INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ

CAMPUS TERESINA CENTRAL

CURSO TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

LARA CASTELO BRANCO MOURA

CLASSIFICAÇÃO PEDOLÓGICA E ANÁLISE AMBIENTAL DA FLORESTA NACIONAL DE PALMARES, ALTOS-PI

TERESINA, 2024

LARA CASTELO BRANCO MOURA

CLASSIFICAÇÃO PEDOLÓGICA E ANÁLISE AMBIENTAL DA FLORESTA NACIONAL DE PALMARES, ALTOS-PI

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central.

Orientador: Prof. Dr. Jovan Marques Lara Junior
Coorientador: Profª. Drª. Bruna de Freitas Iwata e Prof. Dr. Luís Alfredo Pinheiro Leal Nunes.

TERESINA, 2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Moura, Lara Castelo Branco

M929c Classificação pedológica e análise ambiental da floresta nacional de Palmares, Altos, PI / Lara Castelo Branco Moura. - 2024.

142 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central, 2024.

Orientador : Prof Dr. Jovan Marques Lara Júnior.

Coorientadora : Profa Dra. Bruna de Freitas Iwata.

1. Serviços ecossistêmicos . 2. Pedologia . 3. Áreas protegidas. I.Título.

CDD - 577

Elaborado por Maria Rosismar Farias CRB 3/631

LARA CASTELO BRANCO MOURA

CLASSIFICAÇÃO PEDOLÓGICA E ANÁLISE AMBIENTAL DA FLORESTA NACIONAL DE PALMARES, ALTOS-PI

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central.

Aprovada em: 31/01/2025.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Jovan Marques Lara Júnior (Orientador)

Instituto Federal do Piauí (IFPI)

_____

Prof. Drª Bruna de Freitas Iwata (Coorientadora)

Instituto Federal do Piauí (IFPI)

_____

Prof. Dr. José Jeremias Fernandes de Oliveira

Instituto Federal do Piauí (IFPI)

_____

Prof. Dr. Izabel Maria Almeida Lima

Centro Universitário Maurício de Nassau - Fortaleza–CE

Aos pais, amigos e professores.

AGRADECIMENTOS

Sou grata a Deus por chegar até aqui, por permitir realizar mais um sonho de me formar em um curso tão desafiador, complexo e com muitas possibilidades de atuação. Agradeço pela saúde e disposição para realizar tantos projetos de vida e por toda sabedoria que adquiri ao longo do tempo.

Expresso minha gratidão à minha mãe, Elizabeth Costa Castelo Branco, e aos meus irmãos, Virgínia Castelo Branco Bezerra de Moura e Luiz Ricardo Castelo Branco Moura. Sou muito agradecida pelo suporte dado pela minha madrinha Maria Berenice Castelo Branco Soares e Manoel Aderson Soares, por tudo que fizeram e fazem por mim. Tenho imenso carinho pela minha avó Maria do Socorro Bezerra de Moura por ter se dedicado tanto a mim. Estendo meu reconhecimento a todos os meus familiares por tudo que contribuíram na minha vida, em especial à tia Luzia.

Sou profundamente grata a todos os meus professores que, ao longo da minha trajetória, me trouxeram grandes ensinamentos, em especial ao professor José Machado Moita Neto, Érico Rodrigues Gomes, Leila Guimarães Gonçalves Freire, Jacqueline Santos Brito e Jovan Marques Lara Junior, por todas as contribuições acadêmicas.

Tenho um carinho especial pela minha orientadora Bruna de Freitas Iwata por ter me apresentado uma área tão rica e ter me ensinado com muito carinho. Valorizo sua dedicação comigo, por ter me apresentado à FLONA de Palmares, um lugar tão rico em biodiversidade e significativo para o nosso Estado. Agradeço ao professor Luís Alfredo Pinheiro Leal Nunes por todos os ensinamentos, por toda a sua disponibilidade e por ser tão essencial para a construção deste trabalho. Registro ainda meu apreço ao chefe da FLONA, Gaspar da Silva Alencar, por dar todo o suporte para a realização da pesquisa.

Ao longo da minha trajetória, fui ganhando muitos pais. Sou muito grata ao meu pai Joniel Lopes pela amizade, suporte e incentivo para concluir este desafio. Também valorizo todos os meus amigos que me deram apoio e incentivo para conquistar novos caminhos. Aos amigos do IFPI, que foram essenciais na minha trajetória, deixo meu reconhecimento.

Ofereço este trabalho à memória do meu avô Afonso Ramos de Moura, da minha tia Verônica Bezerra e do meu médico Miguel Pires de Moura, que não poderão estar presentes na minha formatura, mas fico com a certeza que, de onde eles estiverem, estão muito felizes por essa conquista.

Solos devem ser estudados e classificados de acordo com os seus perfis.

(Dokuchaev, The Russian Chernozem, 1883).

RESUMO

O estudo sobre os solos é imprescindível para a manutenção da biodiversidade. Portanto, a pedologia é a ciência da morfologia e da classificação dos solos e nos ajuda a entender como as interações entre os fatores e os processos de formação do solo ocorrem e como isso influencia nos atributos do solo. Os solos desempenham vários serviços ambientais. O estudo da qualidade do solo é fundamental para se conhecer a produtividade de uma floresta. As unidades de conservação são fundamentais para a manutenção da biodiversidade. A importância da relação solo-paisagem permite compreender os atributos do relevo e os tipos de solos que ocorrem na paisagem, possibilitando o processo de estudo dos solos de forma detalhada. A paisagem é formada pelas feições da superfície terrestre e de seus componentes localizados na subsuperfície, onde o solo é considerado um corpo natural complexo, que sofre transformações ao longo do tempo. Este trabalho tem como objetivo realizar a classificação pedológica da Floresta Nacional de Palmares, localizada no município de Altos-PI, classificar o nível de vulnerabilidade de cada solo a partir da sua classe e avaliar o grau de conservação da UC a partir do indicador de qualidade ambiental solo. Os solos identificados na FLONA de Palmares correspondem ao Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho, Neossolo Litólico e Plintossolo Pétrico. Os resultados sobre fertilidade comprovam que são solos que passam pelo intenso processo de intemperismo, típico de ambientes tropicais, sendo primordial a manutenção da floresta em pé para a conservação do carbono nesses ambientes, garantindo a continuidade da disponibilidade dos nutrientes ao solo.

***Palavras-chave:** serviços ecossistêmicos; pedologia; áreas protegidas.

ABSTRACT

The study of soils is essential for the maintenance of biodiversity, which is why pedology is the science of soil morphology and classification and helps us to understand how the interactions between the factors and processes of soil formation occur and how this influences soil attributes, soils perform various environmental services, the study of soil quality is fundamental to knowing the productivity of a forest, the importance of the soil-landscape relationship makes it possible to understand the attributes of the relief and the types of soils that occur in the landscape, enabling the process of detailed study of soils, the landscape is formed by the features of the earth's surface and its components located in the subsurface, where the soil is considered a complex natural body, which transforms over time. This work aims to carry out a pedological classification of the Palmares National Forest located in the municipality of Altos-PI, to classify the level of vulnerability of each soil based on its class and to assess the degree of conservation of the UC based on the soil environmental quality indicator, the soils identified in the Palmares FLONA correspond to Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho, Neossolo Litólico and Plintossolo Pétrico. The fertility results show that these are soils that undergo the intense weathering process typical of tropical environments and that it is essential to maintain the standing forest to conserve carbon in these environments and guarantee the continued availability of nutrients in the soil.

Keywords: ecosystem services; pedology; protected areas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização da FLONA, Altos–PI.....23

Figura 2 - Mapa Geológico do Município de Altos–PI.....27

Figura 3 - Mapa de Solos do Município de Altos–PI.....28

Figura 4 - Latossolo Amarelo.....29

Figura 5 -Argissolo Vermelho-Amarelo.....30

Figura 6 - Planossolo.....31

Figura 7 - Plintossolo..... 32

Figura 8 - Neossolo..... 33

Figura 9 - Estratos vegetacionais, FLONA, Altos-PI.....35

Figura 10 - Tatu-verdadeiro (*Dasypus novemcinctus*) e Morcego Fantasma (*Emballonuridae Diclidurus)*..... 36

Figura 11 - Pica-pau-de-barriga-vermelha (*Campephilus rubricollis*) e Udu-de-coroa-azul (*Momotus momota*)..... 37

Figura 12 - 1) Jibóia (*Boa constrictor*); 2)Suaçubóia (*Corallus hortulanus*); 3) Salamanta (*Epicrates cenchria*); 4) Cobra-cipó-marrom (*Chironius flavolineatus*)..... 37

Figura 13 - Representação de um transecto e atuação dos fatores de formação do solo.....42

Figura 14 -Modificação do solo pelos fatores ambientais.....43

Figura 15 -Representação esquemática do pedon, perfil e alguns horizontes genéticos.....44

Figura 16 - Perfil de solo.....50

Figura 17 - Perfil do solo com os seus horizontes que apresentam linha de separação plana ou horizontal.....51

Figura 18 - Forma de transição entre horizontes. (a) Plana; (b) Ondulada; (c) Irregular; (d)

Descontínua.....51

Figura 19 - Diagrama de literaturas-base para a classificação pedológica.....54

Figura 20 - Funções do solo.....57

Figura 21 - Trincheira 1.....64

Figura 22 - Trincheira 2.....64

Figura 23 - Corte de estrada 1.....65

Figura 24 - Corte de estrada 2.....65

Figura 25 - Corte de estrada 3.....66

Figura 26 - Pesagem das amostras de densidade dos solos da FLONA.....71

Figura 27 - Amostras de densidade dos solos da FLONA.....71

Figura 28 - Carta de Cores Munsell para Solos.....72

Figura 29 - Tipos de estruturas dos solos da FLONA.....73

Figura 30 - Plintossolo Pétrico.....80

Figura 31 - Exemplos de crosta laterítica.....80

Figura 32 - Gráfico Estoque de Carbono da Floresta Nacional de Palmares.....123

Figura 33 - Mapa Geológico da Floresta Nacional de Palmares, Altos-PI.....124

Figura 34 - Mapa de drenagem da FLONA, Altos-PI.....125

Figura 35 - Mapa de curvas de nível da FLONA, Altos-PI.....126

Figura 36 - Mapa de declividade da FLONA, Altos-PI.....127

Figura 37 - Mapa do NDVI da FLONA, Altos-PI (2015).....128

Figura 38 - Mapa do NDVI da FLONA, Altos-PI (2024).....130

Figura 39 - Mapa do SAVI da FLONA, Altos-PI (2015).....131

Figura 40 - Mapa do SAVI da FLONA, Altos-PI (2024).....132

Figura 41 - Mapa com a localização dos solos identificados na FLONA, Altos-PI..... 133

Figura 42 - Mapa com o detalhamento dos solos identificados na FLONA, Altos-PI.....134

Figura 43 - Relação Solo-Paisagem da Floresta Nacional de Palmares.....136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de Vulnerabilidade e Estabilidade dos Solos.....75

Tabela 2 - Cor dos solos da Floresta Nacional de Palmares.....81

Tabela 3 - Análise da Textura dos solos da Floresta Nacional de Palmares.....85

Tabela 4 - Análise do nível de vulnerabilidade/ estabilidade dos solos da Floresta Nacional de Palmares..... 87

Tabela 5 - Fertilidade Completa do Argissolo Vermelho-Amarelo-Perfil 1, Floresta Nacional de Palmares..... 89

Tabela 6 - Classe de interpretação da acidez ativa do solo (pH).....90

Tabela 7 - Classes de interpretação para o teor de alumínio trocável..... 91

Tabela 8 - Classes de interpretação para a acidez potencial (H^{+}+Al^{3+}).....91

Tabela 9 - Classes de interpretação para saturação em alumínio (m)..... 91

Tabela 10 - Avaliação dos teores de Carbono Orgânico e Matéria Orgânica (g/kg)..... 93

Tabela 11 - Interpretação dos resultados de fósforo disponível conforme a textura do solo…..... 93

Tabela 12 - Interpretação dos resultados da análise do solo.....94

Tabela 13 - Classes de interpretação para a CTC Total (T).....95

Tabela 14 - Classes de interpretação para saturação por bases (V).....96

Tabela 15 - Classes de interpretação para micronutrientes disponíveis no solo..... 97

Tabela 16 - Fertilidade Completa do Neossolo Litólico-Perfil 2, Floresta Nacional de Palmares..... 98

Tabela 17 - Classe de interpretação da acidez ativa do solo (pH).....99

Tabela 18 - Classes de interpretação para o teor de alumínio trocável..... 99

Tabela 19 - Classes de interpretação para a acidez potencial ($H^{+}+Al^{3+}$).....100

Tabela 20 - Classes de interpretação para saturação em alumínio (m)..... 100

Tabela 21 -Avaliação dos teores de Carbono Orgânico e Matéria Orgânica (g/kg).....

……..…..101

Tabela 22 - Interpretação dos resultados de fósforo disponível conforme a textura do solo…..... 101

Tabela 23 - Interpretação dos resultados da análise do solo.....102

Tabela 24 - Classes de interpretação para a CTC Total (T).....103

Tabela 25 - Classes de interpretação para saturação por bases (V).....104

Tabela 26 - Classes de interpretação para micronutrientes disponíveis no solo..... 104

Tabela 27 - Fertilidade Completa do Latossolo Vermelho-Perfil 3, Floresta Nacional de Palmares..... 105

Tabela 28 - Classe de interpretação da acidez ativa do solo (pH).....107

Tabela 29 - Classes de interpretação para o teor de alumínio trocável..... 107

Tabela 30 - Classes de interpretação para a acidez potencial ($H^{+}+Al^{3+}$).....107

Tabela 31 - Classes de interpretação para saturação em alumínio (m)..... 108

Tabela 32 - Avaliação dos teores de Carbono Orgânico e Matéria Orgânica (g/kg).....

