diretamente ligados ao desenvolvimento de florestas subcaducifólias, sendo utilizados para o desenvolvimento de diferentes culturas como: “cana-de-açúcar, mandioca, inhame, coco, jaca, banana, sapoti, manga, maracujá, acerola, capins braquiária, pangola, elefante”, dentre outros (CRESPO, 2020). Os solos da região apresentam alta suscetibilidade a processos erosivos em uma parcela significativa da área total no município (Figura 7), ligado a isso temos a

exploração e extração da vegetação ocorreu de forma desordenada, gerando impactos a todo o meio ambiente local. Tal exploração está diretamente ligada a produção de café e aspectos relacionados a agropecuária.

Figura 7 - Mapa do índice de erodibilidade do município de Taquaritinga do Norte-PE



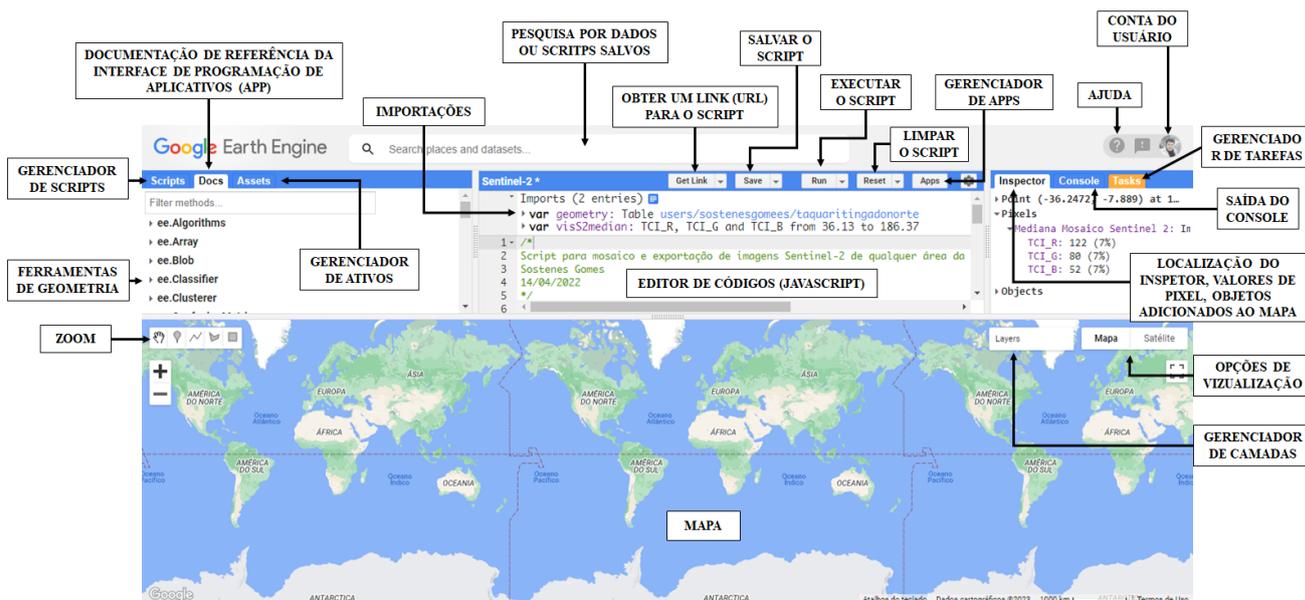
Fonte: Embrapa (2020).

Elaboração: Autor (2021).

4.2. Base de dados

A plataforma *GEE* foi utilizada no endereço web: <https://code.earthengine.google.com>. Esta plataforma é um Ambiente de Desenvolvimento integrado baseado na web para a API *JavaScript do GEE*. Para acessar a plataforma e a edição de seus códigos de programação, é necessário fazer login com uma Conta do Google autorizada previamente. Por meio da Figura 03, pode-se observar a descrição detalhada da área de trabalho do GEE.

Figura 8 - Plataforma do Google Earth Engine e suas principais finalidades



Fonte: Adaptado do Google Earth Engine (2023).

Elaboração: Autor (2021).

4.2.1. Máscara de áreas naturais e não naturais

Sendo responsável pela produção de dados relativos às transformações do território nacional, o Mapbiomas realiza mapeamentos anuais, com informações datadas desde 1985 até os dias atuais, com isso tendo um vasto banco de dados sobre a cobertura e uso do solo do Brasil. Por tais motivos, os dados utilizados nesse estudo foram baixados através do *Google Earth Engine* e tratados com o auxílio do software livre Qgis na versão 3.24.

Ressalta-se que os dados de uso e ocupação do solo do Mapbiomas foram exportados em formato TIFF (*Tagged Image File Format*) para a nuvem, neste caso o Google drive, com vistas a evidenciar apenas área de estudo, delimitou-se o limite municipal de Taquaritinga do Norte, Pernambuco, Brasil, através das abas de características e foram posteriormente selecionados os períodos anuais de 2000 a 2020. Tais características só foram possíveis devido o *script* “*mapbiomasuser-toolkit-download.js*” desenvolvido pelo Mapbiomas para a plataforma do *google engine*.

Como mencionado anteriormente, os arquivos TIFF foram importados para o Qgis com o objetivo serem reclassificados para a produção dos mapas. Para tanto, utilizaram-se as classes do uso e ocupação do solo (Tabela 1) desenvolvida pelo Mapbiomas para a caracterização das camadas de cobertura da terra. Vale ressaltar que a reclassificação

constitui-se da modificação dos códigos de classificação dos *pixels* de cada classe, sendo possível a alteração das cores e a partir do alvo do estudo.

As classes foram organizadas segundo as características a seguir:

1. Uso e ocupação do solo: floresta, formação natural não florestal, agropecuária, área não vegetada e corpos de água;
2. Supressão da vegetação: floresta;
3. Expansão agropecuária: agropecuária;
4. Expansão urbana: área urbanizada;
5. Recursos hídricos: Rios e lagos.

Tabela 1 - Códigos das classes de legenda e paleta de cores utilizadas no MapBiomass Collection 7.1

COLEÇÃO 7 - CLASSES	NEW ID	Color number	
1. Floresta	1	#129912	
1.1 Formação Florestal	3	#006400	
1.2. Formação Savânica	4	#00ff00	
1.3. Mangue	5	#687537	
1.4. Restinga Arborizada	49	#6b9932	
2. Formação Natural não Florestal	10	#bbfcac	
2.1. Campo Alagado e Área Pantanosa	11	#45c2a5	
2.2. Formação Campestre	12	#b8af4f	
2.3. Apicum	32	#968c46	
2.4. Afloramento Rochoso	29	#ff8C00	
2.5 Restinga Herbácea	50	#66ffcc	
2.6. Outras Formações não Florestais	13	#bdb76b	
3. Agropecuária	14	#ffffb2	
3.1. Pastagem	15	#ffd966	
3.2. Agricultura	18	#e974ed	
3.2.1. Lavoura Temporária	19	#d5a6bd	
3.2.1.1. Soja	39	#c59ff4	
3.2.1.2. Cana	20	#c27ba0	
3.2.1.3. Arroz (beta)	40	#982c9e	
3.2.1.4. Algodão (beta)	62	#660066	
3.2.1.5. Outras Lavouras Temporárias	41	#e787f8	
3.2.2. Lavoura Perene	36	#f3b4f1	
3.2.2.1. Café	46	#cca0d4	
3.2.2.2. Citrus	47	#d082de	
3.2.1.3. Outras Lavouras Perenes	48	#cd49e4	
3.3. Silvicultura	9	#935132	
3.4. Mosaico de Usos	21	#fff3bf	
4. Área não Vegetada	22	#ea9999	

4.1. Praia, Duna e Areal	23	#dd7e6b	
4.2. Área Urbanizada	24	#af2a2a	
4.3. Mineração	30	#8a2be2	
4.4. Outras Áreas não Vegetadas	25	#ff99ff	
5. Corpo D'água	26	#0000ff	
5.1. Rio, Lago e Oceano	33	#0000ff	
5.2 Aquicultura	31	#29eee4	
6. Não observado	27	#D5D5E5	

Fonte: Adaptada do MapBiomias (2023)

4.2.2. Método de obtenção de dados

A metodologia de trabalho desenvolvido pelo Mapbiomas consiste no processamento *pixel a pixel* das imagens obtidas através do satélite Landsat disponíveis referentes a cada ano, tal fato deve-se a utilização de algoritmos de aprendizagem de máquina (*machine learning*). Com o intuito de desenvolver um trabalho mais eficiente e com menos atos falhos, utiliza-se a plataforma Google Earth Engine, que possibilita trabalhar com uma elevada capacidade de processamento em nuvem, assim, minimizando a utilização de *software* que precisam ser instalados no computador (MAPBIOMAS, 2019).

O acesso aos dados referentes a área de estudo presentes no projeto MapBiomias foram obtidos por meio de um toolkit *presente* na plataforma do *Google Earth Engine* (GEE). Com o auxílio dessa ferramenta é possível delimitar a área de estudo e as características a qual se deseja analisar. Além de possibilitar a exportação de dados estatísticos referentes a mapas e regiões, sendo possível determinar a geometria e intervalos de tempo selecionados para o estudo. Destaca-se para o presente estudo foram utilizados os mapas de uso e ocupação do solo da coleção 7 do projeto Mapbiomas. Já os cortes foram realizados a partir da delimitação do município de Taquaritinga do Norte.

O mapeamento da cobertura do solo, assim como a sua ocupação realizado anualmente pelo Mapbiomas engloba uma escala nacional, nesse sentido, as ferramentas disponíveis auxiliam na delimitação da área a ser analisado. Após exportar as imagens para o computador realizou-se a classificação através da legenda disponibilizada pelo Mapbiomas. Diante disso, foi possível identificar 5 classes que posteriormente foram separas de acordo com objetivo proposto no estudo, nesse caso, o nível de desmatamento. Ressalta-se que todos os dados foram processados e analisados através do software QGIS.

3.24.

4.3. Reclassificação e confecção dos mapas

O software QGIS 3.24, que é um software de Sistema de Informações Geográficas (SIG), sendo amplamente utilizado em estudos voltados ao georreferenciamento por ser gratuito e de código aberto, nesse sentido, o mesmo foi utilizado tanto no processamento das imagens, como na geração de dados e criação dos mapas, tal fato deve-se ao suporte à edição, visualização, complementos adicionais e análises de dados geoespaciais disponibilizado pelo programa.

Após exportar as imagens no formato TIFF para o computador, as mesmas foram importadas para o QGIS, ressalta-se que a delimitação da área de estudo foi feita na plataforma do *Google Earth Engine* (GEE), para adicionar um contorno a área de estudo foi utilizado um *shapefile* com o dado vetorial de delimitação disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Vale ressaltar que as imagens foram reprojctadas através da ferramenta reprojctar camada presente na aba *raster* do programa para o formato de coordenadas planas UTM (Universal Transversa de Mercator) e Sistema de Referência Geocêntrico DATUM SIRGAS2000 / UTM zone 24S, pois se refere a zona de localização da área de estudo.

Tendo como base a delimitação da área foram inseridas durante o processo de classificação as legendas para cada ano conforme apresentado na tabela 01 presente no tópico 4.3 (máscara de áreas naturais e não naturais). Com isso foi possível gerar os mapas de uso e ocupação do solo. As classes gerais presentes foram: Floresta, Formação Natural não Florestal, Agropecuária, Área não Vegetada, Corpo de água.

Já para o desenvolvimento dos mapas de Supressão da Vegetação e Expansão agropecuária as legendas utilizadas referiram-se especificamente aos objetivos buscados para cada um dos projetos.

4.4. Quantificação do nível de desmatamento, expansão agrícola e área urbanizada

Os números relativos aos dados supressão florestal, expansão urbana, expansão agropecuária e quantificação dos recursos hídricos superficiais (rios e lagos) foram retirados através da ferramenta *r.report* presente na aba *raster* do Qgis, a mesma quantifica o arquivo *TIFF* através do tamanho e quantidade de pixels. Como cada componente tem seu *pixel* específico, foi possível compilar todos os dados de cada ano referentes a perda vegetacional, elevação das áreas agrícolas e urbanizadas. Dentre as unidades de medidas disponíveis, optou-se por km². Ressalta-se a ferramenta

disponibiliza a opções de não contabilizar os dados vazios, assim melhorando a qualidade e eficácia do resultado final.

Posteriormente os documentos foram exportados para o computador no formato *txt*, aberto diretamente no bloco de notas aberto no bloco de notas, com isso, foi possível selecionar todos os dados direcionando-os para uma planilha no *Excel* onde foi possível elaborar os gráficos de todos os anos. Ressalta-se que os dados em km² e porcentagem (%) podem ser observados do Apêndice 1. Para além do que foi apresentado, o formato de arquivo exportado é único e só pode ser no formato *txt*.

4.5. Técnicas de recuperação das áreas desmatadas

Diante da impossibilidade de acesso aos locais desmatados, uniu-se de estudos bibliográficos que apresentassem técnicas com ampla utilização e eficácia. No caso da área de estudos, os métodos que podem ter excito são: chuvas de sementes com o auxílio de *drones* em locais de difícil acesso e isolamento da área com correção do solo e plantio de mudas nativas com uma proteção de matéria orgânica e/ou serrapilheira em locais de fácil acesso. Nesse caso, as mudas seriam disponibilizadas pela prefeitura local por meio da Secretaria de Meio Ambiente tendo como base os dados do Herbário PEUFR (UFRPE) (Apêndice 2).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

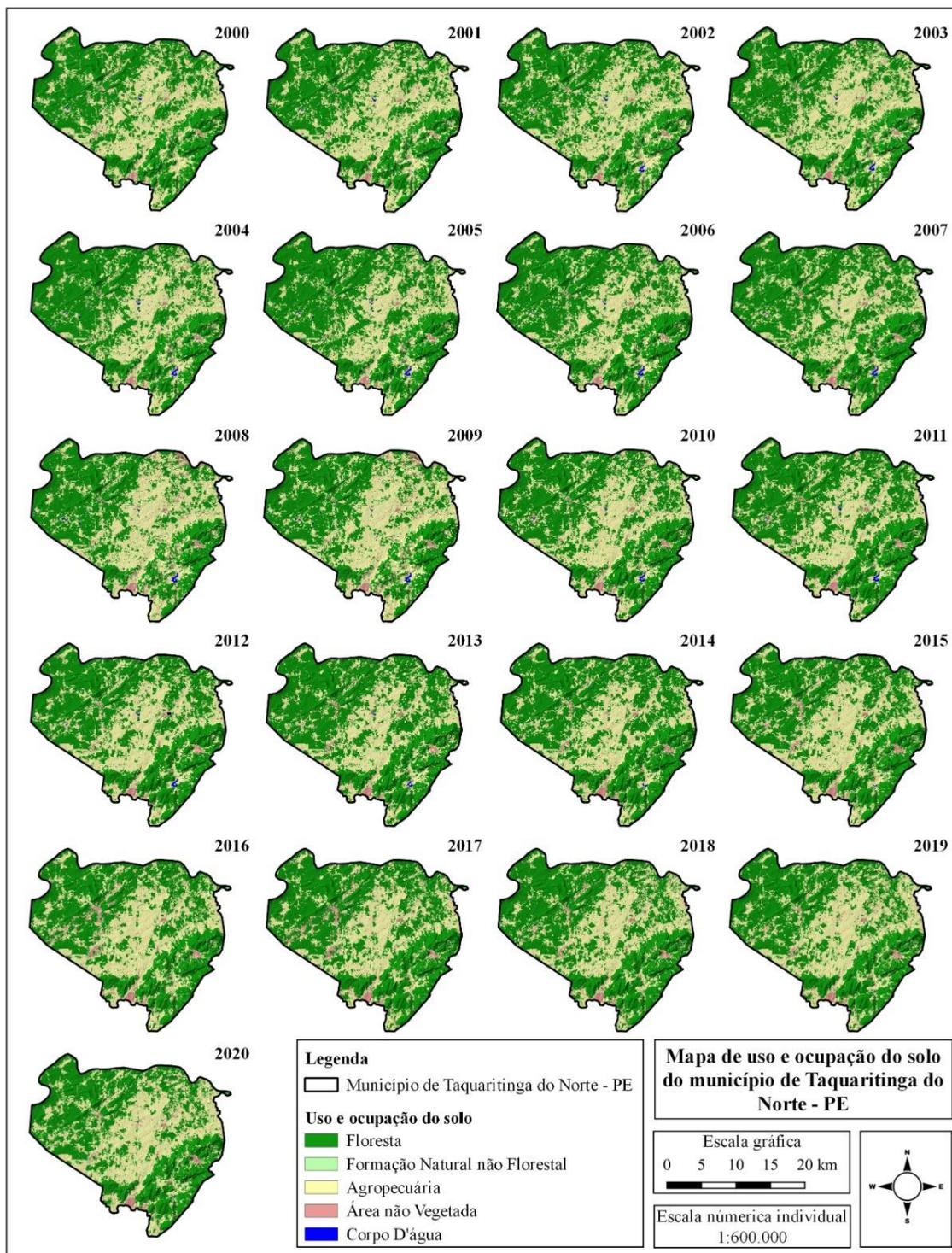
5.1. Uso e ocupação do solo na análise temporal

A partir da série histórica utilizada para o município de Taquaritinga do Norte, de 2000 a 2020, foram gerados mapas por meio do *Google Earth Engine* e *Qgis* que permitiram analisar e entender o comportamento do uso e ocupação do solo para tal cidade. A Figura 9 apresenta os mapas gerados para cada ano corrido da referida série histórica.

Como pode ser observado na Figura 9, ao longo dos tempos, a intensificação das atividades antrópicas foram gerando diversas modificações nas paisagens naturais, em um processo de substituição e exploração destas áreas em detrimento aos mais variados tipos de uso do solo. Este fato pode influenciar a disponibilidade e a qualidade dos recursos naturais, de acordo com Coelho et al. (2014), uma dessas causas é a exploração intensa de áreas com agricultura e pecuária, prática comum na região semiárida do nordeste brasileiro, ocasionando queda da fertilidade do solo e intensificação dos

processos erosivos, bem como perda de biodiversidade e assoreamentos de reservatórios e cursos d'água (NASCIMENTO; LIMA, 2017).

Figura 9 - Mapa de uso e ocupação do solo para o município de Taquaritinga do Norte.



Fonte: Mapbiomas (2021)

Elaboração: Autor (2023).

Ao analisarmos as imagens, nota-se que a relação cobertura vegetal (Floresta) x solo exposto diminuiu. Todas as imagens apresentaram variação entre os anos avaliados, diante dos resultados é possível observar que houve um aumento nas áreas não vegetadas, pelo crescimento populacional do município e principalmente pelas áreas utilizadas para Agropecuária. Esse crescimento populacional ocorre devido ao crescimento natural e à imigração. O estudo realizado por Alves (2007) mostra que em uma dada propriedade agrícola composta por uma área já desmatada e outra com floresta, um novo desmatamento irá ocorrer quando a nova geração suceder a antiga.

Analisando a supressão vegetal observa-se que no decorrer do período estudado os maiores índices de recuperação da vegetação foram entre os anos 2005 e 2007, logo em seguida entre os anos de 2008 e 2009 ocorreram os maiores índices de supressão vegetal da área em estudo.

Dessa forma, ressalta-se uma diminuição da área de Floresta, onde essa redução na vegetação pode ser atribuída majoritariamente a atividade agropecuária realizada na região. Outro fator que merece destaque foi colocado por Lima (2017), onde o mesmo ressalta a importância do conhecimento da dinâmica populacional (aumento ou diminuição) de um município em questões de análise espaço-temporal, considerando as condições econômicas e sociais do local.

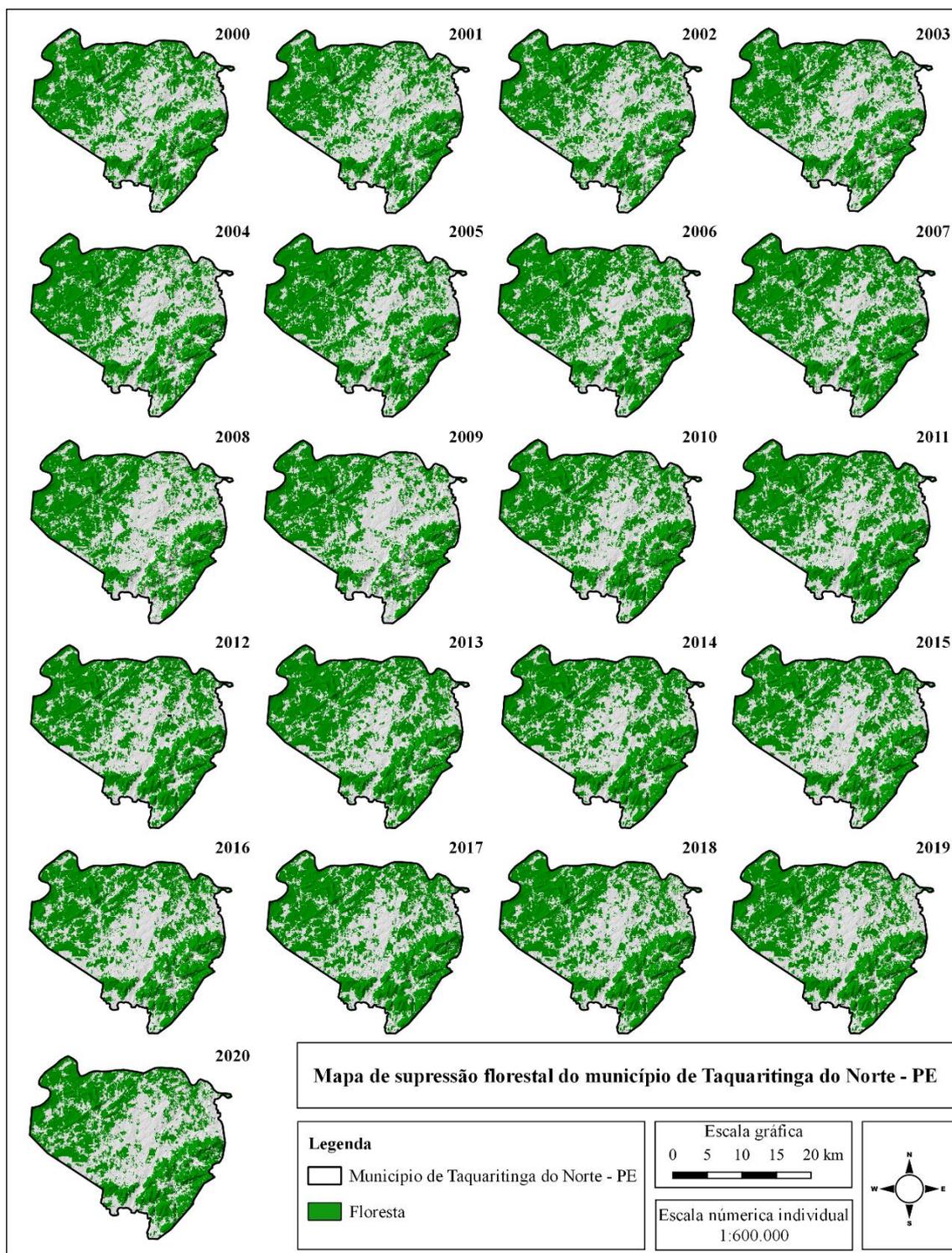
Uma das formas de mitigação para a exploração intensa dos recursos naturais, e uma gestão sustentável dos recursos naturais, é o monitoramento do Uso e Ocupação do Solo por meio das informações espaço-temporais ocorridas na área de interesse (Coelho et al., 2014). De acordo com Fernandes Neto, Fernandes e Baracuhy (2015), “o conhecimento das características do meio físico e suas interações (...) possibilitam uma compreensão e interpretação das correlações existentes, viabilizando estudos e estratégias ou planejamentos para um convívio harmônico”.

5.2. Supressão Florestal na análise temporal

Na Figura 10, são apresentadas as imagens referentes a análise temporal realizada entre os anos de 2000 a 2020 para supressão florestal do Município de Taquaritinga do Norte.

Como mostrado nas imagens (Figura 10) entre os anos de 2001 a 2003 há uma menor proporção de cobertura vegetal (Floresta) em relação à quantidade de solo exposto do que a observada na imagem de 2000, que apresenta uma maior quantidade da coloração verde.

Figura 10 – Mapa de supressão florestal para o município de Taquaritinga do Norte-PE.



Fonte: Mapbiomas (2021)

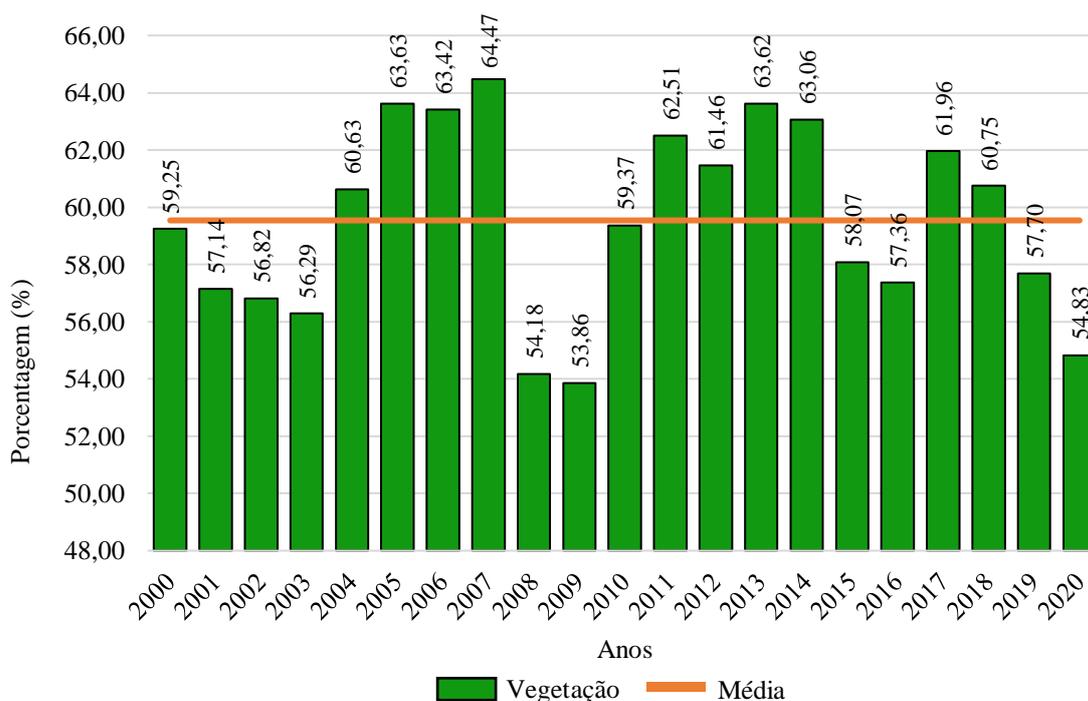
Elaboração: Autor (2023).

É possível perceber um o aumento do tom verde nas imagens entre os anos de 2004 e 2007, onde houve uma pequena recuperação da vegetação, mas logo em seguida nos anos de 2008 e 2009 aconteceu a maior perda de vegetação da série histórica, onde é

possível perceber o aumento de uma coloração mais clara nos mapas dos presentes anos. No período compreendido entre 2010 e 2019 nota-se que houve picos intercalados de recuperação e diminuição da cobertura vegetal, e no ano de 2020 ocorreu novamente uma perda considerável de cobertura vegetal, visto que, na imagem de 2017, por exemplo, muitas dessas áreas apresentavam uma maior área de floresta.

Afigura 11 apresenta a quantificação da vegetação em porcentagem (%) no decorrer da série histórica, onde dessa forma é possível analisar de forma mais completa o comportamento dessa variável ao longo dos anos.

Figura 11- Quantificação da Vegetação do Município de Taquaritinga do Norte-PE.



Fonte: Mapbiomas (2021)

Elaboração: Autor (2023).

Conforme a Figura 11, todos os valores apresentaram variação entre os anos avaliados, diante dos resultados é possível observar que ocorreu uma diminuição da área de vegetação no ano de 2009 chegando a um valor de 53,86% (255,92 km²), sendo este o pico de maior supressão florestal atingida no município para o período estudado. Para os valores relacionados aos maiores índices de recuperação da área, foram encontrados no ano de 2007 uma área de vegetação correspondente a 64,47% (306,37 km²).

A degradação de áreas verdes introduz uma série de novos fatores na história evolutiva de populações naturais de plantas e animais. Essas mudanças afetam de forma diferenciada os parâmetros demográficos de mortalidade e natalidade de diferentes

espécies e, portanto, na estrutura e dinâmica dos ecossistemas (VIANA; PINHEIRO, 1998).

Existem inúmeros processos responsáveis pela diminuição da vegetação, dentre eles destacam-se as queimadas/desmatamentos que podem ser causados principalmente por ações antrópicas, e as atividades agropecuárias crescentes em regiões do Nordeste como a área estudada. A conservação das áreas atingidas por essas atividades é de extrema importância, considerando os inúmeros benefícios ao meio ambiente, sendo necessário geralmente o reflorestamento da área devastada, por meio de plantio de mudas de espécies florestais através do uso de semeadura direta.

A conservação e restauração de áreas degradadas como exemplo as que são atingidas por queimadas/desmatamentos é de extrema importância para o equilíbrio ecológico, considerando os inúmeros benefícios que se é adquirido através dela, onde restaurar florestas é mais que simplesmente repor árvores em um determinado local, porém restaurar implica em recuperar todas ou quase todas as funções ecológicas da floresta, além de repor e permitir a viabilidade da grande maioria de suas espécies (COELHO, 2010).

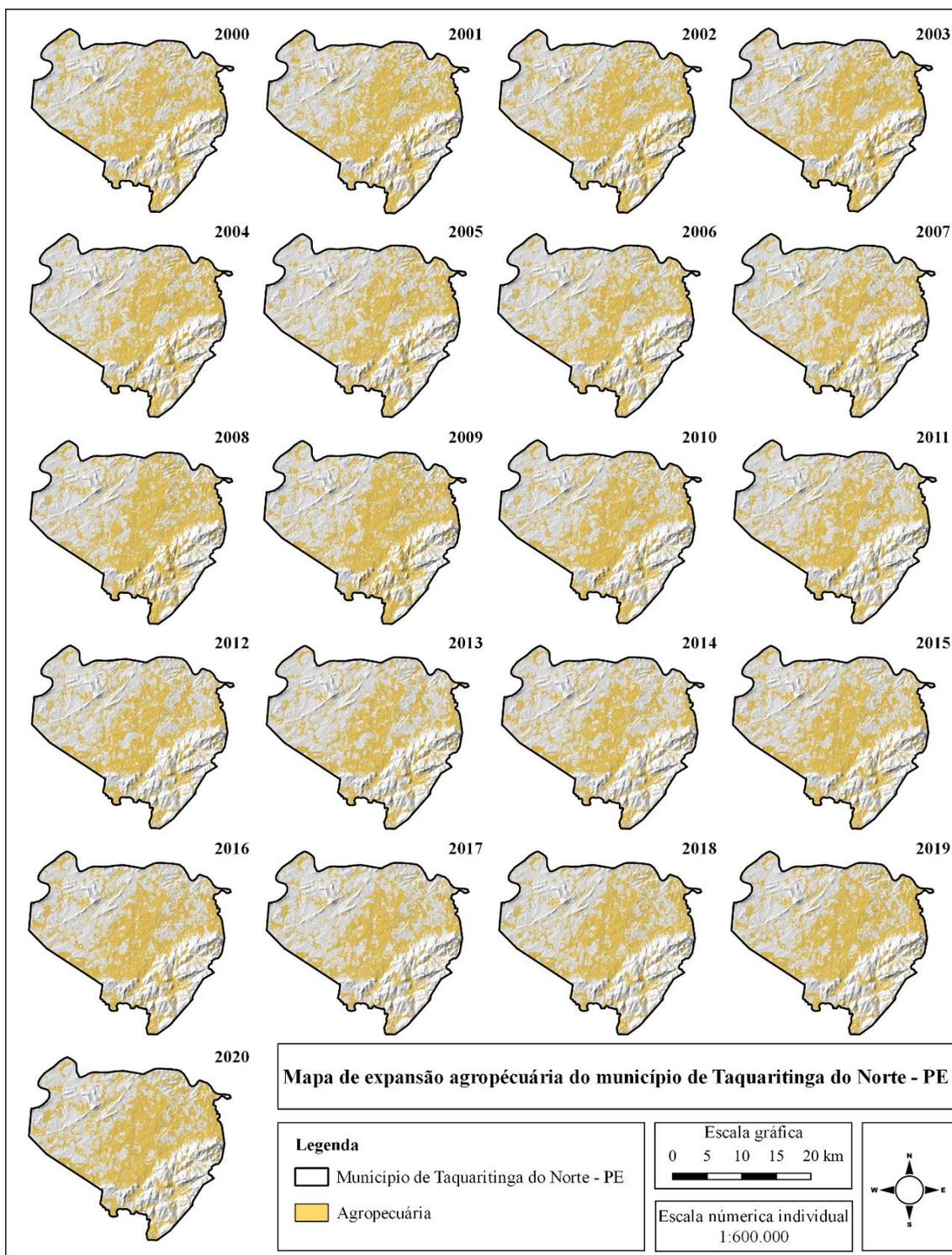
A interferência humana em áreas alteradas, buscando reestabelecer os processos ecológicos e, portanto, a retidão ecológica com vegetação natural, requer esforços diferenciados, dependendo da história e da degradação de cada situação do mosaico ambiental e das características de seu despejo, expressando sua capacidade de autorrecuperação (ARIKI, 2005).

5.3. Expansão Agropecuária na análise temporal

A Figura 12 apresenta os mapas gerados para cada ano corrido da série histórica. A partir da série utilizada para o município entre os anos de 2000 a 2020, foram gerados mapas que permitiram analisar e entender o comportamento da expansão agropecuária para tal cidade.

Como apresentado nas imagens entre os anos de 2001 a 2020 acontece uma expansão agropecuária no município, podendo ser notado pelo aumento da coloração amarela nas imagens. Todas apresentaram variação entre os anos avaliados, diante dos resultados é possível observar que houve um aumento na área referente a agropecuária durante o período. Desta forma, houve uma diminuição da área vegetada e conseqüentemente um aumento do desmatamento na área de estudo.

Figura 12 - Mapa de expansão agropecuária do município de Taquaritinga do Norte-PE.



Fonte: Mapbiomas (2021)

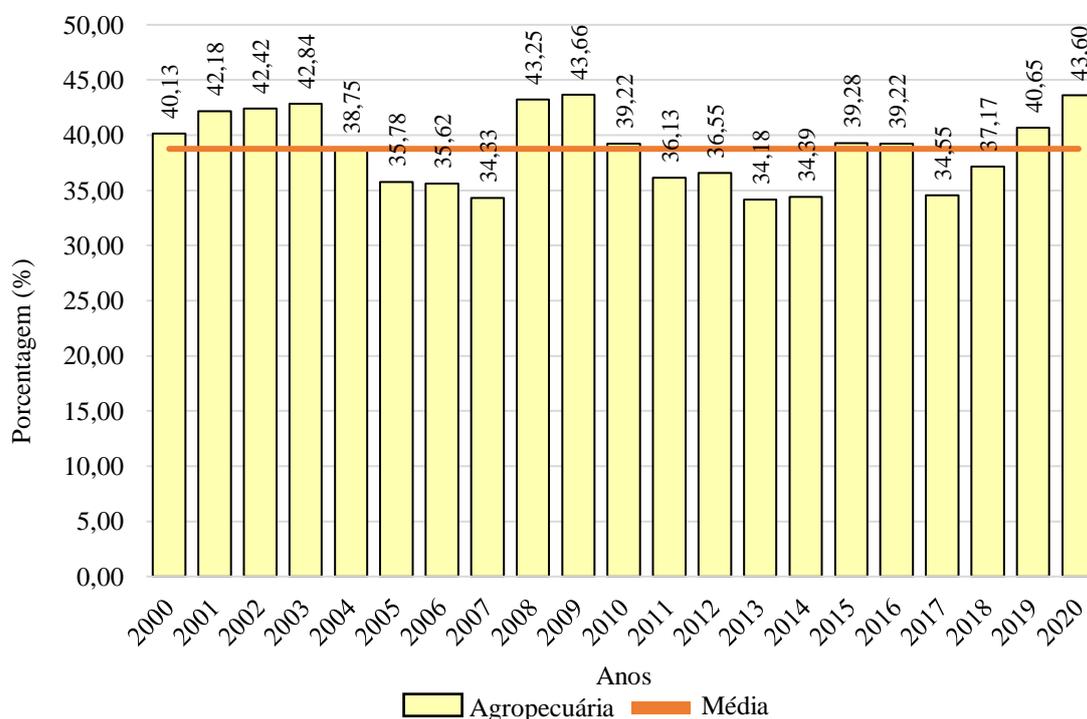
Elaboração: Autor (2023).

O desmatamento decorrente do crescimento agrícola é amplamente dependente dos direitos de propriedade, das fontes de crescimento, dos tipos de política utilizada para estimular a agricultura, da credibilidade do governo e se a produção é comercial ou de

subsistência. Assim, dependendo das condições que prevalecem, o desmatamento pode ser irrisório ou massivamente destrutivo (LÓPEZ, 2002).

Os valores apresentados na figura 13, nos permitem avaliar o comportamento desta atividade no decorrer dos anos, onde é possível observar que no ano de 2009 ocorreu a maior expansão da atividade agropecuária, chegando a atingir 43,66% (207,47 km²), sendo este o pico de maior valor atingido no município para o período estudado, visto que representa quase a metade de toda a extensão territorial do município (475,18 km²). Com relação aos valores de queda da atividade, o menor foi registrado no ano de 2013, com 34,18% (162,40 km²) de ocupação. Vale ressaltar que durante os 20 anos, a expansão agropecuária manteve-se com uma média de 38,76% ao ano.

Figura 13 - Quantificação da Expansão Agropecuária do Município de Taquaritinga do Norte-PE.



Fonte: Mapbiomas (2021)

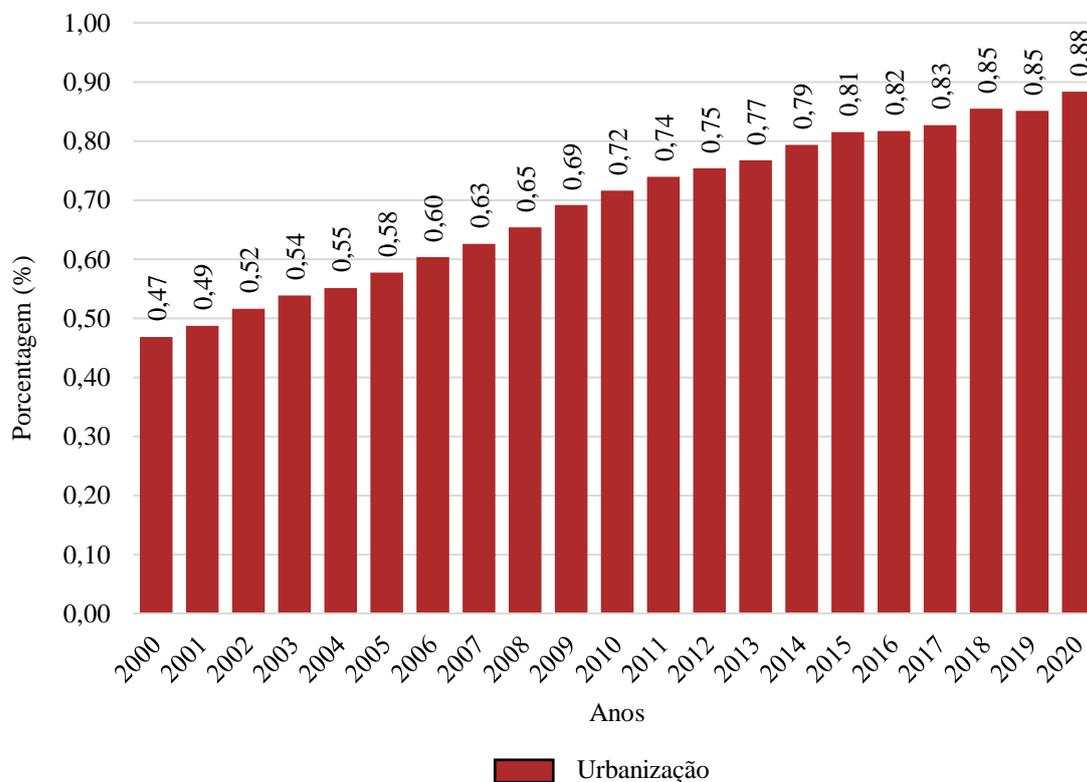
Elaboração: Autor (2023).

A agricultura das pequenas propriedades, ou familiar, exerce também grande impacto sobre o desmatamento. De forma geral, a agricultura familiar é itinerante, enquanto ela está baseada no desmatamento e na queima para o preparo do solo. Quando o solo perde sua capacidade de produção, e isso ocorre em média a cada três anos de uso, os agricultores partem para uma nova área de mata densa (HOMMA, 2006).

5.4. Expansão Urbana na análise espaço-temporal

A Figura 14 apresenta a expansão urbana ocorrida no município entre os anos de 2000 a 2020, onde pode-se observar um crescente aumento ao longo dos anos, desta forma, também contribuindo para o aumento do desmatamento na região estudada.

Figura 14 - Quantificação da Expansão Urbana do Município de Taquaritinga do Norte-PE.



Fonte: Mapbiomas (2021)

Elaboração: Autor (2023).

Acompanhando a taxa anual de crescimento populacional apresentado na Figura 14, é possível observar o crescimento ocorrido no Município nos últimos 20 anos, passando de 0,47% (29,23 km²) de área urbana em 2000 para 0,88% (49,20 km²) em 2020, portanto a urbanização do município cresceu aproximadamente 188%. Levando em consideração o crescimento anual e mensal a área de estudo apresentou respectivamente 9,4% e 0,8%. Ainda que a maioria do crescimento populacional esteja concentrada em áreas urbanas, diminuindo assim a pressão nas áreas rurais, o crescimento populacional gera impactos diretos na floresta, como, por exemplo, a agropecuária que demanda abundância de áreas, onde a mesma é uma das principais atividades antrópicas realizadas na região.