……109

Tabela 33 - Interpretação dos resultados de fósforo disponível conforme a textura do solo…..... 109

Tabela 34 - Interpretação dos resultados da análise do solo.....110

Tabela 35 - Classes de interpretação para a CTC Total (T).....111

Tabela 36 - Classes de interpretação para saturação por bases (V).....112

Tabela 37 - Classes de interpretação para micronutrientes disponíveis no solo.....112

Tabela 38 - Fertilidade Completa do Latossolo Vermelho-Perfil 4, Floresta Nacional de Palmares..... 114

Tabela 39 - Classe de interpretação da acidez ativa do solo (pH)..... 115

Tabela 40 - Classes de interpretação para o teor de alumínio trocável.....115

Tabela 41 - Classes de interpretação para a acidez potencial ($H^{+}+Al^{3+}$).....116

Tabela 42 - Classes de interpretação para saturação em alumínio (m).....116

Tabela 43 - Avaliação dos teores de Carbono Orgânico e Matéria Orgânica (g/kg)..... 117

Tabela 44 - Interpretação dos resultados de fósforo disponível conforme a textura do solo…..... 117

Tabela 45 - Interpretação dos resultados da análise do solo.....118

Tabela 46 - Classes de interpretação para a CTC Total (T).....119

Tabela 47 - Classes de interpretação para saturação por bases (V).....120

Tabela 48 - Classes de interpretação para micronutrientes disponíveis no solo..... 121

Tabela 49 - Umidade dos solos da Floresta Nacional de Palmares..... 122

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relação de indicadores com a qualidade do solo.....61

Quadro 2 - Análise da consistência do solo quando seco e úmido.....73

Quadro 3 - Análise da consistência do solo quando molhado.....74

Quadro 4 - Estrutura dos solos da Floresta Nacional de Palmares.....82

Quadro 5 - Consistência dos solos da Floresta Nacional de Palmares.....84

Quadro 6 - Classificação dos solos da Floresta Nacional de Palmares.....85

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**….....	20
2	**CARACTERIZAÇÃO DA FLORESTA NACIONAL DE PALMARES, ALTOS-PI**.....	23
2.1	LOCALIZAÇÃO DA FLORESTA NACIONAL DE PALMARES.....	23
2.2	HISTÓRIA DA FLORESTA NACIONAL DE PALMARES.....	24
2.3	CARACTERÍSTICAS DA POPULAÇÃO NO ENTORNO DA FLORESTA NACIONAL DE PALMARES….....	24
2.4	VISÃO DA COMUNIDADE SOBRE A FLORESTA NACIONAL DE PALMARES….....	25
2.5	GEOLOGIA.....	26
2.6	SOLO.....	27
2.7	RELEVO.....	33
2.8	HIDROLOGIA.....	33
2.9	CLIMA.....	34
2.10	VEGETAÇÃO.....	34
2.11	FAUNA.....	35
3	**CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS**.....	38
3.1	PERFIL DO SOLO, HORIZONTE E CAMADA.....	43

3.2 TRAJETÓRIA EVOLUTIVA DO SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS..... 46

3.3 A IMPORTÂNCIA DA CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS..... 48

3.4 COMO SE CLASSIFICAM OS SOLOS?..... 49

4 PAPEL DOS SOLOS NA PROMOÇÃO DE SERVIÇOS AMBIENTAIS..... 54

5 SOLOS EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO..... 57

6 INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL E O SOLO..... 59

7 VULNERABILIDADE DOS SOLOS..... 61

8 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS..... 63

8.1 PERFIL E ANÁLISE MORFOLÓGICA..... 63

8.2 FASE LABORATORIAL..... 69

9 RESULTADOS E DISCUSSÕES..... 78

9.1 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DOS PERFIS..... 78

9.2 MORFOLOGIA DOS PERFIS..... 81

9.3 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO..... 88

9.4 VALORES DE UMIDADE DOS PERFIS DE SOLO DA FLORESTA NACIONAL DE PALMARES, ALTOS-PI..... 122

9.5 ESTOQUE DE CARBONO DA FLORESTA NACIONAL DE PALMARES..... 123

9.6 MAPAS TEMÁTICOS DA FLORESTA NACIONAL DE PALMARES, ALTOS-PI..... 124

9.7 RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM..... 135

10 CONCLUSÕES..... 137

REFERÊNCIAS..... 138

APÊNDICE A- FICHA PARA COLETA DE DADOS..... 144

1 INTRODUÇÃO

As unidades de conservação são fundamentais para a manutenção da biodiversidade. Percebe-se que os recursos naturais, de forma mais específica, o solo, está sujeito a diversos agentes de degradação (Rodrigues *et al.,* 2015). O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) exerce papel fundamental para a manutenção da diversidade biológica, contribui para a preservação e restauração da diversidade de ecossistemas naturais e promove avanços no que se refere à criação e gestão das unidades de conservação do país. A unidade de conservação, além de ser definida como espaço territorial, também é caracterizada pelos seus recursos naturais (Rodrigues *et al.*, 2015; Brasil, 2000).

O estudo sobre os solos é imprescindível para a manutenção da biodiversidade. Portanto, a pedologia é a ciência da morfologia e da classificação dos solos e nos ajuda a entender como as interações entre os fatores e os processos de formação do solo ocorrem e como isso influencia nos atributos do solo (Pereira *et al.*, 2019).

A variabilidade dos solos vai depender da intensidade das interações dos diferentes fatores que originam os processos pedogenéticos. Ao longo do tempo, vão ocorrendo transformações pela ação desses diversos fatores, que vão originar os horizontes que compõem o perfil de solo. É importante compreender a caracterização dos atributos morfológicos dos horizontes do perfil, como: estrutura, espessura, transição, cor, textura e consistência, o que vai facilitar uma maior compreensão sobre a formação do solo, bem como a sua classificação, facilitando a escolha da melhor maneira de se manejar o solo (Pereira *et al.*, 2019).

O solo está sujeito a sofrer processos erosivos. A erosão natural é acelerada através das atividades antrópicas. A ocorrência de processos erosivos, em maior ou menor grau, vai depender de diversos fatores que envolvem a estrutura do solo, tipo e quantidade das argilas, permeabilidade, presença de camadas impermeáveis e profundidade do solo. É importante compreender os níveis de vulnerabilidade dos solos, que estão diretamente ligados ao seu grau de maturidade. No processo morfodinâmico, o solo é produto direto do balanço morfogênese/pedogênese (Crepani *et al.*, 2001).

Os solos desempenham vários serviços ambientais. O estudo da qualidade do solo é fundamental para se conhecer a produtividade de uma floresta. O carbono orgânico é um indicador muito utilizado para avaliar a qualidade e sustentabilidade do solo. Os diferentes usos da terra podem levar a diferentes acúmulos de frações de matéria orgânica do solo, apresentando estabilidade variada (Parron *et al.,* 2015).

Existe uma forte pressão antrópica no entorno da FLONA de Palmares, devido à expansão urbana na região, com o surgimento de diversos empreendimentos na zona de amortecimento, no entorno da área da unidade de conservação, pressão que ocasiona diversos impactos ambientais. Atualmente, a FLONA apresenta um bom estado de conservação e é monitorada de forma contínua, porém existem ameaças identificadas, como a ocorrência de queimadas, incêndios e ocupação no entorno.

A falta de vegetação junto aos limites da FLONA é um fator que contribui para a perda da qualidade ambiental. Existe a possibilidade do surgimento de ameaças futuras pela invasão de espécies exóticas e a diminuição de espécies dispersoras e polinizadoras, ocasionando problemas para a reprodução e manutenção de determinadas espécies da flora existentes na floresta. Em relação à fauna silvestre, as ameaças identificadas foram a caça, o fogo, a entrada de animais domésticos, que podem predar a fauna silvestre ou transmitir doenças, e a expansão imobiliária, que aumenta a fragmentação da paisagem no entorno da FLONA.

O descarte de resíduos sólidos, devido à proximidade com a Colônia Penal Agrícola, o pisoteio na vegetação e a abertura de trilhas pelos apenados, e a presença de linhas de transmissão de energia da Companhia Hidrelétrica do Vale do São Francisco (CHESF) também são fatores que promovem a descaracterização da unidade de conservação, interferindo na paisagem. Além disso, há a ocorrência de atropelamentos dos animais silvestres devido à presença da BR-343 e de estradas vicinais.

O uso e ocupação do solo de forma desordenada contribui para a geração de impactos ambientais na unidade de conservação, de forma direta ou indireta, como poluição sonora, risco de acidentes aos animais, poluição do solo, poluição visual, compactação do solo, mudança no microclima, erosão, queimadas, desmatamento e acúmulo de resíduos sólidos.

O solo é um recurso natural que atua na manutenção da biodiversidade em todos os aspectos. É de suma importância conhecê-lo para preservar e conservar o ambiente. Estudar os solos em uma unidade de conservação (UC) é essencial para compreender como o ambiente se comporta, suas potencialidades e restrições.

Entender a sua morfologia, aspectos químicos e físicos, associados aos estudos da geologia e geomorfologia, contribui para se chegar ao zoneamento adequado para a área de estudo, identificando as áreas mais sensíveis a processos erosivos, encharcamento sazonal ou permanente. Os solos de uma UC são referências de qualidade ambiental, representantes de uma condição natural ou de matas nativas de florestas, sendo representantes de uma fisionomia e bioma.

Este trabalho tem como objetivo geral: realizar diagnóstico pedológico e de vulnerabilidade dos solos da FLONA de Palmares, Altos, Piauí. Os objetivos específicos são: realizar a classificação pedológica da FLONA de Palmares, classificar o nível de vulnerabilidade de cada solo a partir da sua classe e avaliar o grau de conservação da UC a partir do indicador de qualidade ambiental solo.

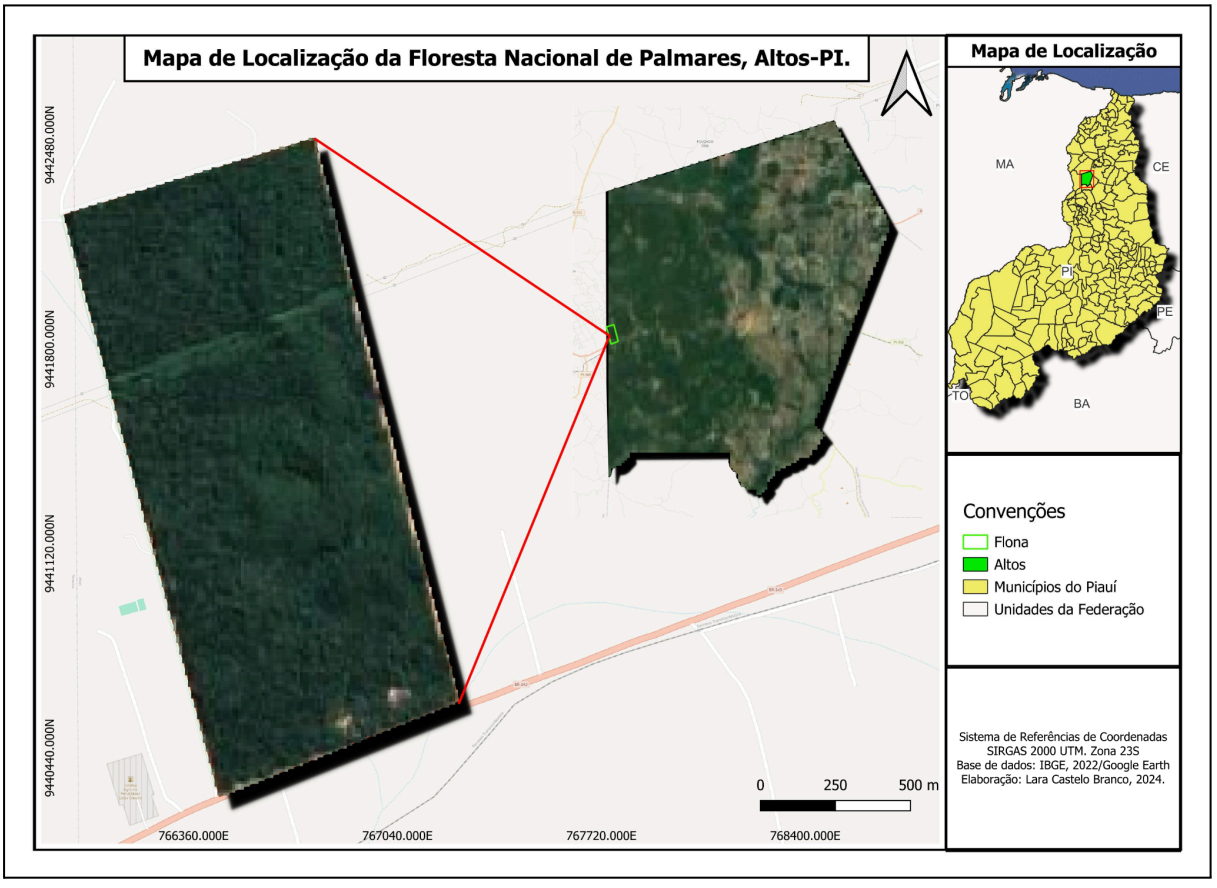
Este trabalho apresenta relevância científica por possibilitar a classificação dos solos, gerando informação, além de identificar as vulnerabilidades que o solo da unidade de conservação apresenta. O estudo apresenta relevância social porque trará informações para o plano de manejo da unidade, para a convivência com a comunidade, trazendo benefícios para a preservação da unidade de conservação. O solo é um indicador de qualidade ambiental que poderá ser utilizado no monitoramento da própria unidade.

2 CARACTERIZAÇÃO DA FLORESTA NACIONAL DE PALMARES, ALTOS-PI

2.1 LOCALIZAÇÃO DA FLORESTA NACIONAL DE PALMARES

A Floresta Nacional de Palmares está localizada no município de Altos-PI, região centro-norte do estado do Piauí, com coordenadas geográficas 05°03'25.90"S e 42°35'34.04"W. Possui uma área de 168,21 hectares, com altitudes que variam entre 154m e 250m. Criada através do decreto s/nº, em 21 de fevereiro de 2005, foi a primeira unidade de conservação nessa categoria no estado do Piauí (ICMBio, 2022).

Figura 1-Mapa de Localização da FLONA, Altos-PI



Fonte: Autora (2024).

2.2 HISTÓRIA DA FLORESTA NACIONAL DE PALMARES

A unidade de conservação foi nomeada devido à "gleba Palmares", que era propriedade do Estado do Piauí. A área possui um histórico de funcionamento do posto de fomento do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal–IBDF, onde a principal atividade desenvolvida era a produção de mudas. No ano de 1989, a área foi cedida para o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis–IBAMA (ICMBio, 2022).

A área passou a ser o posto de fiscalização e controle do IBAMA. Nos anos de 2003 e 2004, devido ao processo de crescimento urbano, para a proteção da área, o IBAMA criou a unidade de conservação federal, Floresta Nacional de Palmares. A área apresenta um rico valor de biodiversidade. Um dos benefícios da criação da unidade de conservação é a manutenção das características da vegetação, a proteção da fauna e de toda biodiversidade presente na área (ICMBio, 2022).