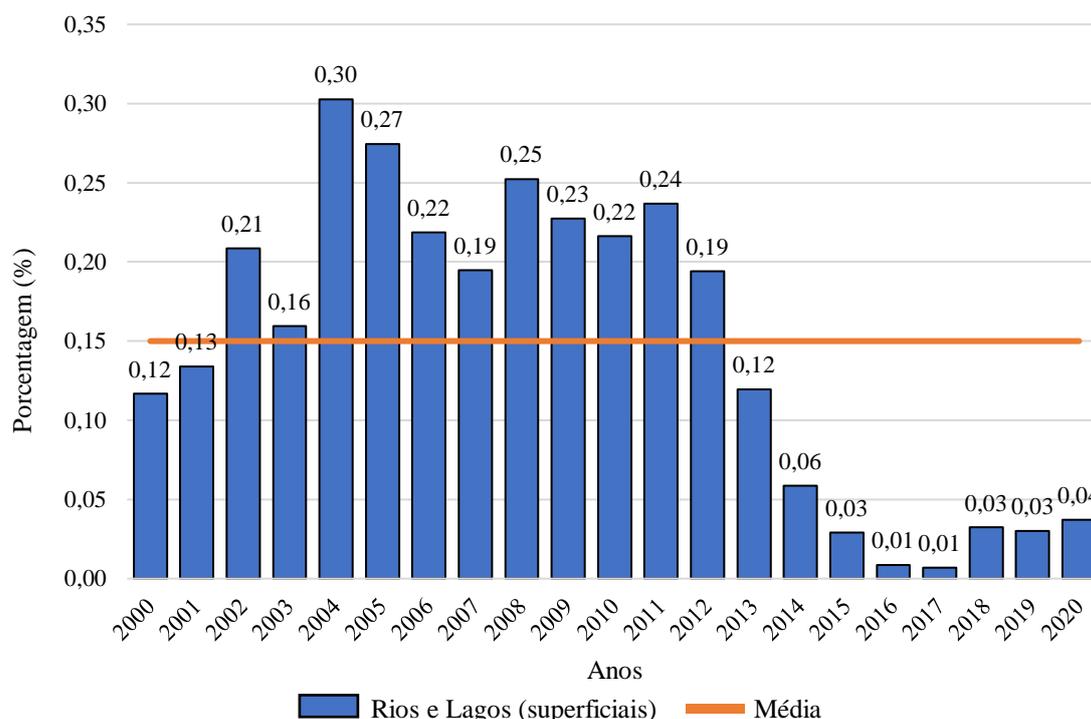
O crescimento demoeconômico dos últimos séculos tem sido mortal para o meio ambiente. Havia 6 trilhões de árvores no mundo no passado (BASTIN et al., 2019). Mas a humanidade reduziu as florestas pela metade desde o crescimento exponencial da população e da economia a partir da Revolução Industrial e Energética.

Segundo Bologna e Aquino (2020), o desmatamento global, devido às atividades antrópicas, está a caminho de desencadear um “colapso irreversível” da civilização humana nas próximas duas a quatro décadas. Se continuarmos destruindo e degradando as florestas do mundo, a Terra não será mais capaz de sustentar uma grande população humana. Eles dizem que se a taxa de desmatamento continuar, “todas as florestas desapareceriam aproximadamente em 100-200 anos”.

5.5. Quantificação dos recursos hídricos superficiais (rios e lagos) na análise espaço-temporal

Pode-se observar através da figura 15 a quantificação das porcentagens (%) das águas superficiais (rios e lagos), demonstrado que no decorrer dos anos tal componente sofreu uma redução significativa.

Figura 15 - Quantificação dos recursos hídricos superficiais (rios e lagos) do Município de Taquaritinga do Norte-PE.



Fonte: Mapbiomas (2021)
Elaboração: Autor (2023).

Através dos dados, pode-se destacar que o ano com a maior presença desse recuso ocorreu em 2004 com 0,30% (1,44 km²), apresentando valores irregulares em todos os anos, o menor valor desse recurso foi registrado em 2016 e 2017, ambos com 0,01%. Ressalta-se que as chuvas irregulares e concentradas em um curto período do ano resultam em escassez de água, afetando principalmente as áreas rurais, onde o abastecimento e a irrigação são essenciais para a subsistência da população e o desenvolvimento agrícola. Como resposta, o município tem buscado implementar medidas como a construção de barragens, sistemas de abastecimento e incentivo à adoção de práticas sustentáveis de uso da água.

5.6. Técnicas de recuperação recomendadas para a área de estudo

Conforme o que foi observado e discutindo anteriormente serão apresentadas e sugeridas algumas técnicas de recuperação de áreas degradadas que podem ser utilizadas na área de estudo.

Existem muitas metodologias que instrumentalizam o objetivo de restaurar um ecossistema florestal ou subtropical, uma abordagem científica desta questão implica desvendar a complexidade dos fenômenos que se desenvolvem nesta floresta e os processos definem a estruturação e manutenção destes ecossistemas no tempo (BRANCALION., et al 2010).

O reflorestamento é necessário quando há uma perda significativa de área devastada, e essa prática recupera o meio ambiente e vem sendo cada dia mais discutido, tanto nos tipos de atividades de recuperação quanto na sua necessidade, sendo uma prática muito antiga de diferentes povos, em épocas históricas diferentes e de regiões diversas e inclusive recentemente caracterizava-se essa restauração como uma atividade sem vínculo estruturado nem concepções teóricas, sendo executada normalmente como uma prática de plantio de mudas com objetivos muito privativos, como controle de erosão, estabilização de taludes, melhoria visual entre outros (REISCH, 2021; RODRIGUES, 2023).

Técnicas de nucleação são muito usadas para a recuperação e restauração de ambientes, pois possibilitam o aumento da biodiversidade local, obedecendo aos estágios naturais da sucessão ecológica de uma floresta nativa, onde os núcleos criados atraem a biodiversidade das áreas circundantes (MARIOT et al., 2007). Reis et al., (2003) consideram que a nucleação representa uma das melhores formas de implementar a

sucessão em áreas degradadas, visto que nesse sistema facilita a propagação da floresta sem maiores investimentos em plantios de mudas em toda a área, utilizando espécies pioneiras, restituindo a biodiversidade condizente com as características da paisagem e das condições microclimáticas locais.

O emprego de várias técnicas nucleadoras, juntas, produz uma diversidade de fluxos naturais na área degradada aumentando a conectividade da paisagem (ESPÍNDOLA et al., 2006). É importante estudar a capacidade de recuperação natural do local e avaliar os recursos disponíveis para escolher a técnica mais apropriada, espécies de fácil propagação e crescimento rápido para cobrir o solo e fornecer biomassa ao solo.

O adensamento de espécies consiste em introduzir espécies pioneiras no interior de uma capoeira ou de um trecho de floresta degradado, bem como em áreas sem cobertura florestal. Uma das alternativas ao plantio de mudas de espécies florestais é o uso de semeadura direta, através dela busca-se aumentar as populações de algumas espécies, que por motivo de degradação que tiveram suas populações muito reduzidas na área (CARVALHO, 2022).

Através da semeadura de espécies nativas de diferentes grupos ecológicos, será possível levantar dados sobre a constituição, o adensamento e o enriquecimento do banco de sementes como uma possível prática de recuperação de áreas degradadas, visando principalmente o recobrimento do solo e o possível enriquecimento da área com a semeadura direta, sendo essa proposta apropriada dentro do método de recuperação de áreas que valoriza a restauração de processos ecológicos (DE SOUSA et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2022). Tal processo pode ser realizado por meio de técnicas comuns como o plantio direto ou através da tecnologia com o auxílio de drones.

Vale ressaltar que o plantio de espécies pode ser realizado de forma consorciada, visando uma elevação do processo de recuperação, além de proporcionar um enriquecimento dos nutrientes do solo. Assim, inicialmente propõe-se a utilização a utilização de espécies leguminosas para auxiliar na fixação de nitrogênio no solo, seguida de outras culturas que podem ser observadas na tabela 2.

Tabela 2 - Espécies recomendadas para a área de estudo

Espécies	Nome científico	Nome Popular
Leguminosas	<i>Arachis hypogaea</i> L.	Amendoim
	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Feijão
	<i>Crotalaria incana</i> L.	Xique-xique

Hortaliças	<i>Cucurbita pepo</i> L.	Abóbora
	<i>Ipomoea batatas</i>	Batata-Doce
	<i>Manihot esculenta</i>	Macaxeira
	<i>Abelmoschus esculentus</i>	Quiabo
Nativas	<i>Syagrus cearensis</i> N.	Catolé
	<i>Abelmoschus esculentu</i>	Angico
	<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	Sabiá
	<i>Acacia jurema</i> B.	Jurema comum
	<i>Mimosa hostilis</i> B.	Jurema preta
Frutíferas	<i>Mangifera indica</i> L.	Manga
	<i>Coffea arabica</i> L.	Café
	<i>Carica papaya</i> L.	Mamão
	<i>Persea americana</i>	Abacate
	<i>Artocarpus heterophyllus</i> L.	Jaqueira
	<i>Psidium guajava</i>	Goiaba
	<i>Spondias mombin</i> L.	Cajá
	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Caju

Fonte: Adaptado Ribeiro et al., (2018); Herbário PEUFR (2021).

Ressalte-se que algumas das culturas apresentadas já são utilizadas pelos produtores do município como: feijão, macaxeira, catolé, manga, café, cajá, caju, dentre outros (RIBEIRO et al., 2018). Desse modo, a ampliação das mesmas para demais localidades será facilitada.

As culturas apresentadas podem ser desenvolvidas em meio a um sistema agroflorestal, sendo possível a recuperação da área, além de proporcionar um retorno econômico para os entes envolvidos. Desse modo, a população local pode desenvolver um respeito pelo meio ambiente e com isso, melhorar a preservação do município. Servindo de exemplo para as demais regiões de Pernambuco.

Sistemas agroflorestais (SAFs) são práticas que combinam agricultura e elementos florestais para recuperar áreas degradadas. São importantes para conservar o solo e a água, restaurar a biodiversidade, capturar carbono, melhorar a qualidade do ar e da água, produzir alimentos e recursos de forma sustentável, fortalecer a resiliência às mudanças climáticas e preservar a cultura local (DE MENDONÇA., et 2022; XIAO; XIONG, 2022). Os SAFs promovem soluções integradas, unindo o manejo responsável dos recursos naturais a benefícios sociais e econômicos, resultando em paisagens mais saudáveis e sustentáveis (PADOVAN et al., 2022).

6. CONCLUSÕES

De início, vale ressaltar que todo desmatamento está relacionado com um determinado fim. Isso significa afirmar que a ação de desmatar é predominantemente parte de um processo cuja finalidade pode assumir múltiplas formas, ou, de maneira pragmática, é uma ação decorrente da vontade humana que possibilita o uso do solo para os mais diferentes fins. Dessa forma, é possível compreendê-lo com base na manifestação dos diferentes fins.

A plataforma *Google Earth Engine* mostrou ser eficaz na aquisição, pré-processamento e processamento dos dados de sensoriamento remoto por radar. Considerando que esses dados são robustos e que exigem uma grande capacidade de processamento, a realização desse trabalho tornou-se viável em uma plataforma de processamento em nuvem.

Constatou-se a eficiência e facilidade no manuseio do *software* livre QGIS, que disponibilizou todos os recursos que possibilitaram a análise e avaliação da área, armazenando, manipulando e gerando informações relacionadas à área de interesse.

A identificação e análise temporal do uso e ocupação do solo do município indicou que todas as classes apresentaram variações, no entanto, as classes que mais chamaram atenção foi a classe de Vegetação, que apresentou uma diminuição considerável ao longo do período estudado e o aumento significativo área de atividades agropecuárias, entre os anos de 2000 e 2020.

Observou-se um aumento nas áreas não vegetadas, principalmente devido ao crescimento populacional do município e à expansão da agropecuária. Houve uma diminuição da área de floresta ao longo do período, principalmente devido à atividade agropecuária. O estudo também destacou a importância do conhecimento da dinâmica populacional para análises espaço-temporais. A supressão florestal apresentou variações ao longo dos anos, com picos de recuperação e perda de cobertura vegetal. O maior índice de supressão florestal foi registrado em 2009 com 53,86% (255,92 km²), enquanto o maior índice de recuperação ocorreu em 2007 com 64,47% (306,37 km²). A expansão agropecuária também aumentou durante o período, resultando em uma diminuição da área vegetada e aumento do desmatamento. A maior expansão agropecuária foi observada em 2009 com 43,66% (207,47 km²). A expansão urbana também foi identificada, com um

crescimento significativo da área urbana ao longo dos anos (188%). Isso contribuiu para o aumento do desmatamento na região.

Conclui-se que os resultados encontrados foram satisfatórios para o objetivo proposto nesse trabalho e sugere-se que para uma melhor avaliação e interpretação das informações seja realizada uma análise exploratória mais profunda da área, que possa incluir composição vegetal específica, análises de solos, monitoramento dos recursos hídricos e mudanças climáticas, por exemplo.

REFERÊNCIAS

ABREU JUNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F. C. Carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre em solos tratados com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 769-780, 2012.

ACÁCIO, V. et al. Canopy Cover Loss of Mediterranean Oak Woodlands: Long-term Effects of Management and Climate. **Ecosystems**, p. 1-17, 2021.

AGUIRRE, A. G. **Avaliação do potencial da regeneração natural e o uso da semeadura direta e estaquia como técnicas de restauração**. 2012. 168 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012

AGUS, I.; DESTIAWATI, F.; DHIKA, H. Perbandingan cloud computing Microsoft onedrive, dropbox, dan Google drive. **Faktor Exacta**, v. 12, n. 1, p. 20-27, 2019.

ALCÂNTARA, F. A. et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.

ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da mata atlântica**. Editus, 2016.

ALMEIDA, R. S.; LATUF, M. O.; SANTOS, P. S. Análise do desmatamento na bacia do rio de Ondas no período de 1984 a 2014, Oeste da Bahia. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 38, p. 41-63, 2016.

ALVARADO, S. T. et al. Drivers of fire occurrence in a mountainous Brazilian cerrado savanna: Tracking long-term fire regimes using remote sensing. **Ecological Indicators**, v. 78, p. 270-281, 2017.

ALVES, D. Cenários de cobertura e uso da terra e dimensões humanas no LBA. In: COSTA, W.M.; BECKER, B.K.; ALVES, D. **Dimensões humanas da biosfera-atmosfera na Amazônia**. São Paulo: Edusp, 2007. 176 p.

AMORIM, R. S. S. et al. Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas no processo de erosão entre sulcos. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 5, n. 1, p. 124-130, 2001.

ANDRADE LIMA, D. Present-day Forest refuges in Northeastern Brazil. In: **Prance, G. T. (Ed.) Biological Diversification in the tropics**. Plenum Press: New York Botanical Garden. p. 245-251. 1982.

ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em Planossolo. **Revista Brasileira de ciência do solo**, v. 24, n. 4, p. 777-785, 2000.

ANDRADE-LIMA, D. **Estudos fitogeográficos de Pernambuco**. Arquivos do Instituto de Pesquisa Agronômica. p.305-341. 1960.

ANTUNES, A. F. B. Fundamentos de Sensoriamento Remoto em Ambiente de Geoprocessamento. **Apostila. CIEG. UFPR**, 2001.

ARAKI, D. F. **Avaliação da sementeira a lanço de espécies florestais nativas para recuperação de áreas degradadas**, 2005, Universidade de São Paulo, Mostra para obtenção de título de Mestre em Ecologia em Agroecossistemas. p. 02-03. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/?lang=pt-br>> Acesso em: 12 jun. 2023.

ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 715-721, 2003.

ARAÚJO-FILHO, R. N.; HOLANDA, F. S. R; ANDRADE, K. R. Implantação de técnicas de bioengenharia de solos no controle da erosão no baixo São Francisco, estado de Sergipe. **Scientia Plena**, v. 9, n. 7 (a), 2013.

ARÉVALO, P. et al. A suite of tools for continuous land change monitoring in google earth engine. **Frontiers in Climate**, v. 2, p. 576740, 2020.

ARNOLD, F. M. W.; ZANELLA, R. Computação em nuvem: um estudo sobre o Google Drive como ferramenta colaborativa aplicada a educação. **Trajatória Multicursos**, v. 12, n. 2, p. 110-136, 2022.

ARONSON, J. et al. What role should government regulation play in ecological restoration? Ongoing debate in São Paulo State, Brazil. **Restoration Ecology**, v. 19, n. 6, p. 690-695, 2011.

ASSERAR, N. et al. Estimation of soil erosion risk within the Ben Ahmed watershed, using Universal Soil Loss Equation (USLE) and geo-information technology. **Authorea Preprints**, 2020.

BALRAM, S. Manual of Geospatial Science and Technology, edited by John D. Bossler. **Cartography and Geographic Information Science**, v. 30, n. 2, p. 231-232, 2003.

BALSADI, O. V. Mudanças no meio rural e desafios para o desenvolvimento sustentável. **São Paulo em Perspectiva**, v. 15, n. 1, p. 155-165, 2001.

BAPTISTA, G. M. M.; VIVALDI, D. D.; MENESES, P. R. Correção atmosférica e de "crosstalk" em dados Aster para mapeamento da relação mineralógica de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1272-1282, 2016.

BARBOSA, A. I. G. et al. O uso de Sensoriamento Remoto para estimar área plantada de cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes–RJ, Brasil. **Cerrados**, v. 18, n. 2, p. 69-99, 2020.

BARBOSA, C. C. F.; DE MORAES NOVO, E. M. L.; MARTINS, V. S. (Ed.). **Introdução ao sensoriamento remoto de sistemas aquáticos: princípios e aplicações**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2019.

BARBOSA, V. N. et al. Herpetofauna de uma área de Caatinga em Taquaritinga do Norte, Agreste de Pernambuco, Brasil. **Cuadernos de Herpetología**, v. 32, 2018.

BARMAN, B. K. et al. Soil erosion assessment using revised universal soil loss equation model and geo-spatial technology: A case study of upper Tuirial river basin, Mizoram, India. **AIMS Geosciences**, v. 6, n. 4, p. 525-544, 2020.

BASTIN, Jean-Francois et al. The global tree restoration potential. **Science**, v. 365, n. 6448, p. 76-79, 2019.

BECHARA, F. C. et al. Performance and cost of applied nucleation versus high-diversity plantations for tropical forest restoration. **Forest Ecology and Management**, v. 491, p. 119088, 2021.

BECHARA, F. C. et al. Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras de biodiversidade. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 1, p. 9-11, 2007.

BELEM, B. et al. Assisted Natural Regeneration with Fencing in the Central and Northern Zones of Burkina Faso. **Tropicultura**, v. 35, n. 2, 2017.

BENDITO, B. P. C. et al. Diagnóstico ambiental e proposição de uso de saf para área de pastagem degradada. **Revista eletrônica do curso de geografia**, n. 29, p. 148-163, 2017.

BERTALOT, M. J. A. et al. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira de quatro espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu-São Paulo, Brasil. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, p. 219-227, 2004.

BOAVENTURA, K. J. et al. Recuperação de áreas degradadas no Brasil: conceito, história e perspectivas. **Tecnia**, v. 4, n. 1, p. 124-145, 2019.

BOLOGNA, M.; AQUINO, G. Deforestation and world population sustainability: a quantitative analysis. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 7631, 2020.

BORTOLON, E. S. O. et al. Novas abordagens, tendências e oportunidades no uso de modelos de simulação para a avaliação de sistemas agrícolas em regiões tropicais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 4, p. 874-883, 2019.

BOSSLER, J. D. et al. **Manual of geospatial science and technology**. CRC Press, 2010.

BRAGA, A. J. T. et al. Enriquecimento do sistema solo-serapilheira com espécies arbóreas aptas para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, v. 31, n. 6, p. 1145-1154, 2007.

BRANCALION, P. H. S. et al. What makes ecosystem restoration expensive? A systematic cost assessment of projects in Brazil. **Biological Conservation**, v. 240, p. 108274, 2019.

BRAGA, R. A. P. et al. Conservação dos recursos hídricos em brejos de altitude: o caso de Brejo dos Cavalos, Caruaru, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p. 539-546, 2002.

BRANCALION, P. H.S. et al. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, v. 34, p. 455-470, 2010.

BRANT, H. S. C. **Qualidade das sementes e emergência da plântula de espécies de recobrimento para restauração de florestas estacionais semidecíduais**. 2015. 160 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

BRASIL. **Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRETAS, B. S. **Avaliação das técnicas de revegetação para pilhas de rejeito arenoso. Estudo de caso: pilhas de rejeitos de uma mina de minério de ferro**. 2019. 62p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

BROVELLI, M. A.; SUN, Y.; YORDANOV, V. Monitoring forest change in the amazon using multi-temporal remote sensing data and machine learning classification on Google Earth Engine. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 10, p. 580, 2020.

BUISSON, E. et al. Resilience and restoration of tropical and subtropical grasslands, savannas, and grassy woodlands. **Biological Reviews**, v. 94, n. 2, p. 590-609, 2019.

BUSATO, L.C.; COUTINHO JR., R.; VIEIRA, J.; ESPERANÇA, Â.A.F.; MARTINS, S.V. Aspectos ecológicos na produção de sementes e mudas para a restauração. In: MARTINS, S.V. (Ed.). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa: Editora UFV, 2012. p. 101-168.

CABRAL, J. J. P. et al. Recursos hídricos e os brejos de altitude. In: **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 31-48, 2004.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Quantificação de serapilheira e de nutrientes–Floresta Ombrófila Mista Montana–Paraná. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 5, n. 2, p. 101-116, 2007.

CALGARO, H. F. et al. Adubação química e orgânica na recuperação da fertilidade de subsolo degradado e na micorrização do *Stryphnodendron polyphyllum*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1337-1347, 2008.

CAMBRAIA FILHO, D. J. **Utilização de índices de vegetação baseados na porção visível do espectro eletromagnético para monitoramento de fitofisionomias do Cerrado**. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas e Geodinâmica). Brasília: Universidade de Brasília, 2019.

CAMPBELL, J. B.; WYNNE, R. H. **Introduction to remote sensing**. Guilford Press, 2011.

CAPELLESSO, E. S. et al. Relação entre chuva de sementes e estrutura florestal em remanescentes de Floresta Atlântica no Sul do Brasil. **Iheringia. Série Botânica.**, v. 73, n. 2, p. 176-181, 2018.

CARVALHO JÚNIOR, O. A. et al. Classificação e eliminação dos ruídos em imagens hiperespectrais pela análise sequencial da transformação por fração de ruído mínima. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 20, p. 31-41, 2002.

CARVALHO, F.; SCOPEL, I. Escoamento superficial e recarga d'á gua subterrânea em diferentes usos do solo na microbacia do córrego do Queixada. **Caminhos de Geografia**, v. 19, n. 66, p. 133-145, 2018.

CARVALHO, J. N. et al. Espécies nativas da caatinga para recuperação de áreas degradadas no semiárido brasileiro. **Revista Árvore**, v. 46, 2022.

CASTRO, A. G. **Estimativa de sequestro de carbono florestal para restauração ecológica devido às emissões de CO₂ na instalação de uma central geradora hidrelétrica-CGH**. 2017. 141p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2017.

CELENTANO, D. et al. Carbon sequestration and nutrient cycling in agroforestry systems on degraded soils of Eastern Amazon, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 94, p. 1781-1792, 2020.

CHAZDON, R. L. Landscape restoration, natural regeneration, and the forests of the Future1. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 102, n. 2, p. 251-257, 2017.

CHAZDON, R. Regeneração de florestas tropicais Tropical forest regeneration. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi de Ciências Naturais**, v. 7, p. 195-218, 2012.

CHENG, G. et al. Remote sensing image scene classification meets deep learning: Challenges, methods, benchmarks, and opportunities. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 13, p. 3735-3756, 2020.

COELHO, G. C. Restauração florestal em pequenas propriedades: desafios e oportunidades P.196, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em <<https://www.researchgate.net/publication/262800075>>. Acesso em: 14 jun. 2023.

COELHO, V. H. R. et al. Dinâmica do Uso e Ocupação do Solo em uma Bacia Hidrográfica do Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, nº 1, p. 64 – 72, 2014. (ISSN 1807-1929). Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v18n1/v18n1a09.pdf>>. Acesso em 13 jun. 2023.

COLWELL, R. N. **Manual of remote sensing**. American Society of Photogrammetry, 1983.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. CRC press, 2019.

CORDEIRO, S. A. et al. Simulação da Variação do Espaçamento na Viabilidade Econômica de um Sistema Agroflorestal. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 1, 2018.

CORRÊA, F. L. O. et al. Produção de serapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no Estado de Rondônia, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1099-1105, 2006.

CORRÊA, P. F. et al. Análise dos planos de recuperação de áreas degradadas pela mineração de argila no sul de Santa Catarina, Brasil. **Tecnologia e Ambiente**, v. 25, p. 273-288, 2019.

COSTA, E.; SILVA, H.; RIBEIRO, P. R. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia biosfera**, v. 9, n. 17, 2013.

COSTA, J. R.; SILVA, A. M.; SOARES, J. E. C. Educação Ambiental para a adequação de pequenas propriedades agrícolas. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 12, n. 2, p. 96-101, 2017.

COSTA, T. G. A. et al. Diagnóstico e proposta de recuperação de área degradada sob fisionomia de cerrado em corrente–Piauí. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 93976-93989, 2020.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. CPRM/PRODEEM, Recife. 2005.

CRESPO, C. M. G. **Avaliação da qualidade do solo e atividade microbiana em sistema agroecológico com produção de café em Brejo de Altitude**. 2020. 121p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.

CROUZEILLES, R. et al. Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. **Science advances**, v. 3, n. 11, p. e1701345, 2017.

CROUZEILLES, R. et al. Relatório temático sobre restauração de paisagens e ecossistemas. **Embrapa Amazônia Oriental**, 76p. São Carlos, SP: Editora Cubo, 2019.

DA CRUZ WEISS, C. V. et al. Análise comparativa entre métodos de correção atmosférica em imagens do sensor Operational Land Imager (OLI), plataforma Landsat 8. **Scientia Plena**, v. 11, n. 2, 2015.

DA CRUZ, T. R. F.; PELOGGIA, A. U. G. Resiliência natural em terrenos antropogênicos: estudo da transformação paisagística pós-degradação na área do loteamento Parque Continental II, Município de Guarulhos (SP). **Revista Educação**, v. 12, n. 2, p. 54-54, 2017.

DA SILVA CARNEIRO, F. et al. Dinâmica do desmatamento ilegal ocorrido em onze anos no estado do Pará-Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 7, p. e21311728308-e21311728308, 2022.

DA SILVA, D. G. et al. Sistemas agroflorestais no bioma campos sulinos: uma breve revisão de literatura. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 6, n. 1, p. 15-19, 2021.

DA SILVA, F. O.; FABRICANTE, J. R. Invasão biológica no parque nacional do Catimbau, Pernambuco, Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 2, p. 17-26, 2019.

DA SILVA, G. S.; DE CAMARGO, P. L. T.; DA SILVA ALVES, F. Utilização de Sensoriamento Remoto para cálculo de Uso e Ocupação no Córrego do Grotão, Capitólio–Minas Gerais. **Revista de Ciência e Inovação**, v. 9, n. 1, p. 1-17, 2023.

DA SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 108-114, 2007.

D'ANNOLFO, R. et al. A review of social and economic performance of agroecology. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 15, n. 6, p. 632-644, 2017.

DANTAS, B. F. et al. Poleiros artificiais aumentam riqueza e abundância de plântulas em área de Caatinga degradada na estação chuvosa do Submédio do São Francisco. **In: Embrapa Semiárido-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO DO BIOMA CAATINGA, 2., 2018, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, 2019.

D'ARRIGO, R. C. P.; LORINI, M. L.; RAJÃO, H. A seleção de áreas para conservação na Mata Atlântica Brasileira: Revisão dos estudos voltados para priorização espacial. **Biodiversidade Brasileira-BioBrasil**, n. 2, p. 36-49, 2020.

DAVIS, G. K. History of the NOAA satellite program. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 1, n. 1, p. 012504, 2007.

DAVYDOV, R. et al. The application of pesticides and mineral fertilizers in agriculture. In: **MATEC Web of Conferences**. EDP Sciences, 2018. p. 11003.

DE ALMEIDA SOUZA, A. A. et al. A contribuição das estradas e o padrão de desflorestamento e degradação da cobertura florestal no sudoeste paraense. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 69/9, p. 17011-1724, 2017.

DE ALMEIDA, E. W. et al. Potencial agroecológico de propriedades agrícolas familiares do município de São Lourenço do Sul, Rio Grande do Sul. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 4, p. 546-553, 2019.

DE LIMA MARQUES, A. et al. Paisagem urbana, vulnerabilidade e risco em brejos de altitude: o sítio urbano de Areia/PB. **Nature and Conservation**, v. 10, n. 2, p. 25-34, 2017.

DE MACÊDO, R. J. A.; SALES, S. F. Análise digital de terreno utilizando a linguagem computacional r: exemplo de aplicação. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 2, 2017.

DE MEDEIROS, I. C.; DA SILVA, R. M. Análise da erosão hídrica na região semiárida da Paraíba usando o modelo SWAT acoplado a um SIG. **Geociências (São Paulo)**, v. 33, n. 3, p. 457-471, 2014.

DE MENDONÇA, G. C. et al. Spatial indicator of priority areas for the implementation of agroforestry systems: An optimization strategy for agricultural landscapes restoration. **Science of The Total Environment**, v. 839, p. 156185, 2022.

DE MORAES, L. F. D. et al. Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro. **Embrapa Agrobiologia-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197954/1/manu_al-tec_nico-restauracao.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2021.

DE OLIVEIRA SILVA, M. et al. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 6853-6875, 2021.

DE PAIVA SALOMÃO, R. et al. Trajetória da restauração florestal de áreas mineradas ao longo de 17 anos em unidade de conservação na Amazônia. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 3588-3609, 2020.

DE SANTANA AZEVEDO, L. et al. Análise de mudanças na cobertura vegetal do Pará utilizando o Google Earth Engine. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 7, n. 1, p. 12037-01-10e, 2021.

DE SANTANA, F. P. R.; SILVA, L. M. C. A economia colaborativa como uma ferramenta na promoção do desenvolvimento sustentável. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 67448-67457, 2020.

DE SOUSA MASCARENHAS, F.; BROWN, I. F.; DA SILVA, S. S. Desmatamento e incêndios florestais transformando a realidade da Reserva Extrativista Chico Mendes. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 48, 2018.

DE SOUSA, H. R. S. et al. Crescimento de espécies nativas tropicais de diferentes grupos ecológicos em área degradada na Amazônia brasileira. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 34895-34910, 2020.

DEBRAY, V. et al. Agroecological practices for climate change adaptation in semiarid and subhumid Africa. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 43, n. 4, p. 429-456, 2019.

DOLLINGER, J.; JOSE, S. Agroforestry for soil health. **Agroforestry Systems**, v. 92, n. 2, p. 213-219, 2018.

DORTZBACH, D. et al. Estimativa das emissões de gases de efeito estufa do setor agropecuário de Santa Catarina, Brasil. **Agroindustrial Science**, v. 11, n. 3, p. 305-313, 2021.

DOS SANTOS, A. R.; SANTO-BRASIL, Espírito. Apostila de Sensoriamento Remoto. **UFES, Alegre**, 2013.

DOS SANTOS, E. A.V. et al. Desenvolvimento de métodos de recuperação de áreas degradadas no Seridó Paraibano aplicando novas técnicas de nucleação biológica com espécies de Cactaceae e Euphorbiaceae: avaliação preliminar. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 69302-69322, 2020.

DOS SANTOS, O. L.; PADOLFI, A. S.; RAMALDES, G. P. Análise de índice de vegetação através de imagens obtidas por VANT. **Revista Científica FAESA**, v. 14, n. 1, p. 145-165, 2018.

DOS SANTOS, S. M. B. et al. Avaliação da regeneração da vegetação pós-incêndio no Parque Nacional da Chapada Diamantina do Brasil através de sensoriamento remoto. **Physis Terrae-Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente**, v. 4, n. 1-2, p. 1-19, 2022.

DRAGICEVIC, S. Manual of Geospatial Science and Technology. **Geomatica**, v. 64, n. 4, p. 483-484, 2010.

DRUMOND, M. A. et al. Caracterização ambiental do Semiárido brasileiro. **Embrapa Semiárido**, p. 19-49. 2016.

DUARTE, V. et al. Monitoramento do desflorestamento em escala global: uma proposta baseada nos projetos PRODES Digital e DETER. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 13, p. 6687-6694, 2007.

EDVAN, R. L. **Sistemas Conservacionistas de Recuperação de Pastagem Degradada**. Appris Editora e Livraria Eireli-ME, 2018. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=1951DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=sistemas+agroflorestais+e+sistemas+conservacionistas+&ots=hpS7zfBO-w&sig=oeypoJmOCHfsfgtMlvJfuR0Da44#v=onepage&q=sistemas%20agroflorestais%20e%20sistemas%20conservacionistas&f=false>>. Acesso em: 28 mai. 2021.

ELLIOTT, J. **An introduction to sustainable development**. Routledge, 2012.
EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Vetor compactado - Mapa de erodibilidade dos solos à erosão hídrica do Brasil (Primeira aproximação)**. 2020. Disponível em: <<http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2924>>. Acesso: 5 jun. 2021.

ESPINDOLA, J. A. A. et al. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 321-328, 2006.

EWERT, M. et al. Avaliação financeira e desempenho produtivo de Sistemas Agroflorestais Agroecológicos. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 5, 2021.

FARIA, J. C. T. et al. Uso de resíduos orgânicos no crescimento de mudas de Mimosa setosa. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 76, p. 409-418, 2013.

FARIA, L. M. S. Aspectos gerais da Agroecologia no Brasil. **Revista Agrogeoambiental**, v. 6, n. 2, 2014.

FEITOSA, A. P. Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento de macrófitas no reservatório de Santa Cruz–Apodi/RN. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 8, n. 2, p. 44-54, 2022.

FERNANDES NETO, S.; FERNANDES, P. D.; BARACUHY, J. G. V. Classificação do Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica Riacho Fundo – PB. In: BARACUHY, J. G. V.; FURTADO, D. A.; FRANCISCO, P. R. M (Org.). **Unidade de Tecnologias Integradas para Conservação de Recursos Hídricos**. 1ª ed. Campina Grande – PB: Epgraf, 2015. p. 33 – 41.

FERNANDES, M. F.; QUEIROZ, L. P. Vegetação e flora da Caatinga. **Ciência e cultura**, v. 70, n. 4, p. 51-56, 2018.

FERRAZ, E. M. N. et al. Composição florística em trechos de vegetação de caatinga e brejo de altitude na região do Vale do Pajeú, Pernambuco. **Brazilian Journal of Botany**, v. 21, n. 1, p. 7-15, 1998.

FERREIRA, F.; DE ALMEIDA, N. R. Diagnóstico da recuperação ambiental no IF Sudeste MG-campus Rio Pomba. **Revista ponto de vista**, v. 9, n. 2, p. 03-19, 2020.

FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 30, n. 4, p. 379-390, 2008.

FERREIRA, R. L. C. **Regeneração natural e morfologia de sementes e plântulas de espécies arbóreas em remanescente de floresta tropical úmida, Pernambuco, Brasil**. 2020. 155p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.

FIGUEIREDO, Divino. Conceitos básicos de sensoriamento remoto. **São Paulo**, 2005.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em sensoriamento remoto**. Oficina de Textos, 2007.

FONSECA, S. F.; HERMANO, V. M.; SILVA, A. C. Mapeamento do uso da terra nos municípios de Janaúba e Nova Porteirinha (MG) usando dados de sensoriamento remoto. **Élisée-Revista de Geografia da UEG**, v. 5, p. 103-119, 2016.

FORTES, F. O.; LÚCIO, A. D.; STORCK, L. Plano amostral para coleta de serapilheira na Floresta Ombrófila Mista do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2512-2518, 2008.

FRANÇA, L. C. J. et al. Áreas prioritárias a conservação em função da declividade em núcleo de desertificação no semiárido brasileiro. **ACTA GEOGRÁFICA**, v. 14, n. 34, p. 74-96, 2020.

FRANCISCO, P. R. M. et al. Análise espectral e avaliação de índices de vegetação para o mapeamento da caatinga. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 3, p. 26, 2015.

FREIRE, N. C. F.; SILVA, J. B.; MOURA, D. C. Mapeamento e análise espectro-temporal das Unidades de Conservação de Proteção Integral da administração federal no Bioma Caatinga. **Recife: Fundação Joaquim Nabuco**, v. 81, p. 1-52, 2015.

FREITAG, R. et al. Técnicas nucleadoras e adubação verde em unidades demonstrativas de restauração ecológica. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 56-71, 2018.

FREITAS, L. N. et al. Banco de sementes com serrapilheira como indicador de restauração florestal em região de cerrado no município de Coxim, MS. **Holos Environment**, v. 21, n. 2, p. 198-214, 2021.

FREITAS, S. R.; LONGO, K. M.; RODRIGUES, L. F. Modelagem numérica da composição química da atmosfera e seus impactos no tempo, clima e qualidade do ar. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, p. 188-207, 2009.

FUSSELL, Jay; RUNDQUIST, Donald; HARRINGTON, J. A. On defining remote sensing. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 52, n. 9, p. 1507-1511, 1986.

GANEM, K. A. et al. Mapeamento da Vegetação da Caatinga a partir de Dados Ópticos de Observação da Terra—Oportunidades e Desafios. **Rev Bras Cartogr**, v. 72, p. 829-854, 2020.

GANN, G. D. et al. International principles and standards for the practice of ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 27, p. S1-S46, 2019.

GARTLEY, M. et al. Temporally adjusted atmospheric compensation (TAAC) for space-based multispectral imagery. In: **Earth Observing Systems XXVII**. SPIE, 2022. p. 158-168.

GERBER, D. **Modelação do crescimento inicial de espécies arbóreas utilizadas em restauração florestal**. 2020. 67p. Dissertação Mestrado em Gestão de Recursos Florestais). Instituto Politécnico de Bragança, Portugal. 2020.

GIACOMONI, M. H.; MENDES, C. A. B. Estimativa da evapotranspiração regional por meio de técnicas de sensoriamento remoto integradas a modelo de balanço de energia. **Rbrh: revista brasileira de recursos hídricos**. Porto Alegre, RS. Vol. 13, n. 4 (out./dez. 2008), p. 33-42, 2008.

GODOY, G. C.; MIRANDA, B. C.; CARDOZO, S. P. Utilização de poleiros artificiais em recuperações de áreas degradadas ou alteradas. **In: Anais Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar (ISSN-2527-2500) & Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar**. 2019.

GONZAGA, J. A. M.; SIDDIQUE, I. Crescimento inicial de árvores pioneiras estimula estabelecimento de árvores secundárias semeadas diretamente nos mesmos berços de plantio. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

GOOGLE. Google Earth website, 2023. Disponível em: <<https://code.earthengine.google.com/>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

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

GORELICK, N. Google earth engine. In: **EGU general assembly conference abstracts**. Vienna, Austria: American Geophysical Union, 2013. p. 11997.

GREEN, K.; KEMPKA, D.; LACKEY, L. Using remote sensing to detect and monitor land-cover and land-use change. **Photogrammetric engineering and remote sensing**, v. 60, n. 3, p. 331-337, 1994.

GUERRA, A. J. T. et al. Slope processes, mass movement and soil erosion: A review. **Pedosphere**, v. 27, n. 1, p. 27-41, 2017.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. Oficina de Textos, 2017.

GUO, Y.; ZENG, F. Atmospheric correction comparison of SPOT-5 image based on model FLAASH and model QUAC. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 39, n. 7, p. 21-23, 2012.

GXOKWE, S.; DUBE, T.; MAZVIMAVI, D. Leveraging Google Earth Engine platform to characterize and map small seasonal wetlands in the semi-arid environments of South Africa. **Science of The Total Environment**, v. 803, p. 150139, 2022.

HANSEN, M. C et al. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. **Science**, v. 342, n. 6160, p. 850-853, 2013.

HEBERLE, M. et al. Variações no microclima e características do solo em paisagens com diferentes coberturas vegetais: ação de campo junto ao Morro da Harmonia–Teutônia/RS. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 9, n. 3, 2017.

HIGGS, E. et al. On principles and standards in ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 26, n. 3, p. 399-403, 2018.

HOEK, A. C. et al. Healthy and environmentally sustainable food choices: Consumer responses to point-of-purchase actions. **Food Quality and Preference**, v. 58, p. 94-106, 2017.

HOLANDA, A. C. et al. Aporte de serapilheira e nutrientes em uma área de caatinga. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 621-633, 2017.

HOLANDA, A. C. et al. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de Caatinga na Paraiba. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 245-254, 2015.

HOLANDA, F. S. R. et al. Crescimento inicial de espécies florestais na recomposição da mata ciliar em taludes submetidos à técnica da bioengenharia de solos. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, p. 157-166, 2010.

HOLANDA, F. S. R.; ROCHA, I. P.; OLIVEIRA, V. S. Estabilização de taludes marginais com técnicas de bioengenharia de solos no Baixo São Francisco. **Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 12, n. 6, p. 570-575, 2008.

HOLL, K.D. Restoration of tropical forests. In: VAN ANDEL, J.; ARONSON, J. (Ed.). **Restoration Ecology: The New Frontier**. 2 nd ed. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2012. p. 103–114.

HOLL, K.D.; AIDE, T.M. When and where to actively restore ecosystems? **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 261, n. 10, p. 1558–1563, mai. 2011. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378112710003750>>. Acesso em: 01 mai. 2021.

HOMMA, A.K.O. **Produção rural: empresarial e familiar: plano de desenvolvimento sustentável da Amazônia Legal: estudos diagnósticos setoriais – PDSA 2005-2008**. Belém: Agência de Desenvolvimento da Amazônia – ADA, Universidade Federal do Pará/Organização dos Estados Americanos, 2006. 104 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de informações ambientais**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/taquaritinga-donorte/panorama>>. Acesso em: 20 jun. 2021

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bases Cartográficas Contínuas**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2019/>. Acesso em: 20 jun. 2021

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades: Taquaritinga do Norte**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia>>. Acesso em: 20 jun. 2021

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manuais Técnicos em Geociências: Manual Técnico de Pedologia 2ª Ed.** Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2021

IBNUTAMA, K.; WINATA, H.; HUTASUHUT, M. Web-Based College Student Assignment File Collection Application Using Google Drive API. **The IJICS (International Journal of Informatics and Computer Science)**, v. 3, n. 2, p. 34-40, 2019.