A Floresta Nacional pertence ao grupo de unidades de uso sustentável e corresponde a áreas com cobertura florestal, onde predominam espécies nativas, que apresentam objetivos de uso sustentável do recurso florestal, além do incentivo à pesquisa científica (Brasil, 2000).

2.3 CARACTERÍSTICAS DA POPULAÇÃO NO ENTORNO DA FLORESTA NACIONAL DE PALMARES

A unidade de conservação está localizada na zona rural do município de Altos, Piauí. O seu entorno é constituído por propriedades rurais, assentamentos e empreendimentos como postos de combustíveis, parques privados de ecoturismo, granjas e unidades prisionais. A Floresta Nacional de Palmares apresenta os seguintes confrontantes: Penitenciária Major César a oeste, Sr. Zilton Lages a norte, BR 343 ao sul e Sr. Zilton Lages a leste (Sousa *et al.*, 2018).

A população que reside em propriedades rurais e assentamentos no entorno da FLONA é composta por populações tradicionais, com faixa etária de 14 a 50 anos, variando entre os níveis fundamental e médio. A área rural é abastecida por poços tubulares e, ano a ano, é realizada a análise da água por exigência da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos–SEMARH. A região não faz parte da rota de coleta pública devido à distância da zona urbana. A população, muitas vezes, queima ou enterra os resíduos, e a outra parte os leva até Teresina para a destinação correta (Sousa *et al.*, 2018).

2.4 VISÃO DA COMUNIDADE SOBRE A FLORESTA NACIONAL DE PALMARES

Pela proximidade de Altos e Teresina, a FLONA de Palmares tem um público bastante diversificado de ambos os municípios, com os mais variados objetivos, desde o desenvolvimento de pesquisa científica até o lazer, como trilhas. É importante destacar que, hoje, a unidade de conservação desempenha um papel importantíssimo na conscientização da comunidade local sobre a preservação e conservação do meio ambiente, objetivando a redução ou a eliminação da caça, a redução da supressão vegetal na zona de amortecimento e a eliminação total da supressão vegetal dentro da unidade (Sousa *et al.*, 2018).

A educação ambiental para a população do entorno atinge desde crianças de escolas públicas até jovens e adultos que têm interesse em trabalhar como guias turísticos dentro da FLONA. Muitos empreendimentos do entorno enxergaram a unidade de conservação como oportunidade de valorização do ecoturismo na região. Em decorrência disso, estimulou-se a geração de emprego e a distribuição de renda. Outros empreendimentos viram a FLONA como uma oportunidade de consolidar seus negócios (Sousa *et al.*, 2018).

O contato com atividades do meio rural traz para a população local uma maior proximidade e respeito com a natureza. Embora, no passado, tenham ocorrido algumas ações negativas, como a exploração da terra e da caça para alimentação, com o passar do tempo, os hábitos vão se modificando. É importante enfatizar que os hábitos rurais facilitam a compreensão do que é a natureza. Durante as entrevistas realizadas, os moradores não sabem o que é uma unidade de conservação e uma Floresta Nacional, porém a maioria consegue entender a importância da unidade de conservação para a proteção da biodiversidade local, além de ser um espaço que traz bem-estar espiritual (Barbosa, 2015).

Os entrevistados relatam dependência do homem da natureza como meio de sobrevivência, hábitos saudosos pelo modo de plantar, colher, a diversidade de alimentos na roça, segurança, reuniões festivas para comemorar a colheita dos alimentos. Uma das principais questões levantadas pelos moradores durante a entrevista é a preocupação com o futuro da área. Existe um grande conflito de especulação imobiliária na região, em decorrência do crescimento urbano, principalmente no sentido leste de Teresina e oeste de Altos (Barbosa, 2015).

Existe uma grande preocupação dos moradores com a alteração da paisagem natural atual para dar lugar à área urbana, ameaçando o convívio harmônico com a comunidade e hábitos rurais. A população da área apresenta caráter rural-urbano. Além dos hábitos rurais, a população foi adquirindo hábitos urbanos. A população mais jovem trabalha na cidade de

Teresina e na região do centro do município de Altos, realizando atividades típicas e urbanas (Barbosa, 2015).

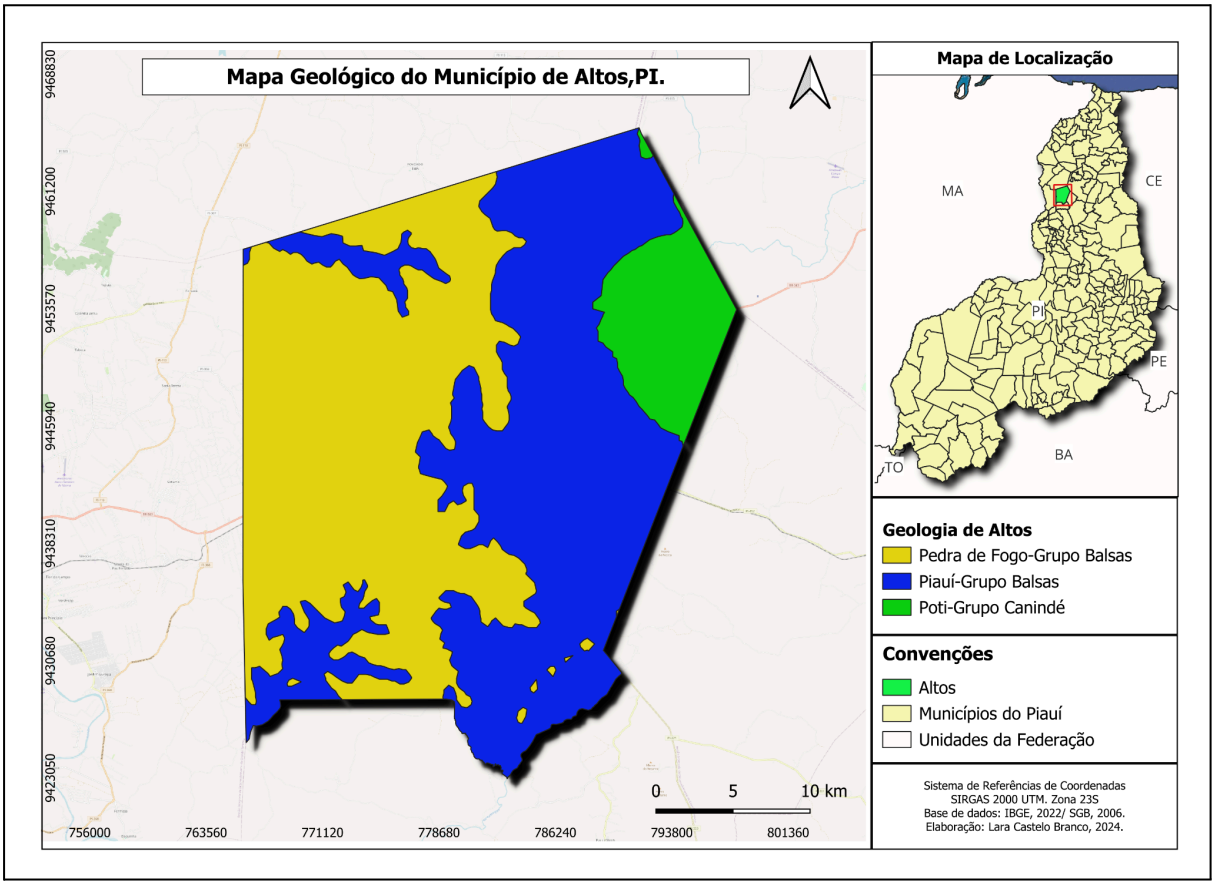
2.5 GEOLOGIA

O município de Altos está inserido na Bacia Sedimentar do Parnaíba, formada por um pacote de rochas sedimentares, conhecida também como Bacia Sedimentar do Maranhão, Bacia Sedimentar do Meio-Norte e Bacia Sedimentar do Piauí-Maranhão. Abrange os estados do Piauí, Maranhão, Tocantins e uma pequena porção dos Estados da Bahia, do Ceará e do Pará (Barbosa, 2015).

Em relação à Bacia Sedimentar do Parnaíba, os processos de sedimentação ocorreram no Paleozóico, do Siluriano ao Permiano. É importante destacar que houve o desenvolvimento da fauna marinha, apresentando conexões com o protoceano Pacífico. A flora também encontrada sugere a existência de gêneros endêmicos no Carbonífero, o que teria levado ao desenvolvimento da biodiversidade da área (Santos; Carvalho, 2004).

O município de Altos é constituído por três formações geológicas, conforme mapa gerado por meio de dados disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB): Formação Pedra de Fogo-Grupo Balsas, Formação Piauí-Grupo Balsas e Formação Poti-Grupo Canindé.

Figura 2- Mapa Geológico do Município de Altos–PI



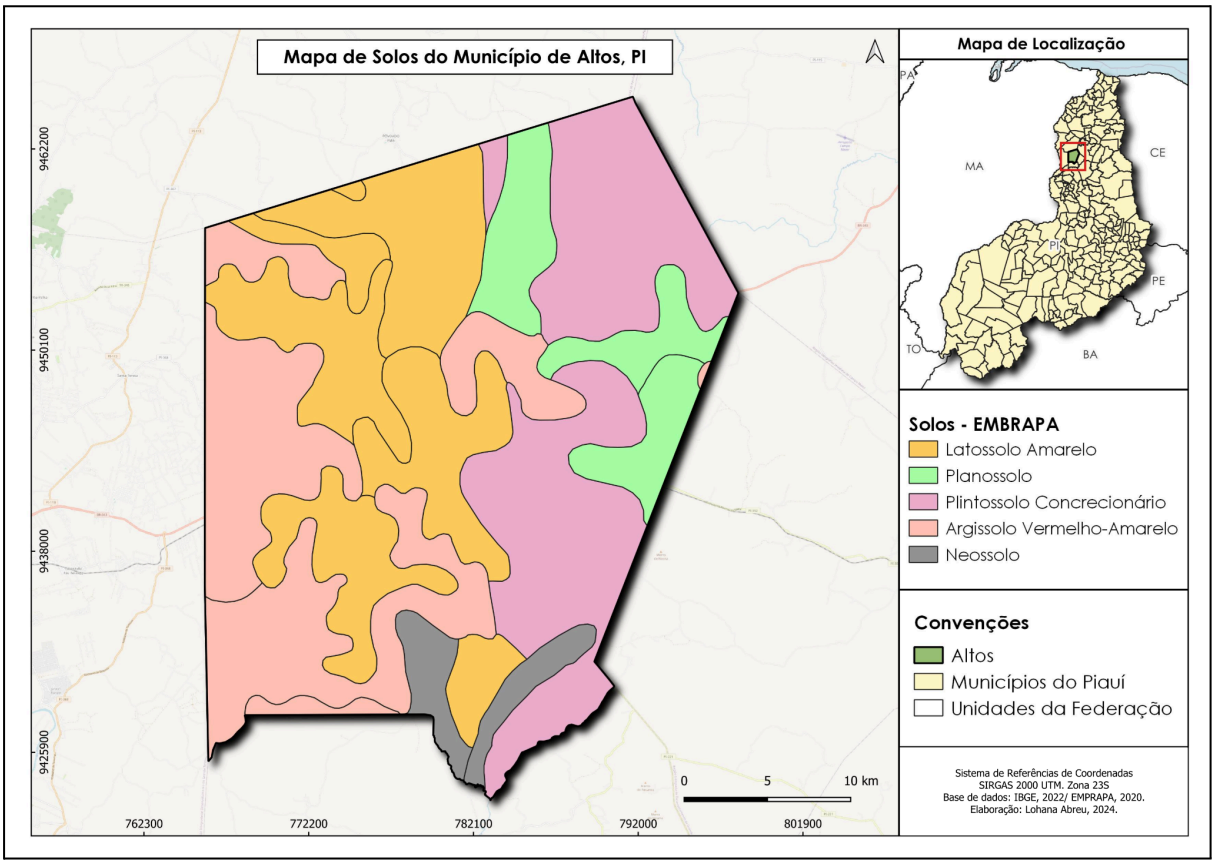
Fonte: Autora (2024).

A Formação Pedra de Fogo é datada do Permiano e composta por arenitos, folhelhos, calcários e silexitos, provenientes de ambientes marinho raso e litorâneo. A Formação Piauí é datada do Carbonífero e composta por arenitos, siltitos, folhelhos e calcários, provenientes de ambientes continental, fluvial e litorâneo, com intercalações marinhas. A Formação Poti é datada do Carbonífero e composta por arenitos, siltitos e folhelhos, provenientes de ambientes deltaico e litorâneo (CPRM, 2006).

2.6 SOLO

Os tipos de solos que se desenvolvem a partir das rochas sedimentares no município de Altos são: Latossolo Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo, Planossolo, Plintossolo Concrecionário e Neossolo, conforme mapa elaborado por meio de dados disponibilizados pela EMBRAPA.

Figura 3-Mapa de Solos do Município de Altos–PI



Fonte: Lohana Abreu (2024).

Latossolo Amarelo: são considerados solos profundos, possuem coloração amarelada, os perfis apresentam homogeneidade, são solos que apresentam boa drenagem e grande parte apresenta baixa fertilidade natural, conforme figura 4 (IBGE, 2015).

Figura 4- Latossolo Amarelo

Fonte: IBGE (2015) e EMBRAPA (2018).

Os Argissolos são solos que apresentam um aumento de argila no horizonte superficial A para o subsuperficial B. Possuem profundidades variadas, variando de pouco profundos a profundos, e apresentam drenagem moderada (IBGE, 2015; EMBRAPA, 2021; EMBRAPA, 2018).

São solos que apresentam acidez forte a moderada, com saturação por bases alta ou baixa, e apresentam argila de atividade baixa ou atividade alta. São solos bastante abundantes no Brasil, assim como os Latossolos (IBGE, 2015; EMBRAPA, 2021; EMBRAPA, 2018).

Os Argissolos Vermelho-Amarelo: são solos de cores vermelho-amareladas e/ou amarelo-avermelhadas que não se enquadram nas classes de Argissolos anteriores (IBGE, 2015; EMBRAPA, 2021; EMBRAPA, 2018), conforme figura 5.

Figura 5- Argissolo Vermelho-Amarelo

Fonte: IBGE (2015) e EMBRAPA (2018).

Os Planossolos são solos minerais mal drenados, apresentam horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, possuem concentração de argila de forma acentuada, com permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo um horizonte Pã, responsável por formar um lençol d'água suspenso de forma periódica no ano, conforme figura 6 (EMBRAPA, 2018).

Figura 6- Planossolo

Fonte: IBGE (2015) e EMBRAPA (2018).

Os Plintossolos são solos formados por material mineral, possuem horizonte plíntico, litoplíntico ou concrecionário, iniciam dentro de 40 cm da superfície ou dentro de 200 cm da superfície quando antecedido de horizonte glei, ou abaixo do horizonte A, E ou de outro horizonte que possua cores pálidas, variegadas ou com mosqueados em quantidade abundante. Os Plintossolos Pétricos Concrecionários são solos com horizonte concrecionário, conforme figura 7 (EMBRAPA, 2018).

Figura 7- Plintossolo

Fonte: IBGE (2015) e EMBRAPA (2018).

Os Neossolos são solos pouco evoluídos, jovens e em início de formação. São formados por material mineral ou orgânico com menos de 20 cm de espessura, não possuem horizonte B diagnóstico e ocorrem na maioria das regiões do País, em ambientes específicos, conforme figura 8 (IBGE, 2015; EMBRAPA, 2018).

Figura 8- Neossolo

Fonte: IBGE (2015) e EMBRAPA (2018).

2.7 RELEVO

O município de Altos apresenta áreas com cotas altimétricas elevadas. Grande parte do seu território é composto por um conjunto de planaltos e morros residuais elevados, limitados por escarpas íngremes, apresentando relevo fortemente ondulado e montanhoso. É importante destacar que o conjunto de planaltos está situado em um conjunto de sub-bacias hidrográficas que são afluentes dos rios Parnaíba, Poti e Longá (Barbosa, 2020).

2.8 HIDROLOGIA

A unidade de conservação Floresta Nacional de Palmares possui alguns riachos pequenos temporários. Vale ressaltar que as águas pluviais que escoam são, em sua maioria, de primeira ordem. Existe um riacho de segunda ordem, tributário do riacho Olho d'Água, que é afluente da margem direita do rio Poti. Essa região é uma área que compõe a zona de recarga do aquífero superficial livre, formando um conjunto de nascentes perenes pertencentes a pequenos riachos que escoam para o rio Poti no seu baixo curso, tornando-o em um rio perene. A área apresenta muita relevância (ICMBio, 2022).

2.9 CLIMA

O município de Altos possui clima tropical megatérmico (Aw), conforme classificação climática de Köppen-Geiger. Apresenta duas estações bem definidas: uma chuvosa e outra seca. A chuvosa ocorre durante os quatro meses de janeiro a abril. A seca ocorre durante os meses de julho a outubro (ICMBio, 2022).

A precipitação anual varia entre 1200 a 1400 mm. As temperaturas máximas variaram de 36 °C a 38 °C. A cobertura florestal reduz as médias térmicas, trazendo conforto térmico para a região. A umidade relativa do ar é alta nos meses de janeiro, chegando a 80%, já no período mais seco, a umidade varia entre 55 e 60% (ICMBio, 2022).

2.10 VEGETAÇÃO

A FLONA está localizada em uma área de tensão ecológica entre caatinga e mata dos cocais, com floresta estacional semidecidual e remanescentes de cerrado. A FLONA possui uma rica diversidade de espécies, e sua estrutura vertical é bastante diversa, variando entre os cinco estratos: herbáceo/rasteiro, subarbustivo, arbustivo, arborescente e arbóreo (Sousa *et al.*, 2018; ICMBio, 2022).

A maioria da flora é constituída por espécies de porte arbóreo e arborescente, cujas espécies apresentam caules eretos e lenhosos, com troncos que ultrapassam cinco metros de altura. Podemos citar como exemplo as espécies: cundurú (*Duguetia marcgraviana Mart*.), ipê-amarelo [*Handroanthus ochraceus (Cham.) Mattos*], copaíba/podói (*Copaifera duckei Dwyer*) e sipaúba (*Combretum mellifluum Eichler*) (ICMBio, 2022).

Estudos realizados na área, por meio de inventários florísticos, identificaram 63 (sessenta e três) espécies de plantas e 26 (vinte e seis) famílias botânicas. A família que apresenta maior representatividade é a *Fabaceae,* como alguns exemplares das espécies encontradas na FLONA (Sousa *et al.*, 2018).

Figura 9- Estratos vegetacionais, FLONA, Altos-PI

Fonte: Autora, 2023 e Sousa *et al.*(2018).

2.11 FAUNA

A fauna presente na unidade de conservação é muito rica por ser uma área de tensão ecológica entre caatinga e mata dos cocais, com floresta estacional semidecidual e remanescentes de cerrado. Já foram identificadas 22 (vinte e duas) espécies de mamíferos, como, por exemplo: macaco guariba [*Alouatta ululata (Elliot, 1912)*], macaco-prego [*Sapajus libidinosus (Spix, 1823)*] e saguis [*Callithrix jacchus (Linnaeus, 1758)*] (ICMBio, 2022).

Para a avifauna, foram catalogadas 143 espécies identificadas, como o arapaçu-do-nordeste [*(Xiphocolaptes falcirostris (Spix, 1824)*], a araponga-do-nordeste [*(Procnias averano (Hermann, 1783)*], barbudo-rajado-pequeno (*Malacoptila minor (Sassi, 1911*), pica-pau-de-barriga-vermelha [*Campephilus rubricollis (Boddaert, 1783)*], macuru-de-testa-branca [*(Notharchus hyperrhynchus (Sclater, 1856)*] e o macuru-pintado [*(Notharchus tectus (Boddaert, 1783)*] (ICMBio, 2022).

Vale ressaltar que muitas das espécies mencionadas são raras, endêmicas e estão ameaçadas de extinção. Em relação à herpetofauna, foram identificadas 11 espécies, como, por exemplo: cobra-coral (*Micrurus sp. Wagler, 1824*) e cascavel [*(Crotalus durissus Linnaeus, 1758)*] (ICMBio, 2022).

A FLONA participa de vários Planos de Ações Nacionais, como o PAN para Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção, PAN Canídeos, PAN Grandes Felinos, PAN Tatu-Bola, PAN Ungulados, PAN Pequenos Felinos, PAN Aves da Mata Atlântica, PAN Aves da Caatinga e PAN PRINE (Primatas do Nordeste) (ICMBio, 2022). As figuras a seguir referem-se à fauna presente na UC.

Figura 10-Tatu-verdadeiro (*Dasypus novemcinctus*) e Morcego Fantasma (*Emballonuridae Diclidurus)*

Fonte: Sousa *et al.* (2018).

Figura 11-Pica-pau-de-barriga-vermelha (*Campephilus rubricollis*) e Udu-de-coroa-azul (*Momotus momota*)

Fonte: Sousa *et al.* (2018).

Figura 12-1) Jibóia (*Boa constrictor*); 2)Suaçubóia (*Corallus hortulanus*); 3) Salamanta (*Epicrates cenchria*); 4) Cobra-cipó-marrom (*Chironius flavolineatus*)

Fonte: Sousa *et al.* (2018).

Quando se altera o meio, ocorrem mudanças na vegetação e alteração da vida dos animais presentes na região. A estrutura vegetacional influencia de forma direta nos hábitats das espécies, interferindo na biodiversidade de espécies de animais ali presentes. Essa interação é fundamental para a manutenção dos processos ecológicos. O importante papel de polinização da fauna garante a manutenção das interações e do equilíbrio entre flora e fauna (Sousa *et al.*, 2018).

3 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

Segundo Lepsch (2010), os homens primitivos, há cerca de trinta mil anos, tinham uma visão dos solos como meio de locomoção, crescimento de vegetais, frutos, barro para a produção de objetos de cerâmica e uma forma de fornecer pigmentos para pinturas rupestres. Os solos eram considerados fixos e imutáveis. Os tipos de solos eram identificados pelos homens primitivos da seguinte forma: alguns solos forneciam melhores frutos, já outros tipos de solos forneciam matérias-primas das mais variadas cores para a suas confecções e pinturas.

Após a última era glacial, há 10.000 anos, o homem passou a permanecer em determinados territórios, passou a cultivar para garantir, com maior facilidade, alimentos, defendendo o seu território. O solo, além de sustentar a vegetação nativa, possibilitou o cultivo através das sementes. O surgimento das cidades tornou a agricultura indispensável, pelo reconhecimento da importância do solo (Lepsch, 2010).

O homem, ao longo do tempo, passou a identificar que determinados tipos de solos apresentavam maior produtividade que outros. Tudo isso foi devido aos seus processos de experiências. O solo passou a designar o avanço das civilizações. As civilizações passaram a se desenvolver em áreas com solos férteis, próximos a reservatórios de água. O solo, ao longo do tempo, tem sua importância percebida pela humanidade e possui diversas definições, pelas diversas formas de interesse de uso, como, por exemplo: o uso agrícola, uso para fabricação de tijolos, telhas, material para aterro, entre outros (Lepsch, 2010; Santos *et al.*, 2015).

O solo se origina por meio de interações dos fatores de formação, como o clima, organismos vivos, material de origem e relevo. Resultado dessas interações, o solo é composto de materiais minerais, orgânicos e matéria viva. Apresenta diversas funcionalidades, como: sustentação de plantas, retenção de água, transformação e armazenamento de resíduos e suporte de edificações (Rodrigues, 2018).

Segundo Santos *et al.* (2015), existem diversas definições de solos: meio natural para o desenvolvimento das plantas, produto oriundo de processos de alteração das rochas, são definidos também como corpos naturais independentes, compostos por materiais minerais e orgânicos, que se organizam em camadas e/ou horizontes, os quais são resultados dos fatores de formação do solo. É importante dar destaque à ação biológica e do clima sobre os materiais de origem, que vão sofrer influência do relevo e do tempo, formando, assim, os solos que conhecemos.

O solo é definido como uma coleção de corpos naturais, formados por partes sólidas, líquidas e gasosas, apresentando tridimensionalidade, dinâmico, composto por materiais minerais e orgânicos, compõe a maioria da superfície do planeta, formado por matéria viva, suporte para o desenvolvimento das plantas, e passa por constantes processos de modificação antrópica (Santos *et al.,* 2018).

O solo é definido como corpo tridimensional, dinâmico da paisagem, que passa por variados processos pedogenéticos. Sua formação ocorre através das interações entre os fatores como clima, relevo e organismos sobre o material de origem ao longo do tempo. Essas interações e combinações desses fatores originam uma grande variedade de tipos de solos, com características únicas (Oliveira, 2011).

O solo é um corpo natural complexo, que sofre transformações ao longo do tempo, composto por matéria orgânica viva, é meio natural para o crescimento das plantas, passa por modificação antrópica. A sua parte superior limita-se com o ar atmosférico ou águas rasas, de forma lateral, limita-se com rocha consolidada, água profunda ou gelo. No limite inferior, deve-se excluir o material que apresenta pouco efeito em relação às interações do clima, organismos e material de origem ao longo do tempo (IBGE, 2015).

Dokuchaev fundamentou um novo ramo da ciência, a Pedologia. Através de suas viagens e do estudo de um extenso território, Dokuchaev reconheceu o solo como corpo dinâmico e organizado. Ele contribuiu de maneira grandiosa, ao adicionar a pedogênese para ser estudada pela ciência. A pedogênese é o estudo da formação (gênese) dos solos (Lepsch, 2010).

A Pedologia tem como finalidade entender as interações entre os fatores e processos de formação e sua ação sobre as características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas do solo e sua classificação. É uma ciência que se iniciou através dos estudos de Dokuchaev. Através da escola russa de Dokuchaev, o solo passou a ser estudado a partir de uma perspectiva genética. O solo passou a ser composto por classes, além da construção do conceito de horizonte, da compreensão de como o solo se distribui na paisagem e da definição do conceito dos fatores de formação do solo (Pereira *et al.*, 2019).

Segundo Pereira *et al.* (2019), os estudos de Dokuchaev se tornaram alicerce para a formulação do modelo de gênese do solo, que foi desenvolvido por Jenny (1899-1992). Jenny propôs a equação de formação do solo:

S = f (cl, o, r, p, t...)

S: solo; cl: clima; o: organismos; r: relevo; p: material parental; t: tempo

A equação possibilitou compreender melhor como cada fator influencia no processo de formação do solo. A equação possibilita que se isolem quatro fatores e se trabalhe com a variabilidade de apenas um. É importante destacar, como exemplo, que em ambientes que estão sob as mesmas condições de clima, vegetação, material de origem e tempo, o fator de formação relevo é a principal influência na formação dos diversos tipos de solos existentes no ambiente (Pereira *et al.*, 2019).

Material de Origem: Em relação ao processo de formação do solo, o material de origem é dividido em dois grandes grupos: rochas e sedimentos. As principais características que influenciam nos atributos do solo são: cor, textura, mineralogia e composição química. Já os sedimentos se formam através do processo de intemperização das rochas e dos processos erosivos (Pereira *et al.*, 2019).

Os sedimentos podem ser classificados em coluviais, formados pelo intemperismo e erosão em áreas elevadas e depositados nas encostas, e aluviais, depositados durante o transbordamento dos rios. É importante destacar que os atributos como cor, textura, composição mineralógica e fertilidade natural dos solos formados a partir de sedimentos sofrem influência direta da rocha de origem (Pereira *et al.*, 2019).

Relevo: O relevo influencia na variação da cor do solo, que pode ocorrer em distâncias pequenas. As águas da chuva caem na superfície de maneira homogênea em um terreno pequeno, parte da água escoa para partes mais baixas e planas do terreno, recebendo uma maior quantidade de água quando comparada às partes mais altas e de maior declive (Lepsch, 2010).

É importante destacar que os solos das partes mais baixas são diferentes dos solos das áreas mais elevadas. A saturação com água, de forma mais ou menos contínua, afeta de forma diferente os processos de intemperismo químico, trazendo o entendimento de que os solos irão evoluir de forma diferente nas posições mais úmidas do relevo quando comparadas às áreas mais secas (Lepsch, 2010).

Áreas que sofrem com saturação permanente com água (mal drenadas) nos seus processos de formação serão influenciadas por condições especiais, como, por exemplo, o processo de solubilização dos óxidos de ferro ou acúmulo de matéria orgânica, em decorrência do excesso de água nos poros e da escassez de ar (Lepsch, 2010).