IMPERATORE, P. SAR Imaging Distortions Induced by Topography: A Compact Analytical Formulation for Radiometric Calibration. **Remote Sensing**, v. 13, n. 16, p. 3318, 2021.

INHAMUNS, M. C. **Regeneração natural ou plantio de mudas? Uma análise de restauração de matas ciliares no norte do Rio Grande do Sul**. 2019. 59p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental). Universidade Federal da Fronteira Sul, 2019.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Topodata**: banco de dados geomorfométricos do Brasil. Variáveis geomorfométricas locais. São José dos Campos, 2008.

ISERNHAGEN, I. et al. Diagnóstico ambiental das áreas a serem restauradas visando a definição de metodologias de restauração florestal. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. (Ed.). **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: Referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009. p. 87–126.

ISLAM, S. U. et al. Land-cover classification and its impact on Peshawar's land surface temperature using remote sensing J. **Computers, Materials and Continua**, v. 70, p. 4123-45, 2022.

JAHROMI, M. N. et al. Google Earth Engine and its application in forest sciences. In: **Spatial Modeling in Forest Resources Management**. Springer, Cham, 2021. p. 629-649.

JAIN, S. et al. Development of cloud-based rainfall-run-off model using Google Earth Engine. **Current Science (00113891)**, v. 121, n. 11, 2021.

JARAMILLO-BOTERO, C. et al. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema agroflorestal na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 869-877, 2008.

JARDIM, A. M, R. F. et al. Estimativas de perda de solo por erosão hídrica para o município de Serra Talhada, PE. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, p. 186-193, 2017.

JESUS, J. B. de; KUPLICH, T. M. Utilização de imagens SAR na classificação de formações florestais brasileiras. **Ciência Florestal**, v. 31, p. 1547-1568, 2021.

JÚNIOR, A. P. et al. Paredes verdes, urbanização, vegetação e as tendências de variações da temperatura, umidade do ar e ventos. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 15, n. 28, 2018.

JUNIOR, P. B. S. et al. Estudo comparativo entre agricultura orgânica e convencional no cultivo de morango em Rancho Queimado (SC). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 5, n. 1, p. 115-128, 2014.

- KAGEYAMA, P. Y. Plantações mistas com espécies nativas com fins de proteção e reservatórios. In: **CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO**, 6, Campos de Jordão, 1990. Anais. São Paulo, SBS/SBEF, 1990. v.1, p. 109-13.
- KATAGIS, T.; GITAS, I. Z. Assessing the Accuracy of MODIS MCD64A1 C6 and FireCCI51 Burned Area Products in Mediterranean Ecosystems. **Remote Sensing**, v. 14, n. 3, p. 602, 2022.
- KELLY, B. A. et al. Restoring vegetation and degraded lands by using assisted natural regeneration approach (ANRA): case study at Bankass in the centre of Mali, West Africa. **Environment, Development and Sustainability**, p. 1-17, 2021.
- KICHEL, A. N. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e o progresso do setor agropecuário brasileiro. **Embrapa Gado de Corte**, p. 50-58. 2019.
- KIM, S.; LEE, Y. Atmospheric Correction of Sentinel-2 Images Using Enhanced AOD Information. **Korean Journal of Remote Sensing**, v. 38, n. 1, p. 83-101, 2022.
- KUMAR, Lalit; MUTANGA, Onesimo. Google Earth Engine applications since inception: Usage, trends, and potential. **Remote Sensing**, v. 10, n. 10, p. 1509, 2018.
- LATORRE, Marcelo et al. Análise comparativa dos principais métodos para correção atmosférica de imagens hiperespectrais AVIRIS. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, v. 10, n. 2001, p. 1285-1292, 2001.
- LE BOURLEGAT, J. M. G. **Avaliação do efeito de diferentes micro-habitat no processo de restauração ecológica de Floresta Estacional Semidecidual**. 2020. 128p. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2020.
- LEAL, A. I. et al. Is research supporting sustainable management in a changing world? Insights from a Mediterranean silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, v. 93, n. 1, p. 355-368, 2019.
- LEAL, M. L. M. Monitoramento do desflorestamento em assentamentos rurais amazônicos com uso de geoprocessamento. **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 1, n. 3, 2021.
- LENCI, L. H. V. et al. Aspectos fitossociológicos e indicadores da qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Nativa**, v. 6, p. 745-753, 2018.
- LEPRINCE, S. et al. Monitoring earth surface dynamics with optical imagery. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 89, n. 1, p. 1-2, 2008.
- LI, J. et al. A review of remote sensing for environmental monitoring in China. **Remote Sensing**, v. 12, n. 7, p. 1130, 2020.
- LIANG, D. et al. Time-series snowmelt detection over the Antarctic using Sentinel-1 SAR images on Google Earth Engine. **Remote Sensing of Environment**, v. 256, p. 112318, 2021.

LIANG, J. et al. Modeling urban growth sustainability in the cloud by augmenting Google Earth Engine (GEE). **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 84, p. 101542, 2020.

LIMA, A. O. **Análise Temporal do Uso e Ocupação da Superfície do Município de Paulista – PE**. 2017. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) em Engenharia Florestal. Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Recife, 2017.

LIMA, C. A. et al. Uso de coberturas alternativas do solo para o controle das perdas de solo em regiões semiáridas. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 25, n. 3, p. 531-542, 2020.

LIN, L. et al. Monitoring land cover change on a rapidly urbanizing island using Google Earth Engine. **Applied Sciences**, v. 10, n. 20, p. 7336, 2020.

LINS, R.C. 1989. **As áreas de exceção do agreste de Pernambuco**. Sudene, Recife.

LIU, S. et al. Effect of natural conditions and mining activities on vegetation variations in arid and semiarid mining regions. **Ecological Indicators**, v. 103, p. 331-345, 2019.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Oficina de Textos, 2015.

LÓPEZ, R. A note on the environmental effects of agricultural expansion: theoretical note. **ROA Publication: Rome**, v. 2, n. 3, p. 77-92, 2002.

LOURENÇO, R. W.; LANDIM, P. M. B. Estudo da variabilidade do " índice de vegetação por diferença normalizada/NDVI" utilizando krigagem indicativa. **Holos environment**, v. 4, n. 1, p. 38-55, 2004.

LUCENA, E. H. L. **Estoques de carbono e nitrogênio em solos de floresta ombrófila densa e cultivados com cana-de-açúcar em Pernambuco e Alagoas**. 119p. 2019. Tese (Doutorado em Tecnologias Energéticas e Nucleares). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

MACHADO, P. P. et al. Geoprocessamento aplicado a área de meio ambiente: um estudo de caso baseado em processamento digital de imagens e sensoriamento remoto. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, p. 23819-23836, 2022.

MACIEL, N. A. L. O Jardim Botânico de São Paulo e a promoção da restauração ecológica junto às escolas. **Paubrasilia**, v. 3, n. 1, p. 37-45, 2020.

MADARI, B. E. et al. Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. **Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 17p. 2009.

MAEDA, E. E. et al. Predicting forest fire in the Brazilian Amazon using MODIS imagery and artificial neural networks. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 11, n. 4, p. 265-272, 2009.

MAGALHAES, M. J. M. Utilização de fibra de coco seco e madeiras de paletes na estabilização de voçorocas. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 5, n. 1, 2013.

MAHINY, A. S.; TURNER, B. J. A comparison of four common atmospheric correction methods. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 73, n. 4, p. 361-368, 2007.

MANNA, A. J. 25 years of Tiros satellites. **American Meteorological Society, Bulletin**, v. 66, p. 421-423, 1985.

MAPBIOMAS. “Projeto MapBiomias – Coleção 1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. 2016. Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR>. Acesso em: 10 jan. 2023.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomias – Coleção 7.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR>. Acesso: 5 jun. 2023.

MARANHÃO, D. D. C. et al. Correção de imagens e caracterização do uso da terra no município de pinheiral, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 62, p. 174-178, 2017.

MARIOT, M. P.; BARBIERI, R. L. Metabólitos secundários e propriedades medicinais da espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss. e *M. aquifolium* Mart.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 9, n. 3, p. 89-99, 2007.

MARQUES, J. F. Custos da erosão do solo em razão dos seus efeitos internos e externos à área de produção agrícola. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 36, n. 1, p. 61-80, 2019.

MARTINELLI, S. S.; CAVALLI, S. B. Alimentação saudável e sustentável: uma revisão narrativa sobre desafios e perspectivas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, p. 4251-4262, 2019.

MARTINS, D. A. P. et al. Avaliação da transposição de serapilheira e do banco de sementes do solo em uma área degradada no planalto catarinense. **Floresta**, v. 47, n. 3, 2017.

MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B.; ECHER, M. P. S. Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geoestacionário: o Projeto Swera. **Revista brasileira de Ensino de Física**, v. 26, p. 145-159, 2004.

MARTINS, W. B. R. et al. Deposição de serapilheira e nutrientes em áreas de mineração submetidas a métodos de restauração florestal em Paragominas, Pará. **Floresta**, v. 48, n. 1, p. 37-48, 2018.

MATEUS, F. A. et al. Estoque e capacidade de retenção hídrica da serrapilheira acumulada na restauração florestal de áreas perturbadas na Mata Atlântica. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 3, p. 336-343, 2013.

MAURANO, L. E. P.; ESCADA, M. I. S.; RENNO, C. D. Padrões espaciais de desmatamento e a estimativa da exatidão dos mapas do PRODES para Amazônia Legal Brasileira. **Ciência florestal**, v. 29, p. 1763-1775, 2019.

MELESSE, A. M. et al. Remote sensing sensors and applications in environmental resources mapping and modelling. **Sensors**, v. 7, n. 12, p. 3209-3241, 2007.

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

MENG, X. et al. Monitoring desertification in Mongolia based on Landsat images and Google Earth Engine from 1990 to 2020. **Ecological Indicators**, v. 129, p. 107908, 2021.

MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. 398p.

MIGUEL, B. H.; RENNO, C. D. Uso de Dados de Radar Meteorológico em Modelo Hidrológico SCS-CN para a Estimativa de Escoamento Superficial. **Rev. Bras. Cartogr**, v. 72, n. 3, 2020.

MLENEK, D. C. et al. Revisão sistemática da literatura sobre detecção de árvores utilizando dados de sensoriamento remoto. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 1, p. 71-79, 2019.

MOCKSHELL, J.; VILLARINO, MA. E. (2019). Agroecological intensification: Potential and limitations to achieving food security and sustainability, In: Ferranti, P., Berry, E.M., Anderson, J.R. (Eds.), **Encyclopedia of Food Security and Sustainability**, vol. 3, pp. 64–70. Elsevier.

MÔNICO, A. C. **Alternativas para restauração florestal de pastagens**. 2019. 181p. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2019.

MONTEIRO, M. J. S. **Produtos Florestais não Madeireiros: As Comunidades e a Sustentabilidade do Desenvolvimento**. Editora Appris, 2021.

MONTERO, D. EEMONT: A Python package that extends Google Earth Engine. **Journal of Open Source Software**, v. 6, n. 62, p. 3168, 2021.

MOREIRA, V. M.; NUÑEZ, D. N. C. Estimativa de produtividade da cultura da soja na safra 2021/22: Índices de vegetação e Machine Learning. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n. 1, p. 7-15, 2023.

MORES, G. J.; BOBROWSKI, R. Efeitos da presença e distância de poleiros artificiais na dispersão de sementes de uma área degradada em Irati, Paraná. **Acta Biológica Catarinense**, v. 5, n. 2, p. 106-117, 2018.

MUCHANE, M. N. et al. Agroforestry boosts soil health in the humid and sub-humid tropics: A meta-analysis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 295, p. 106899, 2020.

MUCHSIN, F. et al. Comparison of atmospheric correction models: FLAASH and 6S code and their impact on vegetation indices (case study: paddy field in Subang District, West Java). In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2019. p. 012034.

NAHSSEN, M. H. C. **Enriquecimento de uma floresta em restauração por meio da semeadura direta e introdução de plântulas**. 2018. 135p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2018

NARCISA-OLIVEIRA, J. et al. Agroecologia e Sistemas Alimentares Sustentáveis. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 9-9, 2018.

NASA. World Wind website. **The Electromagnetic Spectrum**. 2013. Disponível em: <<https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html>>. Acesso em: 05 de jan. 2023.

NASCIMENTO, T. V.; FERNANDES, L. L. Mapeamento de Uso e Ocupação do Solo em uma Pequena Bacia Hidrográfica da Amazônia. **Ciência e Natura**. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM. v.39, nº 1, jan - abr, p. 170 – 178, 2017. (ISSN 2179-460X). Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/21737>>. Acesso em: 28 jun. 2023.

NETA, S. R. A.; DA COSTA FREITAS, C.; DUTRA, L. V. Uso de imagens ALOS/PALSAR multipolarizadas para detecção de incremento de desflorestamento na Amazônia. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 2, p. 417-431, 2010.

NSENGIMANA, V. et al. Diversity and abundance of soil-litter arthropods and their relationships with soil physicochemical properties under different land uses in Rwanda. **Biodiversity**, p. 1-12, 2021.

NUNES, F. S. M. et al. Enabling large-scale forest restoration in Minas Gerais state, Brazil. **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 4, p. 044022, 2017.

OC – OBSERVATÓRIO DO CLIMA. Análise da evolução das emissões de GEE no Brasil (1990-2012) documento síntese. **Observatório do Clima (OC)**. São Paulo: sn, p. 21, 2014.

OC – OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Análise da evolução das emissões de GEE no Brasil (1970–2013) e suas implicações para políticas públicas**. São Paulo: Observatório do Clima, 2015.

OC – OBSERVATÓRIO DO CLIMA. Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG) – Mudança de Uso da Terra. **Observatório do Clima [online]**, 2013.

OJIMA, R.; MARANDOLA JR, E. Indicadores e políticas públicas de adaptação às mudanças climáticas: vulnerabilidade, população e urbanização. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, n. 18, p. 16-24, 2010.

OLIVEIRA, A. S. et al. Semeadura direta e plantio de mudas para recuperação de nascentes no rio Piauitinga, município de Salgado, Sergipe, Brasil. **Revista Thema**, v. 21, n. 1, p. 289-302, 2022.

OLIVEIRA, C. A. et al. Avaliação da retenção de sedimentos pela vegetação ripária pela caracterização morfológica e físico-química do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1281-1287, 2010.

OLIVEIRA, M. D. et al. Caracterização da Chuva de Sementes em Áreas de Preservação Permanente no Município de Sidrolândia, MS. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 10-10, 2018.

OLIVERA, M. M.; DA SILVA DANTAS, N.; DE ARAÚJO, S. M. S. Recuperação de áreas degradadas e mineração: análise da produção científica internacional na Web of Science (WoS). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 7, p. 672-689, 2020.

ORSANO, A. O. Análise dos impactos ambientais em áreas de garimpo de opala no município de Pedro II. **Anais do Integra**, v. 2, 2019.

ORTIZ, P. R. T. **Monitoramento de um reflorestamento com alta diversidade de espécies nativas, sob três condições de adensamento de mudas, no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo/SP**. 62p. 2017. Dissertação (Mestrado em biodiversidade vegetal e meio ambiente). Instituto de Botânica, São Paulo, 2017.

PADOVAN, M. P. et al. Financial analysis of a complex agroforestry system for environmental restoration purpose in the Brazilian Rainforest. **Agroforestry Systems**, v. 96, n. 2, p. 235-248, 2022.

PANAGOS, P. et al. Cost of agricultural productivity loss due to soil erosion in the European Union: From direct cost evaluation approaches to the use of macroeconomic models. **Land Degradation & Development**, v. 29, n. 3, p. 471-484, 2018.

PEREIRA, L. C.; TOSTO, S. G.; ROMEIRO, A. R. Uso das terras: perdas de solo por erosão e valoração econômica. Embrapa Meio Ambiente-Capítulo em livro científico (ALICE). In: SEABRA, G. (Org.). **Terra: mudanças climáticas e biodiversidade**. Ituiutaba: Barlavento, 2019. p. 929-943.

PEREIRA, P. B.; DE BRITO NUNES, H. K.; DA SILVA ARAÚJO, F. A. Análise multitemporal de uso, ocupação e cobertura da terra na zona Leste da cidade de Caxias/Maranhão/Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 3, p. 1415-1428, 2021.

PEREIRA, R. C. A.; DA SILVA, J. A.; BARBOSA, J. I. S. Flora de um “brejo de altitude” de Pernambuco: Reserva Ecológica da Serra Negra. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 7, p. 286-304, 2010.

PEREIRA, Z. V. et al. A restauração ecológica em área de preservação permanente no Estado de Mato Grosso do Sul. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 4394-4407, 2020.

PIAIA, B. B. et al. Transposição do banco de sementes para restauração ecológica da floresta estacional no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 227-235, 2017.

PINOTTI, L. C. A.; HANISCH, A. L.; NEGRELLE, R. R. B. Regeneração natural em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista sob diferentes manejos do estrato herbáceo. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 4, p. 1213-1232, 2020.

PINTO, G. S. et al. Estimativa das perdas de solo por erosão hídrica utilizando o Método de Erosão Potencial. **Revista Do Departamento De Geografia**, v. 39, p. 62-71, 2020.

PINTO, L. P. et al. Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um hotspot mundial. **Biologia da conservação: essências. São Carlos: RiMa**, p. 91-118, 2006.

PÔRTO, K. C.; GERMANO, S. R.; BORGES, G. M. Avaliação dos brejos de altitude de Pernambuco e Paraíba, quanto à diversidade de briófitas, para a conservação. In: **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação. Brasília, Ministério do Meio Ambiente**, p. 79-97, 2004.

QIU, S. et al. Evaluation of Landsat image compositing algorithms. **Remote Sensing of Environment**, v. 285, p. 113375, 2023.

RAI, A. et al. Effect of elevated CO₂ on litter functional traits, mass loss and nutrient release of two subtropical species in free air carbon enrichment facility. **Environmental and Experimental Botany**, v. 172, p. 103994, 2020.

RAMÍREZ-SOTO, A. et al. Restoration of tropical montane cloud forests: a six-prong strategy. **Restoration Ecology**, v. 26, n. 2, p. 206-211, 2018.

RAMOS INÁCIO, D.; VIEIRA BARBOZA, D.; FREIRE BRUNO, S. Sensoriamento Remoto e uso e Cobertura da Terra: Uma Revisão sobre Monitoramento. **Revista FSA**, v. 17, n. 11, 2020.

RANI, N.; MANDLA, V. R.; SINGH, T. Evaluation of atmospheric corrections on hyperspectral data with special reference to mineral mapping. **Geoscience Frontiers**, v. 8, n. 4, p. 797-808, 2017.

REGENSBURGER, B.; COMIN, J. J.; AUMOND, J. J. Integração de técnicas de solo, plantas e animais para recuperar áreas degradadas. **Ciência Rural**, v. 38, n. 6, p. 1773-1776, 2008.

REIS, A.; BECHARA, F.C. Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 509-519, 2014.

REIS, A.; TRES, D. R.; BECHARA, F. C. A nucleação como novo paradigma na restauração ecológica: “espaço para o imprevisível”. **Simpósio sobre recuperação de áreas degradadas com ênfase em matas ciliares. IB: São Paulo**, p. 104-121, 2006.

REIS, A.; TRES, D. R.; SCARIOT, E. C. Restauração na Floresta Ombrófila Mista através da sucessão natural. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 55, p. 67-67, 2007.

REISCH, R. D. N. O potencial brasileiro para gerar créditos de carbono através da conservação florestal, reflorestamento e produção agrícola sustentável. **Humboldt-Revista de Geografia Física e Meio Ambiente**, v. 1, n. 3, 2021.

RENCZ, A. N.; RYERSON, R. A. (Ed.). **Manual of remote sensing, remote sensing for the earth sciences**. John Wiley & Sons, 1999.

RESENDE, A. S.; CHAER, G. M. Manual para recuperação das áreas degradadas por extração de piçarra na Caatinga. **Embrapa Agrobiologia**, 2010.

RESENDE, R. S. et al. Efeito da cobertura morta no padrão de distribuição de água em microaspersão. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 9, n. 5, p. 278-286, 2015.

RIBEIRO, L. A. et al. Levantamento de espécies arbóreas atingidas por queimadas em fragmento de mata atlântica no município de Taquaritinga do Norte. In: **IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, São Bernardo do Campo, SP. 2018.

RITCHIE, J. C.; ZIMBA, P. V.; EVERITT, J. H. Remote sensing techniques to assess water quality. **Photogrammetric engineering & remote sensing**, v. 69, n. 6, p. 695-704, 2003.

RITSCHKE, J.; KATZENSTEINER, K.; ACÁCIO, V. Tree regeneration patterns in cork oak landscapes of Southern Portugal: The importance of land cover type, stand characteristics and site conditions. **Forest Ecology and Management**, v. 486, p. 118970, 2021.

RODAL, M. J. N. et al. Flora de um Brejo de Altitude na escarpa oriental do planalto da Borborema, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 843-858, 2005.