Clima: O clima, para muitos autores, é considerado o fator mais importante para a definição das propriedades dos solos, sofrendo influência direta da temperatura e da precipitação pluvial. A temperatura influencia na dinâmica da velocidade e intensidade dos fenômenos, enquanto a precipitação pluvial faz parte dos fenômenos físicos, químicos e

bioquímicos do solo. É importante ressaltar que, quando ocorre o aumento da temperatura a cada 10 °C, há o aumento em dobro das reações químicas. É o caso dos solos das regiões tropicais quentes e úmidas, que estão entre os solos mais intemperizados do mundo. As cores vermelhas dos solos possuem maior ocorrência em regiões tropicais (Oliveira, 2011).

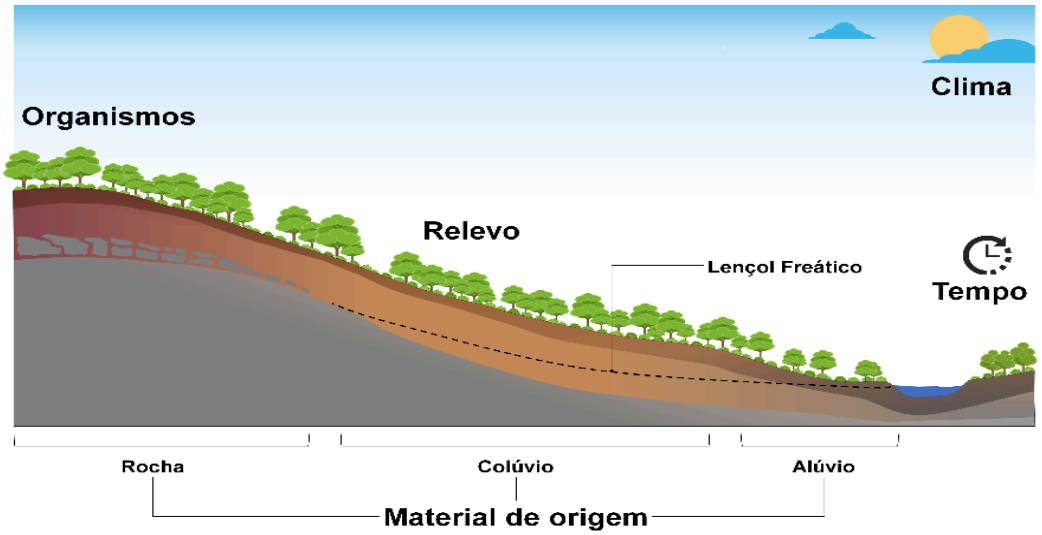
Organismos: Os organismos são constituídos pela microflora, microfauna, macroflora e macrofauna. Esses organismos atuam de forma direta no processo de formação dos solos, tanto no interior quanto na superfície. O homem se insere nesse contexto, atuando de forma expressiva (Oliveira, 2011).

Os microrganismos realizam o processo de início da decomposição dos restos dos vegetais e animais, contribuindo para a formação do húmus, que se acumula principalmente nos primeiros horizontes, promovendo a junção das partículas primárias do solo e favorecendo o processo de formação de agregados, que são componentes essenciais para a estrutura do solo. Outros retiram o nitrogênio do ar, transformando-o em nitratos e amônia, que são nutrientes essenciais para as plantas (Lepsch, 2010).

Os vegetais atuam de forma direta na formação do solo, penetrando suas raízes nas rochas e acelerando o processo de intemperismo. Os animais misturam os materiais de diversos horizontes, promovendo grande movimentação do solo. O homem, ao longo do tempo, vem impactando a formação dos solos, retirando a vegetação natural para cultivo, removendo o horizonte A, e adicionando fertilizantes e corretivos. Porém, atualmente, há um maior esforço para o uso adequado do solo com práticas de manejo mais sustentáveis (Lepsch, 2010).

Tempo: O tempo no processo de formação dos solos não se limita à cronologia, mas ao processo de maturidade e evolução dos solos. É importante destacar que, em ambientes áridos e semiáridos, a baixa precipitação traz limitações ao processo de intemperismo, resultando em solos jovens, pouco evoluídos. Já em condições com intensa atividade de intemperismo, são formados solos maduros e evoluídos. Os diferentes tipos de solos estão intimamente relacionados às condições ambientais ao longo do tempo (Pereira *et al.*, 2019).

Figura 13- Representação de um transecto e atuação dos fatores de formação do solo



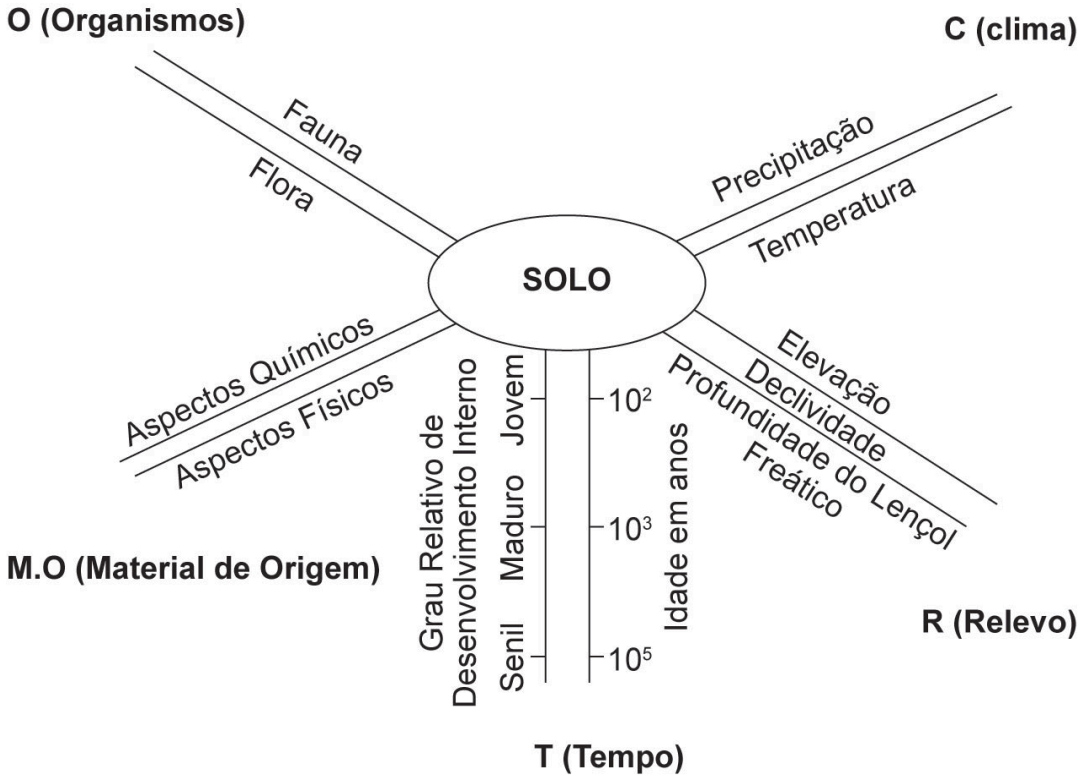
Fonte: Pereira *et al.* (2019).

O solo não é apenas formado pelo processo de modificação das rochas, possui direta relação com os fatores ambientais, como clima, relevo, plantas, animais e o tempo. O solo é resultado dos fatores de formação, como: material de origem, clima, organismos, relevo e tempo (Rodrigues, 2018).

O relevo apresenta papel principal por controlar o clima e os organismos que atuam, ao longo do tempo, sobre a rocha de origem, resultando no processo de intemperismo para formar os solos. O material de origem e o tempo são considerados fatores passivos, enquanto o clima e organismos atuam como fatores ativos, e o relevo é considerado o fator que exerce controle (Rodrigues, 2018).

Entende-se que os fatores passivos não interferem no material de origem adicionando ou exportando material, nem adicionam energia para contribuir no aumento da velocidade do processo de intemperismo e pedogênese, enquanto os fatores ativos contribuem acrescentando energia e compostos químicos fundamentais para os processos de formação do solo (Rodrigues, 2018).

Figura 14-Modificação do solo pelos fatores ambientais

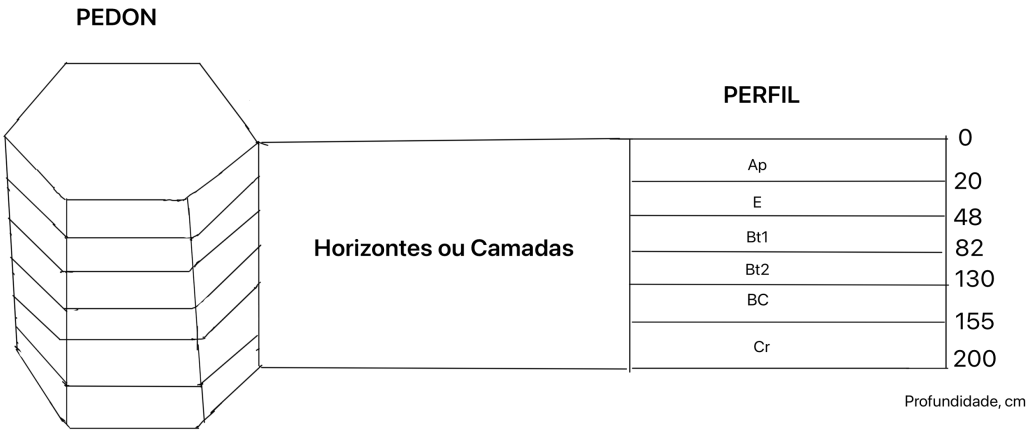


Fonte: Rodrigues (2018).

3.1 PERFIL DO SOLO, HORIZONTE E CAMADA

O pedon é definido como corpo tridimensional que representa o solo, conforme figura 15. O perfil é definido como a face do pedon que vai da superfície à rocha de origem. O perfil do solo é utilizado para exame, descrição e coleta para a análise do solo. É importante destacar que o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos faz uso da profundidade de 2,0 m como referência para analisar as características do pedon, sendo suficiente para classificar a maioria dos solos. Solos que apresentam um perfil com maior profundidade podem ter a análise estendida até 4,0 m (Santos *et al.,* 2015).

Figura 15- Representação esquemática do pedon, perfil e alguns horizontes genéticos



Fonte: Autora (2024).

O perfil do solo é formado por horizontes e camadas diferentes, por apresentarem características específicas originadas do processo de pedogênese. Este processo influencia nas características dos horizontes, na espessura, nas formas de arranjamento e transições, essas características influem nas propriedades físicas e químicas do solo (Rodrigues, 2018).

Os horizontes constituem o perfil do solo de maneira mais ou menos paralela à superfície, apresentando morfologia, atributos químicos, físicos e mineralógicos diferentes. As camadas se diferenciam das demais por meio da sua morfologia, em decorrência do material herdado, o que ocorre de maneira diferente em relação aos horizontes, que se tornam diferentes através dos processos pedogenéticos (Rodrigues, 2018).

O solo é constituído por uma sequência de horizontes. Os horizontes se definem como uma seção orgânica ou mineral, paralela à superfície do terreno. Já a camada, quando comparada ao horizonte, conforme o autor, se torna divergente por possuir características que não possuem ou são pouco influenciadas pelos processos de formação do solo. É importante destacar que os horizontes do perfil são constituídos por múltiplos processos pedogenéticos (Pereira *et al.*, 2019).

Os horizontes correspondem a faixas uniformes pertencentes ao perfil, sendo mais ou menos paralelos à superfície, e sendo diferenciados pela transição de uma camada em relação à outra, que nem sempre é tão evidente (Schroeder, 2017).

Para os autores, são reconhecidos oito horizontes e camadas do solo, nomeadas por letras maiúsculas: O, H, A, E, B, C, F e R. A, E, B são sempre horizontes, enquanto O, H, C e F, devido à sua evolução pedogenética, são denominados de horizontes ou camadas, e R é identificado sempre como camada, pois não faz parte do solo, correspondendo a um material

subjacente a ele que não sofreu modificação pelo intemperismo (Pereira *et al.*, 2019; Oliveira, 2011).

O solum é constituído por um conjunto de horizontes que se relacionam entre si que sofrem influência da ação dos fatores e processos pedogenéticos, onde se considera somente os horizontes genéticos representados pelos horizontes A, E, B e suas transições e alguns horizontes H e C (Santos *et al.,* 2015).

O e H- Essas denominações se referem a horizontes ou camadas compostas por matéria orgânica. O "O" refere-se aos solos que apresentam boa drenagem, enquanto o "H" refere-se a solos que apresentam má drenagem, onde o lençol freático fica próximo à superfície. Podem ser denominados de "o" e "d" quando se fala do grau de decomposição do material orgânico. Para o "o", o material orgânico apresenta baixa decomposição, com a presença de detritos como, por exemplo, folhas e raízes. Já o "d" refere-se ao material orgânico que apresenta um estágio avançado de decomposição (Pereira *et al.*, 2019).

A- Horizonte mineral, superficial ou em sequência a horizonte ou camada O ou H, diferenciando-se pela maior concentração de matéria orgânica ou pela perda ou translocação dos componentes minerais, o autor sugere que a matéria orgânica está diretamente associada aos componentes minerais que através da atividade biológica é incorporada ao solo, a matéria orgânica influencia na cor, estrutura dentre outras (Santos *et al.,* 2015).

E- Horizonte mineral subjacente ao horizonte A, é caracterizado por apresentar uma concentração relativa de areia e silte, apresentando descoloramento devido à perda de argila, óxidos de ferro, matéria orgânica e óxido de alumínio (Oliveira, 2011).

B- Horizonte mineral subjacente aos horizontes A, E ou H marcado por transformações pedogenéticas, incluindo cimentação pedogênica por carbonatos, sílica, alumínio dentre outros, possuindo pouco ou nada da estrutura da rocha de origem (Santos *et al.,* 2015; Oliveira, 2011).

C- Horizonte ou camada mineral que está sob o solum, sofre pouca influência pelos processos pedogenéticos, apresenta gleização de forma expressiva, camadas de sedimentos, saprólito, material de rocha não consolidado e materiais de rochas cimentados ou cimentados de forma moderada, apresentando baixa ou moderada resistência à escavação, podem ser cortados com a pá, podendo ou não formar o solum (Santos *et al.,* 2015; Oliveira, 2011).

F- Horizonte ou camada constituída por minerais ricos em ferro apresentando forma contínua ou quase contínua (Pereira *et al.*, 2019).

R- É uma camada mineral de material consolidado que representa o substrato rochoso (Pereira *et al.*, 2019).