RODRIGUES, E. R. **Práticas em recuperação de áreas degradadas**. Editora Senac São Paulo, 2023. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=VUjJEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2002&dq=reflorestamento+%C3%A9+necess%C3%A1rio+quando+h%C3%A1+uma+perca+significativa+de+%C3%A1rea+devastada,+e+essa+pr%C3%A1tica+recupera+o+meio+ambiente+e+vem+sendo+cada+dia+mais+discutido,+tanto+nos+tipos+de+atividades+de+recupera%C3%A7%C3%A3o+quanto+na+sua+necessidade,+sendo+uma+pr%C3%A1tica&ots=MKw57x7_3&sig=a2nf-4xd0YVb5HcBb_kMJPPggss#v=onepag e&q&f=false>. Acesso em: 27 jul. 2023.

RODRIGUES, P. C. G. et al. Ecologia dos Brejos de Altitude do agreste pernambucano. **Revista de Geografia**, v. 25, n. 3, p. 20-34, 2008.

ROSA, R. O uso de tecnologias de informação geográfica no Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1-17, 2011.

ROSA, V.; GAIOFATTO, R. L. Bioengenharia aplicada à estabilização de encostas no município de Petrópolis-RJ. **Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis**, v. 12, n. 1, p. 1-15, 2019.

ROY, A.; INAMDAR, A. B. Multi-temporal Land Use Land Cover (LULC) change analysis of a dry semi-arid river basin in western India following a robust multi-sensor satellite image calibration strategy. **Heliyon**, v. 5, n. 4, p. e01478, 2019.

SAINI, V.; TIWARI, R. K.; GUPTA, R. P. Comparison of FLAASH and QUAC atmospheric correction methods for Resourcesat-2 LISS-IV data. In: **Earth Observing Missions and Sensors: Development, Implementation, and Characterization IV**. SPIE, 2016. p. 388-396.

SALAMI, G. et al. A dificuldade na aplicação das leis ambientais brasileiras: a questão da flexibilização na fiscalização. In: **9º Congresso Florestal Brasileiro**. 2022. p. 159-162.

SALMI, F. Utopias climáticas: Observatório do Clima e Ato pela Terra. **Estudos de Sociologia**, p. e022031-e022031, 2022.

SANTIAGO, A. C. P.; BARROS, I. C. L.; SYLVESTRE, L. S. Pteridófitas ocorrentes em três fragmentos florestais de um brejo de altitude (Bonito, Pernambuco, Brasil). **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 4, p. 781-792, 2004.

SANTOS, K. T. et al. Análise da dinâmica erosiva em brejo de altitude em AL: o caso de Água Branca. In: **III Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**, Belo Horizonte, MG, 2020.

SANTOS, M. S.; NASCIMENTO, P. S. R. Análise da suscetibilidade e vulnerabilidade à erosão hídrica pelo processo analítico hierárquico (AHP). **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 9, n. 1, p. 1-19, 2021.

SANTOS, O. F. **Variabilidade espacial da chuva de sementes em área ciliar da caatinga no Semiárido Paraibano**. 2017. 37p. Monografia (Graduação em Tecnologia em Agroecologia) Universidade Federal de Campina Grande, 2017.

SANTOS, Z.; DE CARMARGO SANT'ANA, C. Integração do Google Drive e WhatsApp como ambiente de aprendizagem em uma disciplina no ensino superior. **Revista de Ciência da Computação**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2019.

SARIF, M. et al. Spatiotemporal mapping of Land Use/Land Cover dynamics using Remote Sensing and GIS approach: a case study of Prayagraj City, India (1988–2018). **Environment, Development and Sustainability**, v. 24, n. 1, p. 888-920, 2022.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1375-1384, 2010.

SCHLEICH, A. P.; DA ROCHA FILHO, J. B.; LAHM, R. A. Estudos do meio ambiente a partir de técnicas de sensoriamento remoto. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 18, n. 54, p. 38-52, 2022.

SCHMEIER, N. P. Bioengenharia de solos: uma alternativa à recuperação de áreas degradadas. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 5, n. 4, 2013.

SCHMITT, T. et al. Análise fitossociológica para a recuperação de áreas degradadas utilizando espécies de Cerrado. **Global Science and Technology**, v. 11, n. 2, 2018.

SCORIZA, R. N. et al. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. **Série Técnica Floresta e Ambiente**, v. 2, p. 1-18, 2017.

SCOTTI, R. et al. Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 15, n. 2, p. 333-352, 2015.

SERVILHERI, J. G. et al. Uso de poleiros artificiais na recomposição do banco de sementes em área de mata ciliar. **Revista Uningá Review**, v. 36, p. eURJ3713-eURJ3713, 2021.

SHIMABUKURO, Y. E.; MAEDA, E. E.; FORMAGGIO, A. Ro. Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas aplicados ao estudo dos recursos agrônômicos e florestais. **Ceres**, v. 56, n. 4, 2015.

SHONO, K. et al. Assisted natural regeneration: harnessing nature for restoration. **Unasyva**, v. 252, p. 71-81, 2020.

SILVA, A. C. **Análise estrutural do maciço rochoso para orientação otimizada da face livre em pedreira localizada no distrito de Pão de Açúcar, município de Taquaritinga do Norte, Pernambuco**. 2016. 79 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2016.

SILVA, A. J. Erosão entressulcos e escoamento superficial em solo com diferentes coberturas e declividades. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 4, n. 2, 2019.

SILVA, C. J. et al. Contribuição de folhas na formação da serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 3, p. 591-600, 2009.

SILVA, D. A. et al. Caracterização de plantas daninhas em área rotacionada de milho e feijão-caupi em plantio direto. **Scientia Agropecuaria**, v. 9, n. 1, p. 7-15, 2018.

SILVA, E. S. A.; PAES, N. A. Programa Bolsa Família e a redução da mortalidade infantil nos municípios do semiárido brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, p. 623-630, 2019.

SILVA, J. P. G. et al. Banco de sementes no solo e ecologia morfofuncional de plântulas em remanescente de Floresta Tropical conectado com matriz agrícola. **Rodriguésia**, v. 71, 2020.

SILVA, J. P. G. et al. Chuva de sementes e estabelecimento de plântulas em floresta tropical na região nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 4, p. 1478-1490, 2018.

SILVA, J. R. I. et al. Efeito de diferentes usos do solo na erosão hídrica em região semiárida. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 3, p. 272-283, 2019.

SILVA, M. **Avaliação ecológica de áreas ciliares em processo de restauração florestal na zona da mata norte, Pernambuco**. 2017. 97p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Recife, 2017.

SILVA, M. R. O. **Análise Financeira da Semeadura e do Plantio de Mudanças Arbóreas na Restauração Ecológica no Cerrado**. 109p. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2019.

SILVA, T. D. **Aceleração do processo de restauração de florestas tropicais através do uso de cobertura transitória ou poda**. 2019. 97p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo.

SOARES, I. et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes na cultura do cajueiro anão precoce. **Revista Árvore**, v. 32, n. 1, p. 173-181, 2008.

SOARES, P. G.; RODRIGUES, R. R. Semeadura direta de leguminosas florestais: Efeito da inoculação com rizóbio na emergência de plântulas e crescimento inicial no campo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 115-121, 2008.

SOLA, I. et al. Assessment of atmospheric correction methods for Sentinel-2 images in Mediterranean landscapes. **International journal of applied earth observation and geoinformation**, v. 73, p. 63-76, 2018.

SOUZA, M. N. **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Mérida Publishers, Canoas, Rio Grande do Sul, 2021. Disponível em: <<https://www.meridapublishers.com/17topicos/17topicos.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2021.

SOUZA, T.; CORREIA, S. Estudo de técnicas de realce de imagens digitais e suas aplicações. In: **II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica**. 2007. p. 3-10.

STATELLA, T.; SOUTO, R. N. V.; PEREIRA, R. R. D. Análise de distorções radiométricas de imagens da câmera tetracam adc lite. **Geosciences= Geociências**, v. 38, n. 4, p. 1083-1096, 2019.

TABARELLI, M.; SANTOS, A. M. M. Uma breve descrição sobre a história natural dos brejos nordestinos. **Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba, História Natural, Ecologia e Conservação**, v. 9, p. 17-24, 2004.

TAMIMINIA, H. et al. Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 164, p. 152-170, 2020.

TAQUARITINGA DO NORTE. Prefeitura Municipal. **Plano Diretor de Taquaritinga do Norte**. Recife: 2006.

TEOTIA, HARENDRA S. et al. Classificação da cobertura vegetal e capacidade de uso da terra na região do Cariri Velho (Paraíba), através de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, v. 11, p. 1969-1976, 2003.

THOMPSON, M. M. et al. (Ed.). **Manual of photogrammetry**. Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry, 1966.

THOMSON, C. N.; HARDIN, P. Remote sensing/GIS integration to identify potential low-income housing sites. **Cities**, v. 17, n. 2, p. 97-109, 2000.

TIAN, H. et al. A Comprehensive Monitoring and Assessment System for Multiple Fisheries Resources in the Northwest Pacific Based on Satellite Remote Sensing Technology. **Frontiers in Marine Science**, 2022.

TOMAZI, A. L.; ZIMMERMANN, C. E.; LAPS, R. Poleiros artificiais como modelo de nucleação para restauração de ambientes ciliares: caracterização da chuva de sementes e regeneração natural. **Biotemas**, v. 23, n. 3, p. 125-135, 2010.

TONIETTO, S. M. et al. Avaliação da fauna edáfica (Acari e Collembola) através dos índices ambientais em serrapilheira no Campus Capão do Leão, RS. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 2747-2763, 2017.

TOSCAN, M. A. G.; GUIMARÃES, A. T. B.; TEMPONI, L. G. Caracterização da produção de serapilheira e da chuva de sementes em uma reserva de floresta estacional semidecidual, Paraná. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 415-427, 2017.

TRENTIN, B. E. et al. Restauração florestal na Mata Atlântica: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 160-174, 2018.

TRES, D. R. et al. Poleiros artificiais e transposição de solo para a restauração nucleadora em áreas ciliares. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 312-314, 2007.

TRICHES, R. M. Dietas saudáveis e sustentáveis no âmbito do sistema alimentar no século XXI. **Saúde em Debate**, v. 44, p. 881-894, 2020.

TRIVEDI, A. et al. Remote sensing and geographic information system applications for precision farming and natural resource management. **Indian Journal of Ecology**, v. 49, n. 5, p. 1624-1633, 2022.

TROPEK, R. et al. Comment on “High-resolution global maps of 21st-century forest cover change”. **Science**, v. 344, n. 6187, p. 981-981, 2014.

USTIN, S. L.; GAMON, J. A. Remote sensing of plant functional types. **New Phytologist**, v. 186, n. 4, p. 795-816, 2010.

- VAN DER PLOEG, J. D. et al. The economic potential of agroecology: Empirical evidence from Europe. **Journal of Rural Studies**, v. 71, p. 46-61, 2019.
- VARGAS, G. R. et al. Dinâmica da acumulação de fitomassa e nutrientes na serapilheira sob plantios clonais de eucalipto. **Nativa**, v. 7, n. 1, p. 84-93, 2019.
- VARNIER, M. Monitoramento da biodiversidade e análise espacial a partir do sensoriamento remoto. **Boletim Alfenense de Geografia**, v. 2, n. 4, p. 245-258, 2022.
- VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. T. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. Série Técnica IPEF, v. 12, n. 32, p. 26, dez 1998.
- VITAL, A. R. T. et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.
- VIVAS, F. N.; NUNES, J. O. R. Recuperação de áreas degradadas em propriedade rural no município de Ceres-GO. **CIPEEX**, v. 2, p. 1305-1315, 2018.
- VOLPATO, S. B.; MENEZES, C. T. B.; SILVA, J. V. F. Recuperação ambiental de ecossistemas aquáticos em regiões estuarinas: estudos aplicados para o tratamento de sedimentos contaminados pela drenagem ácida de mina na Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga, Santa Catarina. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 313-316, 2017.
- WANG, Y. et al. What could promote farmers to replace chemical fertilizers with organic fertilizers?. **Journal of cleaner production**, v. 199, p. 882-890, 2018.
- WEIS, M. G. et al. Identificação de processos erosivos através de modelos hidrológicos e imagens aéreas de alta resolução. **Nativa**, v. 10, n. 3, p. 391-399, 2022.
- WESTAWAY, R. M.; LANE, S. N.; HICKS, D. M. Remote sensing of clear-water, shallow, gravel-bed rivers using digital photogrammetry. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 67, n. 11, p. 1271-1282, 2001.
- WIGLEY, K. et al. Photogrammetry for assessment of pasture biomass. **Journal of New Zealand Grasslands**, p. 33-40, 2019.
- WOLF, P. R.; DEWITT, B. A.; WILKINSON, B. E. **Elements of Photogrammetry with Applications in GIS**. McGraw-Hill Education, 2014.
- WONG, K. W. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. **Manual of Photogrammetry and Remote Sensing**, p. 88-101, 1980.
- XAVIER, J. P. S. et al. Estimativa da erosividade da chuva por diferentes métodos e seu impacto na equação universal de perdas de solo, no semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.12, n.03, p. 859-875, 2019.
- XIAO, J.; XIONG, K. A review of agroforestry ecosystem services and its enlightenment on the ecosystem improvement of rocky desertification control. **Science of The Total Environment**, v. 852, p. 158538, 2022.

YOSHIMURA, E. M. Física das Radiações: interação da radiação com a matéria. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 3, n. 1, p. 57-67, 2009.

YOUNG, A. et al. **Agroforestry for soil management**. CAB international, 1997.

YOUNG, A. et al. The potential of agroforestry for soil conservation. **ICRAF Reprint Series (Kenya)**, n. 75, 1990.

YOUNG, A. **International council for research in agroforestry**. Agroforestry for soil conservation. 1989.

ZANCANARI, N. S. et al. Inoculação de microrganismos e adição de resíduos para recuperação de área degradada no Cerrado, efeitos após seis anos de intervenção. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e71091110453-e71091110453, 2020.

ZHANG, J. et al. A survey on computational spectral reconstruction methods from RGB to hyperspectral imaging. **Scientific reports**, v. 12, n. 1, p. 1-17, 2022.

ZHANG, M.; YUE, P.; GUO, X. GIScript: Towards an interoperable geospatial scripting language for GIS programming. In: **2014 The Third International Conference on Agro-Geoinformatics**. IEEE, 2014. p. 1-5.

ZLINSZKY, A.; SUPAN, P.; KOMA, Z. Near real-time qualitative monitoring of lake water chlorophyll globally using GoogleEarth Engine. In: **EGU General Assembly Conference Abstracts**. 2017. p. 18950.

APÊNDICE A
DADOS METRICOS E ESTATISTICOS DO MUNICIPIO DE
TAQUARITINGA, PERNAMBUCO, BRASIL

ANOS	VEGETAÇÃO		AGROPECUÁRIA		URBANIZAÇÃO		RIOS E LAGOS (SUPERFICIAIS)	
	Km ²	%*	Km ²	%*	Km ²	%*	Km ²	%*
2000	281,54	59,25	190,67	40,13	2,23	0,49	0,55	0,12
2001	271,53	57,14	200,45	42,18	2,31	0,42	0,64	0,13
2002	270,01	56,82	201,55	42,42	2,45	0,52	0,99	0,21
2003	267,01	56,29	203,54	42,84	2,56	0,54	0,76	0,16
2004	288,12	60,63	184,14	38,75	2,62	0,55	1,44	0,30
2005	302,34	63,63	170,00	35,78	2,74	0,58	1,30	0,27
2006	301,34	63,42	169,26	35,62	2,86	0,60	1,04	0,22
2007	306,37	64,47	163,13	34,33	2,97	0,63	0,93	0,19
2008	257,46	54,16	205,51	43,25	3,11	0,65	1,20	0,25
2009	255,92	53,86	207,47	43,66	3,28	0,69	1,08	0,23
2010	282,10	59,37	186,36	39,22	3,49	0,72	1,03	0,22
2011	297,03	62,51	171,67	36,16	3,51	0,74	1,13	0,24
2012	292,06	61,46	173,70	36,55	3,58	0,75	0,92	0,19
2013	302,32	63,62	162,40	34,18	3,64	0,75	0,57	0,12
2014	299,67	63,06	163,42	34,39	3,77	0,79	0,28	0,06
2015	275,94	58,07	186,65	39,28	3,87	0,81	0,14	0,03
2016	272,57	57,36	186,39	39,22	3,88	0,82	0,04	0,01
2017	294,44	61,96	164,16	34,55	3,93	0,83	0,03	0,01
2018	288,67	60,75	176,62	37,17	4,06	0,85	0,15	0,03
2019	274,16	57,70	193,18	40,65	4,04	0,85	0,14	0,03
2020	260,54	54,83	207,17	43,60	4,20	0,88	0,18	0,04
Média* (%)								
	59,54		38,76		0,69		0,15	

* O cálculo de porcentagem (%) foi realizado a partir da extensão territorial do município de Taquaritinga do Norte, correspondendo a 475,18 Km².

* Para os cálculos das médias, considerou-se os valores da porcentagem.

APÊNDICE B
ESPÉCIES VEGETAIS OBSERVADAS NO MUNICÍPIO DE TAQUARITINGA
DO NORTE, PERNAMBUCO, BRASIL

Nº	Nome científico	Reino	Família	Gênero
1	<i>Acalypha</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Acalypha
2	<i>Acalypha brasiliensis</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Acalypha
3	<i>Acianthera ochreatea</i>	Plantae	Orchidaceae	Acianthera
4	<i>Acianthera saundersiana</i>	Plantae	Orchidaceae	Acianthera
5	<i>Adiantopsis radiata</i>	Plantae	Pteridaceae	Adiantopsis
6	<i>Aechmea</i>	Plantae	Bromeliaceae	Aechmea
7	<i>Aechmea cephaloides</i>	Plantae	Bromeliaceae	Aechmea
8	<i>Aechmea leptantha</i>	Plantae	Bromeliaceae	Aechmea
9	<i>Aechmea pernambucensis</i>	Plantae	Bromeliaceae	Aechmea
10	<i>Aechmea pernambucensis nordestina</i>	Plantae	Bromeliaceae	Aechmea
11	<i>Albizia polycephala</i>	Plantae	Leguminosae-Mim.	Albizia
12	<i>Allamanda</i>	Plantae	Apocynaceae	Allamanda
13	<i>Amaranthus cruentus</i>	Plantae	Amaranthaceae	Amaranthus
14	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Plantae	Fabaceae	Anadenanthera
15	<i>Anagallis arvensis</i>	Plantae	Primulaceae	Anagallis
16	<i>Anemia</i>	Plantae	Schizaeaceae	Anemia
17	<i>Anemia filiformis</i>	Plantae	Schizaeaceae	Anemia
18	<i>Angelonia</i>	Plantae	Scrophulariaceae	Angelonia
19	<i>Antheophora hermaphrodita</i>	Plantae	Poaceae	Antheophora
20	<i>Anthoceros punctatus</i>	Plantae	Anthocerotaceae	Anthoceros
21	<i>Anthurium</i>	Plantae	Araceae	Anthurium
22	<i>Anthurium bromelicola</i>	Plantae	Araceae	Anthurium
23	<i>Anthurium harrisii</i>	Plantae	Araceae	Anthurium
24	<i>Anthurium scandens</i>	Plantae	Araceae	Anthurium
25	<i>Apium</i>	Plantae	Apiaceae	Apium
26	<i>Araucaria columnaris</i>	Plantae	Araucariaceae	Araucaria
27	<i>Aristolochia</i>	Plantae	Aristolochiaceae	Aristolochia
28	<i>Aristolochia birostris</i>	Plantae	Aristolochiaceae	Aristolochia
29	<i>Aristolochia papillaris</i>	Plantae	Aristolochiaceae	Aristolochia
30	<i>Asemeia violacea</i>	Plantae	Polygalaceae	Asemeia
31	<i>Aspidogyne foliosa</i>	Plantae	Orchidaceae	Aspidogyne
32	<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	Plantae	Apocynaceae	Aspidosperma
33	<i>Asplenium clausenii</i>	Plantae	Aspleniaceae	Asplenium
34	<i>Asplenium formosum</i>	Plantae	Aspleniaceae	Asplenium
35	<i>Astraea lobata</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Astraea
36	<i>Aureliana fasciculata</i>	Plantae	Solanaceae	Aureliana
37	<i>Baccharis</i>	Plantae	Asteraceae	Baccharis
38	<i>Baccharis cinerea</i>	Plantae	Asteraceae	Baccharis
39	<i>Baccharis serrulata</i>	Plantae	Asteraceae	Baccharis
40	<i>Backusella sp</i>	Fungi	Backusellaceae	Backusella
41	<i>Banara brasiliensis</i>	Plantae	Flacourtiaceae	Banara
42	<i>Banara guianensis</i>	Plantae	Flacourtiaceae	Banara
43	<i>Bauhinia cheilantha</i>	Plantae	Leguminosae Subfam. Cercidoideae	Bauhinia
44	<i>Bauhinia subclavata</i>	Plantae	Leguminosae-Caes.	Bauhinia
45	<i>Begonia</i>	Plantae	Begoniaceae	Begonia
46	<i>Begonia convolvulacea</i>	Plantae	Begoniaceae	Begonia