3.2 TRAJETÓRIA EVOLUTIVA DO SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS

A classificação pedológica brasileira corresponde à evolução dos estudos oriundos do antigo sistema americano, desenvolvidos por Baldwin, Kellog e Thorp em 1938, e sofreu modificações por Thorp e Smith em 1949. Além disso, buscaram-se outras contribuições de conceitos de outros pesquisadores. A classificação brasileira modificou critérios, conceitos e criou novas classes, separando algumas classes originárias do sistema americano e criando subclasses que apresentam transição ou são intermediárias. O processo ocorreu através da busca do aperfeiçoamento do antigo sistema de classificação. O foco da classificação pedológica brasileira foram os níveis hierárquicos dos grandes grupos e os estudos referentes aos níveis dos subgrupos, que até então não foi o foco do antigo sistema (Santos *et al.*, 2018).

A criação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) possibilitou a realização de levantamentos pedológicos nos níveis de reconhecimento e exploratório para a publicação de todos os dados oriundos das pesquisas realizadas no território brasileiro. A maioria dos dados foram descritos em campo, e as análises também foram feitas em laboratórios, utilizando a metodologia estabelecida pelo Centro Nacional de Pesquisas em Solos da Embrapa (CNPS), que iniciou seus trabalhos na década de 50, nomeado Comissão de Solos do CNEPA (Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas) do Ministério da Agricultura. O trabalho ganhou força e proximidade com o novo sistema americano de classificação desenvolvido na década de 60, o Soil Taxonomy. O Brasil agregou, no que se refere à classificação de solos, muitas informações do novo sistema americano de classificação (Lepsch, 2011; Santos *et al.*, 2018).

Segundo Torres (2011), os primeiros estados brasileiros a terem levantamentos realizados foram o Rio de Janeiro, em 1958, e, em seguida, o estado de São Paulo, em 1960. Por meio dos novos conhecimentos adquiridos sobre os solos brasileiros e diante da dificuldade e inexistência de uma taxonomia que tivesse como foco a classificação dos solos Brasil, percebeu-se a necessidade de um sistema de classificação que identificasse solos mais específicos e classes de solos mais gerais.

Segundo o IBGE (2015), o Instituto Agronômico José Augusto Trindade, pertencente ao município de Sousa, na Paraíba, tornou-se pioneiro nos estudos pedológicos. O primeiro mapa pedológico foi realizado em 1947, na Paraíba, denominado “Mapa Agrológico da Bacia de Irrigação do Açude São Gonçalo–PB”.

Em 1970, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) desenvolveu o projeto de sensoriamento remoto com foco na Amazônia, utilizando radares, intitulado "Radar na Amazônia", originando posteriormente o Projeto RADAM, que se estendeu para todo o território brasileiro em 1976, sendo então nomeado RADAMBRASIL. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Solos) e o Projeto RADAMBRASIL realizaram levantamentos generalizados em todo o território nacional. Empresas privadas realizaram os levantamentos de solos em níveis de maior detalhe para construir um amplo conhecimento dos solos, visando à exploração agrícola, à conservação do solo, dentre outras finalidades (IBGE, 2015).

O Projeto RADAM (Radar na Amazônia), criado em 1970 e posteriormente nomeado RADAMBRASIL, se estendeu a todo território brasileiro. A Frente Regional Nordeste contribuiu de forma significativa ao projeto, definindo metodologias. No ano de 1985, o Projeto RADAMBRASIL chegou ao fim, e todo o corpo técnico, assim como todo o seu acervo, foram incorporados ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), onde permanecem até a atualidade (Filho *et al.*, 2021).

Os estudos pedológicos realizados pela Comissão de Solos do Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas (CNEPA) e por instituições posteriores foram adequando os solos que possuíam atributos diferentes e variabilidade morfológica e de constituição. O conjunto de critérios englobou os mais variados atributos diagnósticos, por meio de diversos tipos de horizontes A, B dentre outros horizontes diagnósticos que variam de posição no perfil do solo. No Brasil, as diversas classes de solos que representam o nível alto de categoria foram incorporadas na classificação dos diversos tipos de solos que, ao decorrer dos levantamentos no Brasil, foram identificados sob as mais variadas condições ambientais (Santos *et al.*, 2018).

Após anos de estudos e levantamentos de solos feitos no Brasil, surgiu, em 1999, o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), com muitas modificações quando comparado aos conceitos originais, à nomenclatura e às definições de classes publicadas antes de 1999 (Lepsch, 2011). O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos rendeu bons resultados, mas deve-se pensar em revisões e no aperfeiçoamento constantes, utilizando os dados já existentes e incentivando que novos trabalhos sejam realizados por diversas instituições em todo o Brasil (Torres, 2011).

3.3 A IMPORTÂNCIA DA CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

O homem, no decorrer do seu desenvolvimento, sempre teve a naturalidade de ordenar e classificar os objetos. O solo, para o homem, sempre teve muita importância para a continuidade de sua sobrevivência. Foi o alicerce para o cultivo de plantas e fonte de alimento. As civilizações costumavam classificar os solos como bons ou ruins para o cultivo de determinadas plantas e, com o avanço da humanidade, surgiram as classificações científicas, que trouxeram certezas quanto ao melhor uso da terra. A classificação possibilita conhecer uma variedade de solos, com as mais diversas características, facilitando a tomada de decisões quanto ao seu uso (Lepsch, 2010).

Segundo Neto, Ferreira e Chig (2019), a classificação pedológica é de grande importância para a agronomia e áreas afins, apresentando uma gama de aplicabilidades, como fornecer informações fundamentais sobre as características do solo, possibilitando seu manejo adequado, bem como a conservação do solo e da água. Ao categorizar o solo em uma classe, gera-se automaticamente a compreensão da melhor forma de se tomar decisões sobre o uso mais adequado do solo em uma determinada região. É imprescindível utilizar os dados disponíveis por meio de uma análise criteriosa, que leve em conta a escolha mais adequada para o uso e manejo do solo, avaliando seu potencial e suas limitações.

Para Neto, Ferreira e Chig (2019), o manejo do solo no contexto agrícola e os dados obtidos através da classificação do solo facilitam a indicação de quais culturas, cultivares e variedades são ideias, possibilitando orientar como o manejo deve ser feito. É essencial não só para o aspecto agrícola, mas permite compreender como pode ser feito o uso do solo de forma correta e racional, entendendo as fragilidades do ambiente.

A classificação dos solos, principalmente quando se fala em planejamento territorial, atua de forma fundamental na segmentação de paisagens. Através das informações obtidas, é possível gerenciar e compreender quais áreas são impróprias e não são recomendadas para ocupação, identificar as áreas sensíveis que abrigam uma rica biodiversidade e que devem ser protegidas, além de orientar a utilização para diversas finalidades, contribuindo para a preservação ambiental e utilização correta dos ecossistemas (Torres, 2011).

O conhecimento sobre as características físicas do solo é essencial para a compreensão do seu processo de formação e de suas propriedades morfológicas, os seus atributos são indicadores da qualidade do solo, favorecendo o melhor manejo. A classificação do solo está aliada ao processo de conservação e preservação da flora e fauna, possibilitando

para que as atividades produtivas das comunidades tradicionais continuem ocorrendo (Rodrigues, 2018).

A classificação dos solos é muito importante para organizar as informações, compreendendo a dinâmica de cada tipo de solo e suas relações, havendo, então, a necessidade de então classificá-los da mesma forma feita para as plantas e animais. Ao se identificar os atributos morfológicos dos perfis dos solos, como sua espessura, cor, transição, textura, dentre outros, facilita-se o processo de compreensão sobre a sua formação e classificação, favorecendo práticas de melhor manejo do solo (Lepsch, 2011; Pereira *et al.*, 2019).

Para compreender o comportamento dos solos e sua capacidade, é necessário estudar suas características químicas, físicas, coloidais e biológicas. A compreensão das características morfológicas do solo, através da análise do seu perfil, traz uma série de informações que serão essenciais para compreensão de como os solos podem ser utilizados, manejados e conservados (Santos; Daibert, 2014).

Dokuchaev teve a preocupação de compreender e explicar os processos de formação dos solos e criar um sistema que os classificasse. A evolução dos estudos pedológicos se preocupou em entender como se fazia para corrigir a fertilidade natural dos solos, neutralizar a sua acidez, classificar os solos para determinar quais solos são apropriados para determinados tipos de cultura, além de compreender que as áreas sensíveis devem ser preservadas contra os processos de erosão (IBGE, 2015).

3.4 COMO SE CLASSIFICAM OS SOLOS?

A descrição morfológica de perfis de solos é a chave para identificar as propriedades do solo que podem ser observadas tanto através da visão como pelo tato, a exemplo disso, temos: cor, textura, estrutura, porosidade, consistência, transições entre camadas e/ou horizontes (Santos *et al.*, 2015).

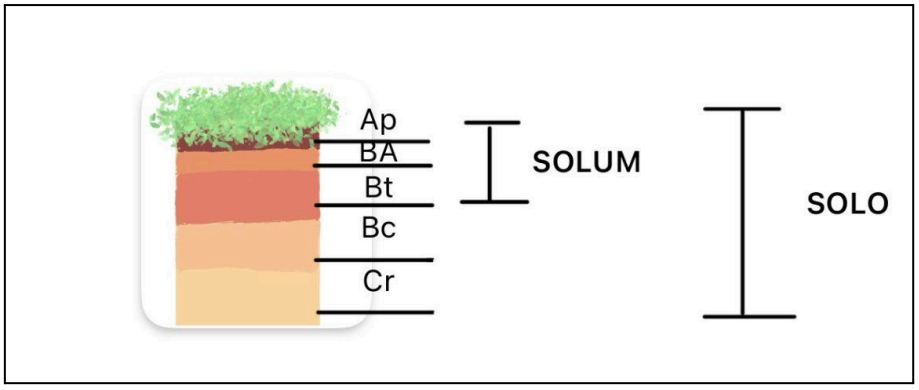
O início do processo de classificação se inicia no campo, com o processo de descrição do perfil, caracterizando cada camada ou horizonte de forma individual. É uma etapa muito importante, assim como a etapa de análise em laboratório. O processo de descrição morfológica do solo traz a necessidade de abertura de trincheira com tamanho ideal para ser feita a análise das características do perfil, o registro fotográfico e coleta do material (Santos *et al.*, 2015).

Recomenda-se para a abertura da trincheira que a mesma possua 1,5 metros de comprimento por 1,2 metros de largura e 2,0 metros de profundidade para análise de solos profundos. É importante destacar que estudos preliminares de perfis também podem ser feitos em cortes de estradas e voçorocas de sulcos de erosão (Santos *et al.*, 2015).

Nos casos de estudos dos perfis em cortes de estradas, recomenda-se a retirada de uma camada de pelo menos 40 cm ao longo do perfil. Em locais que não existem cortes de estrada, o perfil pode ser analisado por meio de sondagens com a utilização do trado de caneco ou holandês. Pode-se também realizar abertura de pequenos buracos (40x40 cm), associando à tradagem. Conforme a literatura, recomenda-se, em último caso, devido às alterações causadas nos elementos estruturais do solo. A escolha do local deve ser analisada de acordo com a finalidade de cada estudo (Santos *et al.*, 2015).

Os horizontes ou camadas vão se diferenciar por meio das características morfológicas, como: cor, textura, estrutura e consistência, dentre outras, analisadas em grupo. É importante conhecer como as raízes se comportam, como ocorre o processo de atividade biológica, se existe presença de stone line, de nódulos ou concreções, acúmulo de sais. É essencial identificar a altura do lençol freático, se existe compactação, dentre outros aspectos (Santos *et al.*, 2015).

Figura-16 Perfil de solo

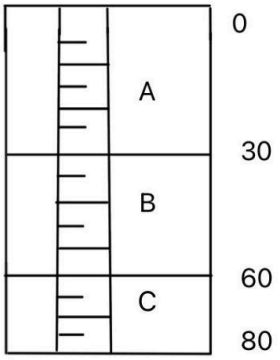


Fonte: Autora (2024).

Após a diferenciação dos horizontes ou camadas do perfil, deve-se fazer a medição da sua profundidade e espessura. Temos como exemplo, a seguir, a figura 17, que mostra a medida das profundidades e espessuras dos horizontes quando a linha de separação entre eles é plana ou horizontal. Vale lembrar que existe uma variedade de comportamentos de perfis do

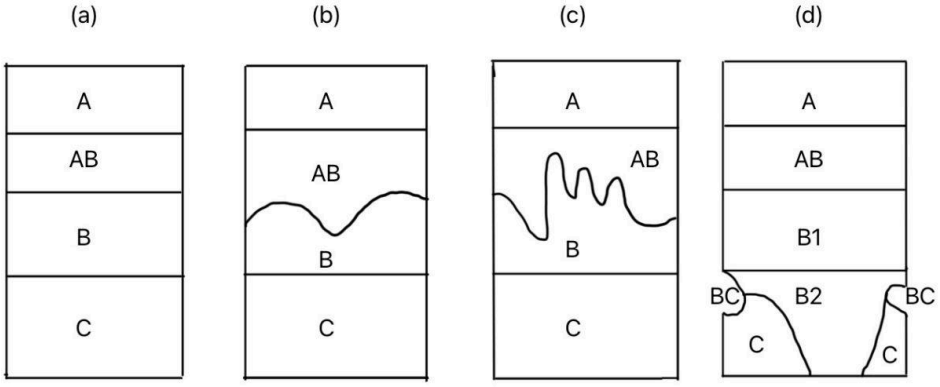
solo em todo o Brasil, onde a linha de separação entre eles apresenta transições ondulares, irregulares, descontínuas ou quebradas conforme figura 18 (Santos *et al.*, 2015).

Figura 17- Perfil do solo com os seus horizontes que apresentam linha de separação plana ou horizontal



Fonte: Adaptado, Santos *et al.*(2015).

Figura 18- Forma de transição entre horizontes. (a) Plana; (b) Ondulada; (c) Irregular; (d) Descontínua



Fonte: Adaptado, Santos *et al.* (2015).

A cor do solo é um dos atributos fundamentais e mais fáceis de se observar, auxiliando no processo de classificação dos solos em campo, realizada através da análise visual. As tonalidades dos perfis facilitam a definição de cada horizonte. Através da análise da cor do solo, pode-se identificar o teor de matéria orgânica do solo, identificar o óxido de ferro que predomina nas frações de argila e identificar a classe de drenagem dos solos. No

entanto, as análises através da observação da cor do solo fornecem somente informações qualitativas (Rodrigues, 2018; Lepsh, 2010; Pereira *et al.*, 2020).

Para a análise da cor do solo ou dos seus horizontes, usa-se o padrão estabelecido mundialmente, que é representado através do grau de intensidade dos três componentes que caracterizam a cor: matiz (“hue”), valor (“value”) e croma (“chroma”), seguindo o que está estabelecido pela Carta de Cores Munsell para Solos (*Munsell Soil Color Charts*). A caracterização da cor deve ser feita em campo, comparando com as cores padrões da Carta de Munsell. Sua caracterização é feita em amostras secas, secas trituradas, úmidas e úmidas amassadas (Pereira *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2015).

O matiz é definido como uma medida referente a composição cromática da luz que atinge a visão do homem. É importante destacar que o sistema de Munsell define cinco matizes principais: (R-“red”; Y-“yellow”; B-“blue”, G- “green”; P- “purple”), acompanhadas de valores de intervalos que variam de 0 a 10, como, por exemplo: (2,5; 5; 7,5; 10; o zero não se especifica). O valor refere-se à tonalidade da cor, variando de 0 a 10 na Carta de Munsell, e indica maior ou menor participação do branco ou do preto em relação à escala neutra (IBGE, 2015; Santos *et al.*, 2015; Pereira *et al.*, 2020).

O valor encontra-se posicionado em escala vertical no lado esquerdo das páginas. O 0 corresponde ao preto absoluto e o 10 corresponde ao branco absoluto. A saturação de uma cor na Carta de Munsell é indicada pelo croma, representado de forma horizontal no fundo das páginas, variando de 0 a 8. O croma zero corresponde às cores branco, preto e cinzento, e aumenta de forma gradativa até 20 (IBGE, 2015; Santos *et al.*, 2015; Pereira *et al.*, 2020).

A textura é definida como proporção relativa das frações granulométricas: areia, silte e argila, que constituem o solo. Para analisar as porcentagens de areia, silte e argila, realizam-se testes feitos em laboratório. Os fragmentos sólidos: areia, silte, argila e matéria orgânica estão naturalmente unidos entre si, formando agregados, separados entre si através das superfícies de fraquezas (Lepsch, 2011; Rodrigues, 2018; Santos *et al.*, 2015).

A estrutura é definida pela junção dos agregados. A análise da estrutura é essencial para identificar se um determinado tipo de solo possui resistência à compactação, suscetibilidade à erosão, à porosidade, à drenagem do solo, dentre outros. Os peds são considerados unidades estruturais separadas por planos de fraqueza. Para a descrição do perfil do solo, para cada horizonte, retira-se um torrão de tamanho adequado, que deve ser separado em unidades estruturais com os dedos. É de suma importância identificar as unidades estruturais do solo, que estão diretamente ligadas ao desenvolvimento e crescimento das plantas (Lepsch, 2011; Rodrigues, 2018; Santos *et al.*, 2015).

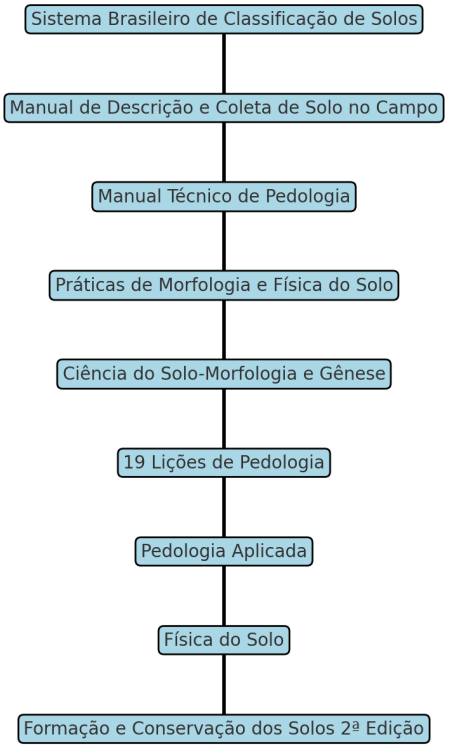
A consistência é caracterizada pelas forças físicas, coesão e adesão que agem sobre os componentes do solo. A força de coesão é definida através da atração da água por partículas sólidas, já a força de adesão refere-se à atração das moléculas de água pela superfície das partículas sólidas. Tanto a força de coesão como a força de adesão variam conforme a quantidade de água no solo. A variedade de consistências do solo é definida pela intensidade dessas forças físicas. Esse grau de intensidade é analisado quando o solo encontra-se seco, úmido e molhado. Sugere-se que, por meio de observações realizadas em campo e de experimentos, a consistência vai variar conforme umidade, textura, matéria orgânica presente no solo, quantidade e natureza de material coloidal e tipo de cátion adsorvido (Rodrigues, 2018; Santos *et al.*, 2015).

Os solos do Brasil são subdivididos em 13 classes denominadas de Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Espodossolos, Gleissolos, Latossolos, Luvissolos, Neossolos, Nitossolos, Organossolos, Planossolos, Plintossolos e Vertissolos. O Brasil apresenta uma rica diversidade de solos devido à diversidade de pedoambientes aliados aos fatores de formação. As 13 classes de solos pertencentes ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) trazem a grande diversidade de solos compostos por características morfológicas, químicas e físicas diversas (EMBRAPA, 2018).

Os solos que predominam no Brasil são os Latossolos, Argissolos e Neossolos, que juntos correspondem a 70% do território nacional. Latossolos e Argissolos ocupam cerca de 58% da área, são solos que apresentam profundidade, são altamente intemperizados, são ácidos, caracterizando-se por ter baixa fertilidade natural. No país, também ocorrem solos de média a alta fertilidade, geralmente são solos que apresentam pouca profundidade devido ao seu baixo grau de intemperização, representados por Planossolos, Nitossolos, Cambissolos, Neossolos, Luvissolos e Chernossolos (EMBRAPA, 2018).

Foi feito um levantamento a partir da literatura base para a classificação dos solos. Os manuais e livros estão descritos no diagrama a seguir:

Figura 19- Diagrama de literaturas-base para a classificação pedológica



Fonte: Autora (2024).

4 PAPEL DOS SOLOS NA PROMOÇÃO DE SERVIÇOS AMBIENTAIS

Os serviços ecossistêmicos podem ser classificados como: serviços de provisão, que as pessoas obtêm dos ecossistemas, como fibras, alimentos, combustível e água, serviços de suporte, como o processo de formação de solos, produção de oxigênio e produção primária, serviços de regulação, como, por exemplo, regulação climática, a manutenção da qualidade do ar e controle da erosão, e serviços culturais, que vão desde enriquecimento espiritual e o desenvolvimento cognitivo até a recreação (MEA, 2005).

Os serviços de suporte possibilitam que os serviços sejam disponibilizados para a sociedade, ocorrendo de maneira indireta e ao longo prazo, como na formação e manutenção da fertilidade do solo, na produção de oxigênio, na ciclagem de nutrientes, na produção primária e na diversidade biológica, possibilitando que os ecossistemas apresentem resiliência às mudanças externas. Nos outros serviços, os benefícios são dados de forma direta, ocorrendo em prazos menores. Ou seja, a sociedade não utiliza de forma direta o serviço de formação do solo, no entanto, alterações no solo afetam indiretamente o bem-estar (Parron *et al.*, 2015).

Os serviços de regulação correspondem aos serviços provenientes da regulação natural dos processos ecossistêmicos, como, por exemplo: manutenção da qualidade do ar, controle da poluição, regulação do clima, regulação do ciclo hidrológico, controle das enchentes, controle da erosão, entre outros. Os serviços culturais são aqueles que contribuem para o bem-estar social como, por exemplo, o enriquecimento espiritual e cultural, desenvolvimento cognitivo, reflexão sobre os processos naturais, lazer, ecoturismo e recreação (Parron *et al.*, 2015).

O solo é considerado como potencial indicador da provisão de serviços ecossistêmicos relacionados ao carbono, à biota, à ciclagem de nutrientes e à retenção de umidade no solo. O Brasil apresenta uma grande diversidade de solos, e é importante buscar, de forma contínua, o entendimento dos seus processos (Turetta; Castro; Polidoro, 2017).

Segundo Oberreich *et al.* (2024), o solo e a biodiversidade do solo são muitas vezes negligenciados nos processos de avaliação dos ecossistemas e seus serviços, devido à complexidade da investigação científica sobre as interações e mecanismos bióticos e abióticos relacionados à biodiversidade do solo e aos seus componentes, por meio de suas estruturas, processos e funções do ecossistema, que oferecem diversos serviços ecossistêmicos aos seres humanos.

É importante destacar que todo o potencial relacionado à prestação de serviços ecossistêmicos do solo deve ser estudado de forma mais aprofundada. O solo possui grande potencial e desempenha funções ecossistêmicas fundamentais. No Brasil, novos estudos devem ser realizados, pois a falta de conhecimento torna-se um fator agravante, maximizando os processos de degradação e perda (Turetta; Castro; Polidoro, 2017).

É importante destacar o papel do solo ao promover uma série de serviços ambientais, que podem ser serviços de provisão, regulação e suporte. O mau uso e a falta de manejo adequado do solo podem acarretar problemas na qualidade química, física e biológica, reduzindo a qualidade dos serviços ambientais prestados. É essencial ressaltar que a caracterização pedológica proporciona a identificação da aptidão do solo, além de estabelecer o manejo mais apropriado para ele. Compreender as características do solo é fundamental para a sua conservação e para a manutenção de suas funções ecológicas. Entender suas fragilidades e potencialidades é fundamental para a sua conservação (Parron *et al.*, 2015).

O solo é a base para o desenvolvimento humano, sendo a base de todos os sistemas de produção vegetal, mas é muito mais que isso: o solo fornece serviços ecossistêmicos. É no solo que ocorre a ciclagem de nutrientes e seu armazenamento para o crescimento das plantas. É no solo que ocorre o armazenamento de água, essencial para o abastecimento de

aquíferos e lençóis freáticos. O solo atua como filtro, trazendo a água com boa qualidade aos corpos d'água superficiais e subterrâneos. Além disso, o solo gera abrigo para micro e macroorganismos que realizam a ciclagem de nutrientes e a decomposição de resíduos. Ele é fundamental para a absorção de água e nutrientes pelas plantas, e é considerado o maior estocador de carbono de um ecossistema (EMBRAPA, 2017).

O solo é a base para a construção de todos os processos ecológicos, favorecendo a manutenção da biodiversidade dos ecossistemas. Os ecossistemas são o conjunto de espécies de seres vivos interagindo com os fatores ambientais, trocando energia e matéria. O solo é muito importante para o fluxo de matéria e energia, iniciando esse processo nos ecossistemas, enquanto os seres fotossintetizantes transformam energia solar em energia química (Vezzani, 2015).

Os serviços de suporte estão relacionados aos processos de formação do solo, fotossíntese e ciclagem de nutrientes, proporcionando vida às diversas espécies e atuando na manutenção da biodiversidade dos ecossistemas. Já os serviços de provisão referem-se à produção de alimentos, fibras, madeira e água. Com o apoio do solo, os ecossistemas fornecem as condições necessárias para a produção de alimentos, além de oferecerem uma gama de materiais para construção e combustíveis. Muitas plantas são utilizadas como remédios tradicionais e insumos para a indústria farmacêutica (Vezzani, 2015).

Os serviços ecossistêmicos de regulação são aqueles que interferem no clima, nas enchentes, controlam doenças e mantêm ou aumentam a qualidade da água. É importante ressaltar que as árvores fornecem sombra e atuam na remoção dos poluentes, mantendo a qualidade do ar e removendo o dióxido de carbono da atmosfera, além de influenciar na quantidade de chuva em um ecossistema (Vezzani, 2015).

Já os serviços culturais incluem os serviços de recreação, estéticos, espirituais e psicológicos. As paisagens naturais atuam na manutenção da saúde física e mental, o turismo natural gera benefícios econômicos, e a contemplação do ambiente natural se relaciona de forma direta com a história da humanidade (Vezzani, 2015).

O solo e os serviços ecossistêmicos estão intimamente ligados. O solo é essencial para a manutenção da biodiversidade, funcionando como habitat para uma diversidade de espécies de animais e microorganismos, além de ser meio de crescimento para as plantas. O solo atua na estocagem, regulação e liberação de nutrientes, fazendo parte dos ciclos biogeoquímicos, e contribui para a manutenção da qualidade da água e do ar. O solo fornece matéria-prima, como fibras e madeiras, e é um componente fundamental das paisagens. O solo é a base da

existência dos ecossistemas e impulsiona a biodiversidade, sendo a base para a existência dos processos de autorregulação, conforme figura 20 (Vezzani, 2015).

Figura 20- Funções do solo

Fonte: FAO (2015).

5 SOLOS EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO

As unidades de conservação são formas de garantir a preservação e conservação do meio ambiente mediante normas legais. Elas são criadas para a proteção dos recursos naturais e toda a biodiversidade existente em um determinado ecossistema, possuindo o papel de conservar a biodiversidade e amenizar a degradação de áreas naturais (Rodrigues; Faria, 2019).

Segundo a lei de n° 9.985 de julho de 2000, uma unidade de conservação é definida como:

> Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (Brasil, 2000).

Uma unidade de conservação tem a função de preservar e manter os ecossistemas para as futuras gerações. Segundo o SNUC, as unidades de conservação desempenham papel fundamental na manutenção e proteção das paisagens naturais, na recuperação e proteção de recursos edáficos e sistemas degradados, além de possibilitar e incentivar a pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental (Brasil, 2000).

Para Rodrigues *et al.* (2015), as unidades de conservação desempenham papel fundamental na manutenção da biodiversidade. No entanto, ainda existem desvantagens em relação à proteção dos solos, pois estes estão sob constante pressão de diversos agentes de degradação. A criação de áreas protegidas e de unidades de conservação representou um marco na proteção contra o uso desenfreado dos recursos naturais. Essas unidades de conservação foram criadas, em especial, para a proteção do meio físico, especificamente para a proteção do solo. Por isso, é de fundamental importância estudos sobre as características desse meio. Estudos apontam que a análise da qualidade do solo é essencial para a verificação das potencialidades e fragilidades desse ambiente.

O solo é considerado um sistema aberto, com troca de energia e matéria, ora com perda, ora com ganho. É importante compreender que a degradação dos solos se torna crescente em escala mundial e, muitas vezes, é um processo irreversível. Trata-se de processos complexos que aumentam a possibilidade de ocorrência de movimentos de massa, contaminação do solo e erosão (Rodrigues *et al.* , 2015).