47	<i>Begonia lealii</i>	Plantae	Begoniaceae	Begonia
48	<i>Begonia reniformis</i>	Plantae	Begoniaceae	Begonia
49	<i>Begonia saxicola</i>	Plantae	Begoniaceae	Begonia
50	<i>Bernardia</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Bernardia
51	<i>Borreria</i>	Plantae	Rubiaceae	Borreria
52	<i>Borreria humifusa</i>	Plantae	Rubiaceae	Borreria
53	<i>Botryosphaeria dothidea</i>	Fungi	Botryosphaeriaceae	Botryosphaeria
54	<i>Botryosphaeria quercuum</i>	Fungi	Botryosphaeriaceae	Botryosphaeria
55	<i>Bougainvillea spectabilis</i>	Plantae	Nyctaginaceae	Bougainvillea
56	<i>Bowdichia virgilioides</i>	Plantae	Fabaceae	Bowdichia
57	<i>Bowdichia virgilioides</i>	Plantae	Leguminosae-Pap.	Bowdichia
58	<i>Bromelia karatas</i>	Plantae	Bromeliaceae	Bromelia
59	<i>Brosimum</i>	Plantae	Moraceae	Brosimum
60	<i>Brunfelsia burchelii</i>	Plantae	Solanaceae	Brunfelsia
61	<i>Brunfelsia sp.</i>	Plantae	Solanaceae	Brunfelsia
62	<i>Brunfelsia uniflora</i>	Plantae	Solanaceae	Brunfelsia
63	<i>Bryopteris diffusa</i>	Plantae	Bryopteridaceae	Bryopteris
64	<i>Bryopteris diffusa</i>	Plantae	Leujeuneaceae	Bryopteris
65	<i>Bryum argenteum</i>	Plantae	Bryaceae	Bryum
66	<i>Bulbostylis</i>	Plantae	Cyperaceae	Bulbostylis
67	<i>Caesalpinia ferrea var. farvifolia</i>	Plantae	Fabaceae	Caesalpinia
68	<i>Caesalpinia pyramidalis</i>	Plantae	Fabaceae	Caesalpinia
69	<i>Calliandra</i>	Plantae	Leguminosae-Mim.	Calliandra
70	<i>Calliandra brevipes</i>	Plantae	Leguminosae-Mim.	Calliandra
71	<i>Campomanesia aromatica</i>	Plantae	Myrtaceae	Campomanesia
72	<i>Camptosema</i>	Plantae	Leguminosae-Pap.	Camptosema
73	<i>Campylocentrum crassirhizum</i>	Plantae	Orchidaceae	Campylocentrum
74	<i>Campyloneurum nitidum</i>	Plantae	Polypodiaceae	Campyloneurum
75	<i>Campylopus arctocarpus</i>	Plantae	Dicranaceae	Campylopus
76	<i>Campylopus pilifer</i>	Plantae	Dicranaceae	Campylopus
77	<i>Canistrum</i>	Plantae	Bromeliaceae	Canistrum
78	<i>Canistrum aurantiacum</i>	Plantae	Bromeliaceae	Canistrum
79	<i>Capparis jacobinae</i>	Plantae	Capparaceae	Capparis
80	<i>Cardiospermum corindum</i>	Plantae	Sapindaceae	Cardiospermum
81	<i>Casearia sylvestris</i>	Plantae	Flacourtiaceae	Casearia
82	<i>Cassia</i>	Plantae	Leguminosae-Caes.	Cassia
83	<i>Cathedra acuminata</i>	Plantae	Olacaceae	Cathedra
84	<i>Cattleya labiata</i>	Plantae	Orchidaceae	Cattleya
85	<i>Cedrela</i>	Plantae	Meliaceae	Cedrela
86	<i>Ceiba glaziovii</i>	Plantae	Malvaceae	Ceiba
87	<i>Centrosema brasilianum</i>	Plantae	Leguminosae-Pap.	Centrosema
88	<i>Cephaloziella granatensis</i>	Plantae	Cephaloziellaceae	Cephaloziella
89	<i>Chamaecrista barbata</i>	Plantae	Leguminosae-Caes.	Chamaecrista
90	<i>Chamaecrista barbata</i>	Plantae	Leguminosae Subfam. Caesalpinioideae	Chamaecrista
91	<i>Chamaecrista sp</i>	Plantae	Fabaceae	Chamaecrista
92	<i>Chamaecrista tenuisepala</i>	Plantae	Leguminosae-Caes.	Chamaecrista
93	<i>Chloris</i>	Plantae	Poaceae	Chloris
94	<i>Christensonella pumila</i>	Plantae	Orchidaceae	Christensonella
95	<i>Chrysanthemum</i>	Plantae	Asteraceae	Chrysanthemum
96	<i>Cinnamomum montanum</i>	Plantae	Lauraceae	Cinnamomum
97	<i>Cissampelos glaberrima</i>	Plantae	Menispermaceae	Cissampelos
98	<i>Citharexylum</i>	Plantae	Verbenaceae	Citharexylum

99	<i>Cleome</i>	Plantae	Cleomaceae	Cleome
100	<i>Clusia hilariana</i>	Plantae	Clusiaceae	Clusia
101	<i>Clusia melchiorii</i>	Plantae	Clusiaceae	Clusia
102	<i>Clusia paralicola</i>	Plantae	Clusiaceae	Clusia
103	<i>Clusia pernambucensis</i>	Plantae	Clusiaceae	Clusia
104	<i>Cnidoscolus</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Cnidoscolus
105	<i>Cnidoscolus loefgrenii</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Cnidoscolus
106	<i>Cnidoscolus urens</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Cnidoscolus
107	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Fungi	Glomerellaceae	Colletotrichum
108	<i>Commelina erecta</i>	Plantae	Commelinaceae	Commelina
109	<i>Commelina rufipes</i>	Plantae	Commelinaceae	Commelina
110	<i>Commelina sp.</i>	Plantae	Commeliaceae	Commelina
111	<i>Conyza sumatrensis</i>	Plantae	Asteraceae	Conyza
112	<i>Copaifera trapezifolia</i>	Plantae	Leguminosae-Caes.	Copaifera
113	<i>Copaifera trapezifolia</i>	Plantae	Leguminosae-Detarioideae	Copaifera
114	<i>Coprobria</i>	Fungi	Pyronemataceae	Coprobria
115	<i>Corchorus hirtus</i>	Plantae	Tiliaceae	Corchorus
116	<i>Cordia</i>	Plantae	Boraginaceae	Cordia
117	<i>Cordia globosa</i>	Plantae	Boraginaceae	Cordia
118	<i>Cordia leucocephala</i>	Plantae	Boraginaceae	Cordia
119	<i>Cordia taguahyensis</i>	Plantae	Boraginaceae	Cordia
120	<i>Cordia trichotoma</i>	Plantae	Boraginaceae	Cordia
121	<i>Coriolus caperatus</i>	Fungi	Polyporaceae	Coriolus
122	<i>Coutarea hexandra</i>	Plantae	Rubiaceae	Coutarea
123	<i>Crateva tapia</i>	Plantae	Capparaceae	Crateva
124	<i>Crossomitrium patrisiae</i>	Plantae	Pilotrichaceae	Crossomitrium
125	<i>Crossomitrium patrisiae</i>	Plantae	Daltoniaceae	Crossomitrium
126	<i>Crotalaria</i>	Plantae	Leguminosae-Pap.	Crotalaria
127	<i>Crotalaria</i>	Plantae	Fabaceae	Crotalaria
128	<i>Crotalaria</i>	Plantae	Leguminosae Papilionoideae	Crotalaria
129	<i>Crotalaria micans</i>	Plantae	Leguminosae-Pap.	Crotalaria
130	<i>Croton</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Croton
131	<i>Croton blanchetianus</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Croton
132	<i>Croton floribundus</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Croton
133	<i>Croton floribundus</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Croton
134	<i>Croton fuscescens</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Croton
135	<i>Croton grewioides</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Croton
136	<i>Croton heliotropiifolius</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Croton
137	<i>Croton hirtus</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Croton
138	<i>Cupania</i>	Plantae	Sapindaceae	Cupania
139	<i>Cupania revoluta</i>	Plantae	Sapindaceae	Cupania
140	<i>Cuphea</i>	Plantae	Lythraceae	Cuphea
141	<i>Cyathea delgadii</i>	Plantae	Cyatheaceae	Cyathea
142	<i>Cynophalla hastata</i>	Plantae	Capparaceae	Cynophalla
143	<i>Cyperus haspan</i>	Plantae	Cyperaceae	Cyperus
144	<i>Cyperus ligularis</i>	Plantae	Cyperaceae	Cyperus
145	<i>Dactylaena micrantha</i>	Plantae	Capparaceae	Dactylaena
146	<i>Delilia biflora</i>	Plantae	Asteraceae	Delilia
147	<i>Delonix regia</i>	Plantae	Leguminosae-Caes.	Delonix
148	<i>Desmodium glabrum</i>	Plantae	Fabaceae Faboideae	Desmodium
149	<i>Dicranoglossum desvauxii</i>	Plantae	Polypodiaceae	Dicranoglossum
150	<i>Dioclea guianensis</i>	Plantae	Fabaceae-Papi.	Dioclea

151	<i>Diplasiolejeunea brunnea</i>	Plantae	Lejeuneaceae	Diplasiolejeunea
152	<i>Ditassa oxyphylla</i>	Plantae	Apocynaceae	Ditassa
153	<i>Doryopteris pentagona</i>	Plantae	Pteridaceae	Doryopteris
154	<i>Dothiorella dothidea</i>	Fungi	Botryosphaeriaceae	Dothiorella
155	<i>Drepanolejeunea anoplantha</i>	Plantae	Lejeuneaceae	Drepanolejeunea
156	<i>Earliella corrugata</i>	Fungi	Polyporaceae	Earliella
157	<i>Echinolaena inflexa</i>	Plantae	Gramineae	Echinolaena
158	<i>Echinolaena inflexa</i>	Plantae	Poaceae	Echinolaena
159	<i>Elytraria imbricata</i>	Plantae	Acanthaceae	Elytraria
160	<i>Emilia fosbergii</i>	Plantae	Asteraceae	Emilia
161	<i>Encholirium spectabile</i>	Plantae	Bromeliaceae	Encholirium
162	<i>Entosthodon bonplandii</i>	Plantae	Funariaceae	Entosthodon
163	<i>Epidendrum aff. armeniancum</i>	Plantae	Orchidaceae	Epidendrum
164	<i>Epidendrum cf. biformis</i>	Plantae	Orchidaceae	Epidendrum
165	<i>Epidendrum difforme</i>	Plantae	Orchidaceae	Epidendrum
166	<i>Epidendrum nocturnum</i>	Plantae	Orchidaceae	Epidendrum
167	<i>Epidendrum proligerum</i>	Plantae	Orchidaceae	Epidendrum
168	<i>Epidendrum secundum</i>	Plantae	Orchidaceae	Epidendrum
169	<i>Epidendrum tridactylum</i>	Plantae	Orchidaceae	Epidendrum
170	<i>Epidendrum tridactylum</i>	Plantae	Orchidaceae	Epidendrum
171	<i>Eragrostis cilianensis</i>	Plantae	Poaceae	Eragrostis
172	<i>Erechtites valerianaefolia</i>	Plantae	Asteraceae	Erechtites
173	<i>Erythrodes</i>	Plantae	Orchidaceae	Erythrodes
174	<i>Erythroxyllum affine</i>	Plantae	Erythroxyllaceae	Erythroxyllum
175	<i>Erythroxyllum revolutum</i>	Plantae	Erythroxyllaceae	Erythroxyllum
176	<i>Eschatogramme furcata</i>	Plantae	Polypodiaceae	Eschatogramme
177	<i>Eupatorium carnosifolium</i>	Plantae	Asteraceae	Eupatorium
178	<i>Euphorbia hyssopifolia</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Euphorbia
179	<i>Euphorbia insulana</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Euphorbia
180	<i>Euphorbia splendens</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Euphorbia
181	<i>Euphorbia tirucalli</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Euphorbia
182	<i>Euploca procumbens</i>	Plantae	Boraginaceae	Euploca
183	<i>Evolvulus</i>	Plantae	Convolvulaceae	Evolvulus
184	<i>Evolvulus glomeratus</i>	Plantae	Convolvulaceae	Evolvulus
185	<i>Fabronia ciliaris</i>	Plantae	Fabroniaceae	Fabronia
186	<i>Ficus elastica</i>	Plantae	Moraceae	Ficus
187	<i>Flaveria bidentis</i>	Plantae	Asteraceae	Flaveria
188	<i>Floribundaria usneoides</i>	Plantae	Meteoriaceae	Floribundaria
189	<i>Froelichia humboldtiana</i>	Plantae	Amaranthaceae	Froelichia
190	<i>Frullania arecae</i>	Plantae	Frullaniaceae	Frullania
191	<i>Frullania gymnotis</i>	Plantae	Frullaniaceae	Frullania
192	<i>Frullania neesii</i>	Plantae	Frullaniaceae	Frullania
193	<i>Frullania riojaneirensis</i>	Plantae	Frullaniaceae	Frullania
194	<i>Frullanoides tristis</i>	Plantae	Lejeuneaceae	Frullanoides
195	<i>Galium hypocarpium</i>	Plantae	Rubiaceae	Galium
196	<i>Galphimia brasiliensis</i>	Plantae	Malpighiaceae	Galphimia
197	<i>Garcinia gardneriana</i>	Plantae	Clusiaceae	Garcinia
198	<i>Geonoma blanchetiana</i>	Plantae	Arecaceae	Geonoma
199	<i>Gibasis geniculata</i>	Plantae	Commelinaceae	Gibasis
200	<i>Gochnatia lucida</i>	Plantae	Asteraceae	Gochnatia
201	<i>Guapira obtusata</i>	Plantae	Nyctaginaceae	Guapira
202	<i>Guarea</i>	Plantae	Meliaceae	Guarea

203	<i>Guarea guidonia</i>	Plantae	Meliaceae	Guarea
204	<i>Guzmania monostachia</i>	Plantae	Bromeliaceae	Guzmania
205	<i>Helicteres</i>	Plantae	Sterculiaceae	Helicteres
206	<i>Heliotropium angiospermum</i>	Plantae	Boraginaceae	Heliotropium
207	<i>Hemiscola diffusa</i>	Plantae	Cleomaceae	Hemiscola
208	<i>Heteropterys sericea</i>	Plantae	Malpighiaceae	Heteropterys
209	<i>Hippeastrum stylosum</i>	Plantae	Amaryllidaceae	Hippeastrum
210	<i>Hohenbergia</i>	Plantae	Bromeliaceae	Hohenbergia
211	<i>Huperzia christii</i>	Plantae	Lycopodiaceae	Huperzia
212	<i>Huperzia flexibilis</i>	Plantae	Lycopodiaceae	Huperzia
213	<i>Huperzia heterocarpon</i>	Plantae	Lycopodiaceae	Huperzia
214	<i>Huperzia mollicoma</i>	Plantae	Lycopodiaceae	Huperzia
215	<i>Huperzia sp.</i>	Plantae	Lycopodiaceae	Huperzia
216	<i>Huperzia taxifolia</i>	Plantae	Lycopodiaceae	Huperzia
217	<i>Huperzia treitubensis</i>	Plantae	Lycopodiaceae	Huperzia
218	<i>Hybanthus calceolaria</i>	Plantae	Violaceae	Hybanthus
219	<i>Hypoxis decumbens</i>	Plantae	Hypoxidaceae	Hypoxis
220	<i>Indigofera</i>	Plantae	Fabaceae	Indigofera
221	<i>Inga cylindrica</i>	Plantae	Fabaceae	Inga
222	<i>Inga ingoides</i>	Plantae	Fabaceae	Inga
223	<i>Inga laurina</i>	Plantae	Leguminosae-Mim.	Inga
224	<i>Inga sp.</i>	Plantae	Fabaceae	Inga
225	<i>Inga subnuda</i>	Plantae	Fabaceae	Inga
226	<i>Inga subnuda</i>	Plantae	Leguminosae-Mim.	Inga
227	<i>Inga subnuda subsp. subnuda</i>	Plantae	Fabaceae	Inga
228	<i>Inga vera affinis</i>	Plantae	Leguminosae-Mim.	Inga
229	<i>Ipomoea bahiensis</i>	Plantae	Convolvulaceae	Ipomoea
230	<i>Ipomoea parasitica</i>	Plantae	Convolvulaceae	Ipomoea
231	<i>Ipomoea triloba</i>	Plantae	Convolvulaceae	Ipomoea
232	<i>Ipomoea tubata</i>	Plantae	Convolvulaceae	Ipomoea
233	<i>Iresine spiculigera</i>	Plantae	Amaranthaceae	Iresine
234	<i>Isochilus linearis</i>	Plantae	Orchidaceae	Isochilus
235	<i>Ixora venulosa</i>	Plantae	Rubiaceae	Ixora
236	<i>Jacobinia pohliana</i>	Plantae	Acanthaceae	Jacobinia
237	<i>Jacquemontia</i>	Plantae	Convolvulaceae	Jacquemontia
238	<i>Jacquemontia evoluloides</i>	Plantae	Convolvulaceae	Jacquemontia
239	<i>Jacquemontia sphaerostigma</i>	Plantae	Convolvulaceae	Jacquemontia
240	<i>Jacquiiniella globosa</i>	Plantae	Orchidaceae	Jacquiiniella
241	<i>Jatropha curcas</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Jatropha
242	<i>Jatropha mollissima</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Jatropha
243	<i>Jatropha pohliana</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Jatropha
244	<i>Jatropha ribifolia</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Jatropha
245	<i>Julocroton</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Julocroton
246	<i>Julocroton triqueter</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Julocroton
247	<i>Juniperus</i>	Plantae	Cupressaceae	Juniperus
248	<i>Justicia aequilabris</i>	Plantae	Acanthaceae	Justicia
249	<i>Lafoensia</i>	Plantae	Lythraceae	Lafoensia
250	<i>Lagerstroemia indica</i>	Plantae	Lythraceae	Lagerstroemia
251	<i>Lanium avicula</i>	Plantae	Orchidaceae	Lanium
252	<i>Lantana canescens</i>	Plantae	Verbenaceae	Lantana
253	<i>Lejeunea caespitosa</i>	Plantae	Lejeuneaceae	Lejeunea
254	<i>Lepidaploa remotiflora</i>	Plantae	Asteraceae	Lepidaploa

255	<i>Lepidopilum muelleri</i>	Plantae	Pilotrichaceae	Lepidopilum
256	<i>Lepismium cruciforme</i>	Plantae	Cactaceae	Lepismium
257	<i>Leptochloa anisopoda</i>	Plantae	Poaceae	Leptochloa
258	<i>Leptolejeunea exocellata</i>	Plantae	Lejeuneaceae	Leptolejeunea
259	<i>Leucolejeunea xanthocarpa</i>	Plantae	Lejeuneaceae	Leucolejeunea
260	<i>Libidibia ferrea</i>	Plantae	Leguminosae-Caes.	Libidibia
261	<i>Lockhartia goyazensis</i>	Plantae	Orchidaceae	Lockhartia
262	<i>Lonicera japonica</i>	Plantae	Caprifoliaceae	Lonicera
263	<i>Lophodermium mangiferae</i>	Fungi	Rhytismataceae	Lophodermium
264	<i>Ludwigia octovalvis</i>	Plantae	Onagraceae	Ludwigia
265	<i>Lycopodiella alopecuroides</i>	Plantae	Lycopodiaceae	Lycopodiella
266	<i>Lycopodium linifolium</i>	Plantae	Lycopodiaceae	Lycopodium
267	<i>Lycopodium regnellii</i>	Plantae	Lycopodiaceae	Lycopodium
268	<i>Lycopodium treitubensis</i>	Plantae	Lycopodiaceae	Lycopodium
269	<i>Macrocoma frigida</i>	Plantae	Orthotrichaceae	Macrocoma
270	<i>Macrocoma frigida</i>	Plantae	Orthotrichaceae	Macrocoma
271	<i>Macromitrium richardii</i>	Plantae	Orthotrichaceae	Macromitrium
272	<i>Macroptilium atropurpureum</i>	Plantae	Fabaceae Faboideae	Macroptilium
273	<i>Macroptilium atropurpureum</i>	Plantae	Leguminosae Subfam. Papilionoideae	Macroptilium
274	<i>Mandevilla dardanoi</i>	Plantae	Apocynaceae	Mandevilla
275	<i>Mandevilla scabra</i>	Plantae	Apocynaceae	Mandevilla
276	<i>Mandevilla sellowii</i>	Plantae	Apocynaceae	Mandevilla
277	<i>Mandevilla tenuiflora</i>	Plantae	Apocynaceae	Mandevilla
278	<i>Manettia cordifolia</i>	Plantae	Rubiaceae	Manettia
279	<i>Manihot</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Manihot
280	<i>Manihot dichotoma</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Manihot
281	<i>Marchesinia brachiata</i>	Plantae	Lejeuneaceae	Marchesinia
282	<i>Marsdenia caatingae</i>	Plantae	Apocynaceae	Marsdenia
283	<i>Marsdenia loniceroides</i>	Plantae	Apocynaceae	Marsdenia
284	<i>Marsdenia loniceroides</i>	Plantae	Apocynaceae	Marsdenia
285	<i>Mascagnia sepium</i>	Plantae	Malpighiaceae	Mascagnia
286	<i>Melocactus bahiensis</i>	Plantae	Cactaceae	Melocactus
287	<i>Melocactus zehntneri</i>	Plantae	Cactaceae	Melocactus
288	<i>Melochia betonicifolia</i>	Plantae	Sterculiaceae	Melochia
289	<i>Melochia pyramidata</i>	Plantae	Malvaceae	Melochia
290	<i>Melochia tomentosa tomentosa</i>	Plantae	Sterculiaceae	Melochia
291	<i>Metzgeria albinea</i>	Plantae	Metzgeriaceae	Metzgeria
292	<i>Metzgeria lechleri</i>	Plantae	Metzgeriaceae	Metzgeria
293	<i>Metzgeria liebmanniana</i>	Plantae	Metzgeriaceae	Metzgeria
294	<i>Miconia latecrenata</i>	Plantae	Melastomataceae	Miconia
295	<i>Mimosa</i>	Plantae	Leguminosae-Mim.	Mimosa
296	<i>Mimosa</i>	Plantae	Leguminosae-Mim.	Mimosa
297	<i>Mimosa</i>	Plantae	Fabaceae	Mimosa
298	<i>Mimosa acutistipula</i>	Plantae	Leguminosae-Mim.	Mimosa
299	<i>Mimosa arenosa</i>	Plantae	Fabaceae-Mimo.	Mimosa
300	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	Plantae	Leguminosae-Mim.	Mimosa
301	<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	Plantae	Leguminosae-Mim.	Mimosa
302	<i>Mimosa paraibana</i>	Plantae	Leguminosae-Mim.	Mimosa
303	<i>Mimosa sp.</i>	Plantae	Fabaceae	Mimosa
304	<i>Mollinedia</i>	Plantae	Monimiaceae	Mollinedia
305	<i>Mollinedia dardanoi</i>	Plantae	Monimiaceae	Mollinedia
306	<i>Mollinedia ovata</i>	Plantae	Monimiaceae	Mollinedia

307	<i>Myrcia richardiana</i>	Plantae	Myrtaceae	Myrcia
308	<i>Myriopus rubicundus</i>	Plantae	Boraginaceae	Myriopus
309	<i>Nanuzia luetzelburgii</i>	Plantae	Velloziaceae	Nanuzia
310	<i>Nerium oleander</i>	Plantae	Apocynaceae	Nerium
311	<i>Nicotiana glauca</i>	Plantae	Solanaceae	Nicotiana
312	<i>Nothoscordum pernambucanum</i>	Plantae	Liliaceae	Nothoscordum
313	<i>Notylia lyrata</i>	Plantae	Orchidaceae	Notylia
314	<i>Octoblepharum albidum</i>	Plantae	Calymperaceae	Octoblepharum
315	<i>Octoblepharum albidum</i>	Plantae	Leucobryaceae	Octoblepharum
316	<i>Oidium anarcardii</i>	Fungi	Erysiphaceae	Oidium
317	<i>Omphalanthus filiformis</i>	Plantae	Lejeuneaceae	Omphalanthus
318	<i>Oreopanax capitatus</i>	Plantae	Araliaceae	Oreopanax
319	<i>Orthophytum</i>	Plantae	Bromeliaceae	Orthophytum
320	<i>Orthophytum disjunctum</i>	Plantae	Bromeliaceae	Orthophytum
321	<i>Orthostichopsis crinita</i>	Plantae	Pterobryaceae	Orthostichopsis
322	<i>Orthostichopsis crinita</i>	Plantae	Pterobryaceae	Orthostichopsis
323	<i>Pabstiella</i>	Plantae	Orchidaceae	Pabstiella
324	<i>Pachira aquatica</i>	Plantae	Bombacaceae	Pachira
325	<i>Paepalanthus</i>	Plantae	Eriocaulaceae	Paepalanthus
326	<i>Paepalanthus bifidus</i>	Plantae	Eriocaulaceae	Paepalanthus
327	<i>Paepalanthus tortilis</i>	Plantae	Eriocaulaceae	Paepalanthus
328	<i>Papillaria deppei</i>	Plantae	Meteoriaceae	Papillaria
329	<i>Papillaria hyalinotricha</i>	Plantae	Meteoriaceae	Papillaria
330	<i>Parkinsonia aculeata</i>	Plantae	Fabaceae-Caes.	Parkinsonia
331	<i>Parkinsonia aculeata</i>	Plantae	Fabaceae-Caes.	Parkinsonia
332	<i>Passiflora foetida</i> var. <i>gossypiifolia</i>	Plantae	Passifloraceae	Passiflora
333	<i>Passiflora misera</i>	Plantae	Passifloraceae	Passiflora
334	<i>Pectis linifolia linifolia</i>	Plantae	Asteraceae	Pectis
335	<i>Pelargonium hortorum</i>	Plantae	Geraniaceae	Pelargonium
336	<i>Peltastes peltatus</i>	Plantae	Apocynaceae	Peltastes
337	<i>Peperomia</i>	Plantae	Piperaceae	Peperomia
338	<i>Pereskia grandiflora</i> haw.	Plantae	Cactaceae	Pereskia
339	<i>Periandra coccinea</i>	Plantae	Leguminosae Papilionoideae	Periandra
340	<i>Periandra coccinea</i>	Plantae	Fabaceae-Papi.	Periandra
341	<i>Persea americana</i>	Plantae	Lauraceae	Persea
342	<i>Pestalotia mangiferae</i>	Fungi	Amphisphaeriaceae	Pestalotia
343	<i>Phanera outimouta</i>	Plantae	Leguminosae-Caes.	Phanera
344	<i>Phellinus rimosus</i>	Fungi	Hymenochaetaceae	Phellinus
345	<i>Philodendron corcovadense</i>	Plantae	Araceae	Philodendron
346	<i>Philodendron leal-costae</i>	Plantae	Araceae	Philodendron
347	<i>Phlebodium</i>	Plantae	Polypodiaceae	Phlebodium
348	<i>Phlebodium areolatum</i>	Plantae	Polypodiaceae	Phlebodium
349	<i>Phoradendron</i>	Plantae	Santalaceae	Phoradendron
350	<i>Phoradendron coriaceum</i>	Plantae	Santalaceae	Phoradendron
351	<i>Phyllanthus submarginatus</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Phyllanthus
352	<i>Phyllogonium fulgens</i>	Plantae	Phyllogoniaceae	Phyllogonium
353	<i>Phyllogonium fulgens</i>	Plantae	Phyllogoniaceae	Phyllogonium
354	<i>Phyllosticta mortoni</i>	Fungi	Botryosphaeriaceae	Phyllosticta
355	<i>Phymatidium delicatulum</i>	Plantae	Orchidaceae	Phymatidium
356	<i>Phymatidium hysternanthum</i>	Plantae	Orchidaceae	Phymatidium
357	<i>Pilosocereus pachycladus pernambucoensis</i>	Plantae	Cactaceae	Pilosocereus

358	<i>Piper corcovadensis</i>	Plantae	Piperaceae	Piper
359	<i>Piptadenia stipulacea</i>	Plantae	Leguminosae-Mim.	Piptadenia
360	<i>Plagiochila corrugata</i>	Plantae	Plagiochilaceae	Plagiochila
361	<i>Plagiochila micropteryx</i>	Plantae	Plagiochilaceae	Plagiochila
362	<i>Plagiochila patentissima</i>	Plantae	Plagiochilaceae	Plagiochila
363	<i>Plagiochila rutilans</i>	Plantae	Plagiochilaceae	Plagiochila
364	<i>Pleiochiton blepharodes</i>	Plantae	Melastomataceae	Pleiochiton
365	<i>Pleopeltis</i>	Plantae	Polypodiaceae	Pleopeltis
366	<i>Pleopeltis furcata</i>	Plantae	Polypodiaceae	Pleopeltis
367	<i>Pleopeltis hirsutissima</i>	Plantae	Polypodiaceae	Pleopeltis
368	<i>Pleopeltis pleopeltifolia</i>	Plantae	Polypodiaceae	Pleopeltis
369	<i>Pleopeltis polypodioides</i> var. <i>burchellii</i>	Plantae	Polypodiaceae	Pleopeltis
370	<i>Pleurothallis</i>	Plantae	Orchidaceae	Pleurothallis
371	<i>Pleurothallis trifida</i>	Plantae	Orchidaceae	Pleurothallis
372	<i>Plochrompeltis graminicola</i>	Fungi	Schizothyriaceae	Plochrompeltis
373	<i>Plumbago capensis</i>	Plantae	Plumbaginaceae	Plumbago
374	<i>Plumeria rubra alba</i>	Plantae	Apocynaceae	Plumeria
375	<i>Podranea ricasoliana</i>	Plantae	Bignoniaceae	Podranea
376	<i>Poinsettia insulana</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Poinsettia
377	<i>Polygala</i>	Plantae	Polygalaceae	Polygala
378	<i>Polygala glochidiata</i>	Plantae	Polygalaceae	Polygala
379	<i>Polygala paniculata</i>	Plantae	Polygalaceae	Polygala
380	<i>Polygala violacea</i>	Plantae	Polygalaceae	Polygala
381	<i>Polypodium areolatum</i>	Plantae	Polypodiaceae	Polypodium
382	<i>Polypodium fraxinifolium</i>	Plantae	Polypodiaceae	Polypodium
383	<i>Polypodium transparens</i>	Plantae	Polypodiaceae	Polypodium
384	<i>Polystachya concreta</i>	Plantae	Orchidaceae	Polystachya
385	<i>Polystachya estrelensis</i>	Plantae	Orchidaceae	Polystachya
386	<i>Pontederia</i>	Plantae	Pontederiaceae	Pontederia
387	<i>Porella brasiliensis</i>	Plantae	Porellaceae	Porella
388	<i>Portea leptantha</i>	Plantae	Bromeliaceae	Portea
389	<i>Portulaca halimoides</i>	Plantae	Portulacaceae	Portulaca
390	<i>Prosopis</i>	Plantae	Fabaceae	Prosopis
391	<i>Pseudechinolaena polystachya</i>	Plantae	Poaceae	Pseudechinolaena
392	<i>Psidium schenckianum</i>	Plantae	Myrtaceae	Psidium
393	<i>Pteris denticulata</i> var. <i>brasiliensis</i>	Plantae	Pteridaceae	Pteris
394	<i>Pteris leptophylla</i>	Plantae	Pteridaceae	Pteris
395	<i>Pycnopus sanguineus</i>	Fungi	Polyporaceae	Pycnopus
396	<i>Racinaea spiculosa</i>	Plantae	Bromeliaceae	Racinaea
397	<i>Radula cubensis</i>	Plantae	Radulaceae	Radula
398	<i>Randia armata</i>	Plantae	Rubiaceae	Randia
399	<i>Rapistrum rugosum</i>	Plantae	Brassicaceae	Rapistrum
400	<i>Rhipsalis cereuscula</i>	Plantae	Cactaceae	Rhipsalis
401	<i>Rhipsalis</i> cf. <i>baccifera</i>	Plantae	Cactaceae	Rhipsalis
402	<i>Rhipsalis cruciformis</i>	Plantae	Cactaceae	Rhipsalis
403	<i>Rhipsalis floccosa</i>	Plantae	Cactaceae	Rhipsalis
404	<i>Rhodobryum beyrichianum</i>	Plantae	Bryaceae	Rhodobryum
405	<i>Rivina</i>	Plantae	Phytolaccaceae	Rivina
406	<i>Rodobryum beyrichianum</i>	Plantae	Bryaceae	Rodobryum
407	<i>Rodriguezia bahiensis</i>	Plantae	Orchidaceae	Rodriguezia
408	<i>Rodriguezia</i> sp.	Plantae	Orchidaceae	Rodriguezia
409	<i>Roupala</i>	Plantae	Proteaceae	Roupala

410	<i>Ruellia</i>	Plantae	Acanthaceae	Ruellia
411	<i>Ruellia cearensis</i>	Plantae	Acanthaceae	Ruellia
412	<i>Ruellia sp.</i>	Plantae	Acanthaceae	Ruellia
413	<i>Rumohra adiantiformis</i>	Plantae	Dryopteridaceae	Rumohra
414	<i>Sacoila lanceolata</i>	Plantae	Orchidaceae	Sacoila
415	<i>Salvia splendens</i>	Plantae	Lamiaceae	Salvia
416	<i>Sarcoglottis fusiformis</i>	Plantae	Orchidaceae	Sarcoglottis
417	<i>Scaphyglottis</i>	Plantae	Orchidaceae	Scaphyglottis
418	<i>Schlotheimia tecta</i>	Plantae	Orthotrichaceae	Schlotheimia
419	<i>Schnella outimouta</i>	Plantae	Fabaceae	Schnella
420	<i>Schoenobryum concavifolium</i>	Plantae	Cryphaeaceae	Schoenobryum
421	<i>Schoepfia</i>	Plantae	Olcaceae	Schoepfia
422	<i>Schoepfia brasiliensis</i>	Plantae	Olcaceae	Schoepfia
423	<i>Sematophyllum galipense</i>	Plantae	Sematophyllaceae	Sematophyllum
424	<i>Senegalia bahiensis</i>	Plantae	Leguminosae-Mim.	Senegalia
425	<i>Senegalia martiusiana</i>	Plantae	Leguminosae-Mim.	Senegalia
426	<i>Senna aversiflora</i>	Plantae	Leguminosae-Caes.	Senna
427	<i>Senna lechriosperma</i>	Plantae	Leguminosae-Caes.	Senna
428	<i>Senna macranthera</i>	Plantae	Leguminosae-Caes.	Senna
429	<i>Senna neglecta</i>	Plantae	Leguminosae-Caes.	Senna
430	<i>Senna spectabilis excelsa</i>	Plantae	Leguminosae-Caes.	Senna
431	<i>Senna trachypus</i>	Plantae	Leguminosae-Caes.	Senna
432	<i>Senna uniflora</i>	Plantae	Leguminosae-Caes.	Senna
433	<i>Serjania caracasana</i>	Plantae	Sapindaceae	Serjania
434	<i>Serjania glabrata</i>	Plantae	Sapindaceae	Serjania
435	<i>Serpocaulon catharinae</i>	Plantae	Polypodiaceae	Serpocaulon
436	<i>Serpocaulon catharinae</i>	Plantae	Polypodiaceae	Serpocaulon
437	<i>Serpocaulon fraxinifolium</i>	Plantae	Polypodiaceae	Serpocaulon
438	<i>Serpocaulon triseriale</i>	Plantae	Polypodiaceae	Serpocaulon
439	<i>Setaria parviflora</i>	Plantae	Poaceae	Setaria
440	<i>Sida</i>	Plantae	Malvaceae	Sida
441	<i>Sida abutilifolia</i>	Plantae	Malvaceae	Sida
442	<i>Sida galheirensis</i>	Plantae	Malvaceae	Sida
443	<i>Sida linifolia</i>	Plantae	Malvaceae	Sida
444	<i>Smilax sp.</i>	Plantae	Smilacaceae	Smilax
445	<i>Solanum</i>	Plantae	Solanaceae	Solanum
446	<i>Solanum caavurana</i>	Plantae	Solanaceae	Solanum
447	<i>Solanum paniculatum</i>	Plantae	Solanaceae	Solanum
448	<i>Solanum paniculatum</i>	Plantae	Solanaceae	Solanum
449	<i>Solanum rhytidoandrum</i>	Plantae	Solanaceae	Solanum
450	<i>Solanum stipulaceum</i>	Plantae	Solanaceae	Solanum
451	<i>Solanum sycocarpum</i>	Plantae	Solanaceae	Solanum
452	<i>Spananthe paniculata</i>	Plantae	Apiaceae	Spananthe
453	<i>Spananthe paniculata</i>	Plantae	Apiaceae	Spananthe
454	<i>Sparattanthelium</i>	Plantae	Hernandiaceae	Sparattanthelium
455	<i>Squamidium leucotrichum</i>	Plantae	Brachytheciaceae	Squamidium
456	<i>Stylosanthes</i>	Plantae	Leguminosae-Pap.	Stylosanthes
457	<i>Stylosanthes guianensis subviscosa</i>	Plantae	Leguminosae-Pap.	Stylosanthes
458	<i>Stylosanthes scabra</i>	Plantae	Leguminosae-Pap.	Stylosanthes
459	<i>Stylosanthes scabra</i>	Plantae	Leguminosae Subfam. Papilionoideae	Stylosanthes
460	<i>Stylosanthes viscosa</i>	Plantae	Fabaceae Faboideae	Stylosanthes
461	<i>Stylosanthes viscosa</i>	Plantae	Leguminosae-Pap.	Stylosanthes

462	<i>Syngonanthus</i>	Plantae	Eriocaulaceae	Syngonanthus
463	<i>Tabebuia</i> sp.	Plantae	Bignoniaceae	Tabebuia
464	<i>Tacinga inamoena</i>	Plantae	Cactaceae	Tacinga
465	<i>Tagetes patula</i>	Plantae	Asteraceae	Tagetes
466	<i>Tamonea</i>	Plantae	Verbenaceae	Tamonea
467	<i>Terminalia catappa</i>	Plantae	Combretaceae	Terminalia
468	<i>Tibouchina</i>	Plantae	Melastomataceae	Tibouchina
469	<i>Tibouchina grandifolia</i>	Plantae	Melastomataceae	Tibouchina
470	<i>Tibouchina heteromalla</i>	Plantae	Melastomataceae	Tibouchina
471	<i>Tibouchina</i> sp.	Plantae	Melastomataceae	Tibouchina
472	<i>Tilesia baccata</i>	Plantae	Asteraceae	Tilesia
473	<i>Tillandsia gardneri</i>	Plantae	Bromeliaceae	Tillandsia
474	<i>Tillandsia recurvata</i>	Plantae	Bromeliaceae	Tillandsia
475	<i>Tillandsia stricta</i>	Plantae	Bromeliaceae	Tillandsia
476	<i>Tillandsia tenuifolia</i>	Plantae	Bromeliaceae	Tillandsia
477	<i>Tillandsia usneoides</i>	Plantae	Bromeliaceae	Tillandsia
478	<i>Trachelospermum jasminoides</i>	Plantae	Apocynaceae	Trachelospermum
479	<i>Tradescantia pallida</i>	Plantae	Commelinaceae	Tradescantia
480	<i>Tragia</i>	Plantae	Euphorbiaceae	Tragia
481	<i>Trichachne</i>	Plantae	Poaceae	Trichachne
482	<i>Trichilia</i>	Plantae	Meliaceae	Trichilia
483	<i>Trichloris</i>	Plantae	Poaceae	Trichloris
484	<i>Trichocentrum fuscum</i>	Plantae	Orchidaceae	Trichocentrum
485	<i>Triplaris gardneriana</i>	Plantae	Polygonaceae	Triplaris
486	<i>Triplex</i>	Plantae	Chenopodiaceae	Triplex
487	<i>Tynanthus labiatus</i>	Plantae	Bignoniaceae	Tynanthus
488	<i>Urera baccifera</i>	Plantae	Urticaceae	Urera
489	<i>Urera nitida</i>	Plantae	Urticaceae	Urera
490	<i>Varronia globosa</i>	Plantae	Boraginaceae	Varronia
491	<i>Varronia leucocephala</i>	Plantae	Boraginaceae	Varronia
492	<i>Vernonia</i>	Plantae	Asteraceae	Vernonia
493	<i>Vernonia scorpiodes</i>	Plantae	Asteraceae	Vernonia
494	<i>Vernonia</i> sp.	Plantae	Asteraceae	Vernonia
495	<i>Vigna caracalla</i>	Plantae	Leguminosae-Pap.	Vigna
496	<i>Vitex</i>	Plantae	Verbenaceae	Vitex
497	<i>Vriesea bituminosa</i>	Plantae	Bromeliaceae	Vriesea
498	<i>Vriesea escharis</i>	Plantae	Bromeliaceae	Vriesea
499	<i>Vriesea platynema</i>	Plantae	Bromeliaceae	Vriesea
500	<i>Vriesea procera</i>	Plantae	Bromeliaceae	Vriesea
501	<i>Vriesea rodigasiana</i>	Plantae	Bromeliaceae	Vriesea
502	<i>Vriesea scalaris</i>	Plantae	Bromeliaceae	Vriesea
503	<i>Vriesea scalaris</i> var. <i>viridis</i>	Plantae	Bromeliaceae	Vriesea
504	<i>Vriesea scalaris</i> <i>viridis</i>	Plantae	Bromeliaceae	Vriesea
505	<i>Vriesea wawrana</i>	Plantae	Bromeliaceae	Vriesea
506	<i>Waltheria rotundifolia</i>	Plantae	Malvaceae	Waltheria
507	<i>Wedelia</i> sp.	Plantae	Asteraceae	Wedelia
508	<i>Weissia controversa</i>	Plantae	Pottiaceae	Weissia
509	<i>Ximenia americana</i>	Plantae	Olcaceae	Ximenia
510	<i>Zephyranthes</i> sp.	Plantae	Amaryllidaceae	Zephyranthes
511	<i>Zygostates kuhlmanni</i>	Plantae	Orchidaceae	Zygostates

Fonte: Adaptado do Herbário PEUFR (DB/UFRPE), 2021.