O solo tem função essencial no que se refere à produção de alimentos, fibras e bioenergia. Possui funções importantíssimas para o nosso ecossistema. Os solos apresentam uma infinidade de funções, entre as quais se destacam: o fornecimento de nutrientes para as florestas e lavouras, atua no processo de filtragem da água, auxilia na regulação da temperatura e controla as emissões dos gases de efeito estufa. Os solos das florestas e lavouras são responsáveis por minimizar as emissões por meio do sequestro de carbono da atmosfera, na forma de matéria orgânica. Dessa forma, os solos são potenciais reservatórios globais de carbono, armazena grande quantidades desse elemento (EMBRAPA, 2020).

O que ocorre é que, muitas vezes, os solos não são manejados corretamente para favorecer o clima e a qualidade da água. Os solos poderiam estar executando funções de sequestro de carbono da atmosfera, em vez de liberar dióxido de carbono e contribuir para o agravamento das mudanças climáticas. Faz-se necessário frisar que os solos contêm cerca de três vezes mais carbono do que a atmosfera. Pensar na forma correta de uso dos solos pode contribuir de maneira significativa para o combate às mudanças climáticas. Solos bem manejados favorecem a infiltração da água, abastecendo os lençóis freáticos e reduzindo a

ocorrência de enchentes e erosão. É nesse contexto que a criação de unidades de conservação contribui para a manutenção da qualidade do solo e o seu pleno funcionamento em favor dos ecossistemas (EMBRAPA, 2020).

6 INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL E O SOLO

O solo é a base para a permanência da humanidade no nosso planeta, fornecendo inúmeros benefícios. Ele contribui para o aumento da retenção de carbono e nitrogênio, mantém a qualidade da água, regula o clima e atua na conservação da biodiversidade. Como visto anteriormente, os solos apresentam um papel fundamental na prestação de serviços de provisão, suporte, regulação e culturais (Parron *et al.*, 2015).

A manutenção da qualidade do solo é uma prioridade essencial para a sustentabilidade agrícola e florestal. A qualidade do solo pode ser definida como a capacidade de produzir bens e serviços econômicos, além de regular o meio ambiente, garantindo a manutenção da produtividade vegetal e animal, e contribuindo para a melhoraria da qualidade da água e do ar. Os indicadores que medem a qualidade do solo são definidos a partir dos diferentes aspectos, ecológico, econômico ou social (Parron *et al.*, 2015).

Para Silva *et al.* (2020), existe a preocupação científica em estudar a qualidade do solo, devido à ocorrência crescente de sua degradação. Existe uma gama de indicadores para realizar a análise: indicadores químicos, físicos e biológicos essenciais para se compreender o quanto o solo de determinada região está degradado ou não.

A qualidade do solo é analisada por meio de indicadores, os quais são o reflexo do estado ambiental e da sustentabilidade do ambiente. Qualidade do solo é a capacidade do solo de manter a produtividade de plantas e animais, atuando na qualidade da água e do ar. A matéria orgânica é um dos indicadores essenciais para se identificar a qualidade de um determinado tipo de solo, além dos indicadores físicos, químicos e biológicos (Araújo; Monteiro, 2007; Hungria *et al.*, 2013).

As propriedades físicas mais usadas como indicadores do solo são: textura, porosidade, densidade e estabilidade de agregados. Já os atributos químicos podem ser representados pela acidez (pH), salinidade, teor de carbono total e orgânico, fósforo disponível e capacidade de troca iônica. As propriedades biológicas mais utilizadas como indicadores biológicos podem ser representadas pela abundância de diversos organismos do solo, como minhocas, nematóides, térmitas, formigas, actinomicetos, etc., pela biomassa microbiana, atividade enzimática, dentre outros (Parron *et al.*, 2015).

A matéria orgânica do solo (MOS) é um dos indicadores mais utilizados para a avaliação da qualidade do solo. A MOS é uma fonte de carbono (C), sendo a principal fonte de energia e nutrientes para a atividade microbiana. A MOS influencia diversas propriedades do solo como, por exemplo: agregação, porosidade, densidade, retenção hídrica, potencial de infiltração e lixiviação, e resistência à erosão (Parron *et al.*, 2015).

É importante destacar que a escolha dos indicadores para a avaliação da qualidade do solo vai depender da finalidade do uso de um determinado tipo de solo. A escolha de um determinado tipo de indicador está relacionada com as características específicas de cada ambiente (Araújo *et al.*, 2012).

Para Araújo *et al.* (2012), para a avaliação da qualidade física do solo indicam-se indicadores como: textura, espessura (horizonte A; solum), porosidade, densidade, resistência à penetração, capacidade de retenção de água, condutividade hidráulica e estabilidade de agregados.

Segundo Rodrigues (2018), os atributos morfológicos são essenciais para análise da qualidade do solo, identificando se existe sustentabilidade ambiental para um determinado tipo de atividade. A qualidade ambiental é definida como a capacidade que o solo tem de desempenhar sua função, gerando uma boa produtividade vegetal e animal.

Os indicadores químicos estão diretamente ligados a variáveis relacionadas com o teor de matéria orgânica do solo, acidez do solo, conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos, e à relação com a saturação por bases e de alumínio (Araújo *et al.,* 2012).

Araújo *et al.* (2012) sugerem que, para os indicadores biológicos, a qualidade do solo deve ser avaliada por meio da biomassa microbiana do solo, nitrogênio mineralizável, respiração microbiana do solo, atividade enzimática e quociente metabólico, fundamentais para se avaliar a capacidade do solo em relação ao crescimento das espécies botânicas e à ciclagem dos nutrientes.

O quadro 1 traz os principais indicadores físicos, químicos e biológicos, e suas relações com a qualidade do solo.

Quadro 1- Relação de indicadores com a qualidade do solo

Indicador	Relação com a Qualidade do Solo
Matéria Orgânica do Solo (MOS)	Fertilidade, estrutura, estabilidade, retenção de nutrientes e resistência à erosão.
Física: estrutura, profundidade, infiltração, densidade, capacidade de retenção de água.	Retenção e transporte de água e nutrientes, habitat para microorganismos, camada de impedimento, porosidade e estimativa do potencial agrícola.
Química: pH, condutividade elétrica e nutrientes.	Atividade química e biológica, fertilidade, potencial de perda de nutrientes.
Biológica: biomassa microbiana de C e N, N mineralizável, respiração do solo.	Atividade catalítica potencial, reserva de C e N, potencial de ciclagem de nutrientes.

Fonte: Hungria *et al.* (2013).

7 VULNERABILIDADE DOS SOLOS

A erosão é definida como o deslocamento de uma massa de solo ou rocha, geralmente com ocorrência na superfície da crosta terrestre. A água, entre as causas físicas, é a principal causa da erosão, que depende de uma série de fatores, como: clima, tipo de solo, declividade do terreno e manejo do solo. A intensidade dos processos erosivos vai depender diretamente destes fatores. O processo de erosão hídrica ocorre em três fases distintas: a desagregação, o transporte e a deposição (Santos; Daibert, 2014; Torres, 2011).

As unidades de paisagem natural são unidades territoriais suscetíveis ao georreferenciamento. É importante destacar que nelas ocorre um conjunto de eventos e interações, observados por meio de imagem fotográfica, traçando um vínculo entre a Geografia e a Ecologia. As unidades de paisagem natural devem ser analisadas através de suas características genéticas, e também devem ser consideradas todas as suas características que são fruto da interação com o meio ambiente, para identificar e classificar sua capacidade de sustentação em relação às ações antrópicas (Crepani *et al.*, 2001).

A erosão hídrica é a ação da chuva sobre o solo, caracterizando a chuva como agente ativo e o solo agente passivo. A erodibilidade é definida como a capacidade de um determinado tipo de solo de resistir à erosão. A erodibilidade de um solo depende de suas

características internas ou intrínsecas, como sua composição mineralógica e granulométrica, demais características químicas e físicas, e dos atributos da superfície do solo, que estão relacionados ao manejo do solo. Para caracterizar a morfodinâmica das unidades de paisagem natural referentes ao solo, tem-se como foco suas condições internas ou intrínsecas, e, para o estudo dos polígonos de ação antrópica, são levantados os seus atributos de superfície (Crepani *et al.*, 2001).

Segundo Neto (2010), os conceitos referentes à vulnerabilidade natural à erosão se baseiam através da teoria da ecodinâmica de Tricart (1997), que traz a relação entre a morfogênese/pedogênese. O predomínio da morfogênese ocorre quando a ocorrência de processos erosivos se destacam, modificando o relevo e ocasionando modificações contínuas nos terrenos, onde a vulnerabilidade natural à erosão nessas áreas será maior.

A suscetibilidade do solo ao maior ou menor processo de erosão, oriundo da morfogênese, vai depender de vários fatores, como: tipo e quantidade de argila, estrutura do solo, permeabilidade e profundidade do solo, e a presença de camadas impermeáveis. O autor destaca a importância da informação de que os solos das regiões ocupadas pelo homem estão sofrendo perda de forma acelerada. Devido a isso, deve-se considerá-lo como um recurso natural não renovável que deve ser protegido (Crepani *et al.*, 2001).

Para Neto (2010), quando há a ocorrência do predomínio da pedogênese, os processos de formação dos solos são predominantes. Os terrenos podem ser considerados estáveis, a unidade da paisagem é considerada estável quando prevalece a pedogênese, a unidade da paisagem é considerada intermediária quando ocorre o equilíbrio pedogênese/morfogênese, a unidade de paisagem é considerada instável quando os processos da morfogênese prevalecem.

De acordo com Crepani *et al.* (1996), a maturidade dos solos, que é resultado do balanço morfogênese/pedogênese, mostra quais processos prevalecem: se são os processos erosivos da morfogênese, que geram solos jovens e pouco desenvolvidos, ou se as condições de estabilidade geram o predomínio dos processos de pedogênese, formando solos maduros e bem desenvolvidos.

Crepani *et al.* (1996) ressaltam que, para a análise de uma unidade de paisagem natural, é necessário conhecer a sua gênese, constituição física, forma e seu estágio de evolução, além do conhecimento da cobertura vegetal que se desenvolve sobre ela. Através da Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Fitogeografia, essas informações devem ser integradas para se chegar à realidade do comportamento de cada unidade. Além disso, é fundamental conhecer o clima da região.

8 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

O método da pesquisa se caracteriza como hipotético dedutivo, a pesquisa é definida como exploratória. No levantamento de campo, foram selecionados os pontos de diagnóstico para a classificação de solos, com base nos componentes ambientais e incluindo as características do relevo. A análise foi realizada por meio da ficha de campo, disponível em apêndice, contemplando: a cobertura vegetal, a drenagem e a dissecação do terreno. Foram delimitadas as parcelas de coleta, verificando-se a morfologia do solo em campo, e realizada a coleta de solos para análise laboratorial.

8.1 PERFIL E ANÁLISE MORFOLÓGICA

Inicialmente, foi realizada a abertura de duas trincheiras para a classificação do solo, e também foram analisados cortes de estrada na Floresta Nacional de Palmares. Para a abertura das trincheiras e a análise dos cortes de estrada, considerou-se a topografia do terreno, conforme mencionado anteriormente.

Assim, foi aberta uma trincheira na porção inferior do terreno, com relevo plano, e uma segunda trincheira na porção superior do terreno, também com característica plana a suave ondulada. Foi feita uma análise de dois cortes de estrada, onde o relevo característico do local é ondulado.

Foram realizadas análises morfológicas para verificação de atributos e propriedades de cada perfil, avaliando os respectivos perfis do solo à luz do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, os quais foram avaliados *in loco* e dos quais foram coletadas amostras para análises em laboratório. Foi recentemente avaliado um terceiro corte de estrada, muito próximo aos dois cortes anteriores, também com relevo característico ondulado.

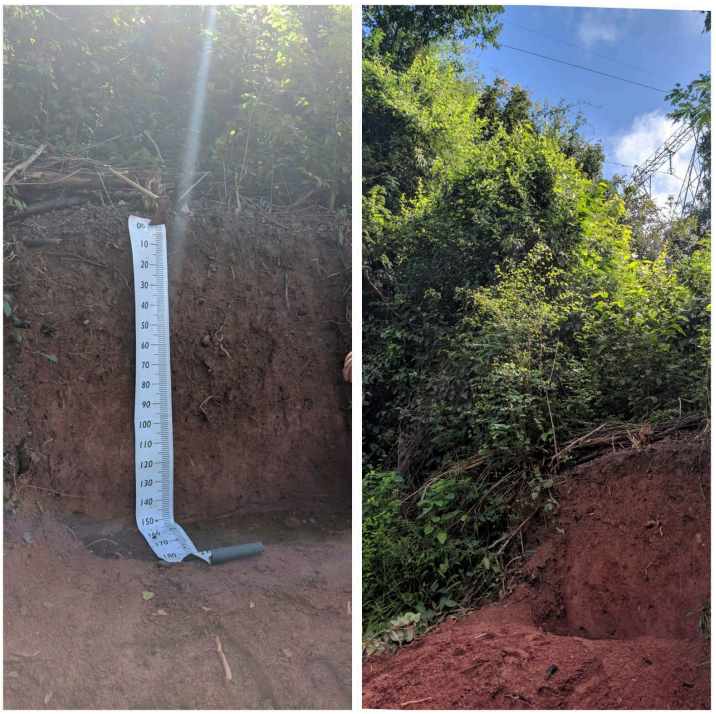
Figura 21- Trincheira 1

Fonte: Autora (2023).

Figura 22- Trincheira 2

Fonte: Autora (2023).

Figura 23- Corte de estrada 1



Fonte: Autora (2023).

Figura 24- Corte de estrada 2

Fonte: Autora (2023).

Figura 25- Corte de estrada 3

Fonte: Autora (2023).

a. Estudo do relevo

A análise do relevo foi realizada em campo, seguindo as classificações estabelecidas na ficha de campo, que define as formas de relevo como: plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso, forte montanhoso. O mapa de declividade da Floresta Nacional de Palmares, obtido por meio do QGIS, foi fundamental para a caracterização do relevo da unidade de conservação.

b. Análise da cobertura vegetal

A análise dos estratos vegetais foi realizada em campo, conforme ficha de campo padronizada, para a observação dos seguintes estratos: herbáceo/rasteiro, subarbustivo, arbustivo, arborescente e arbóreo. Além disso, foram gerados mapas do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI), obtido através do QGIS.

c. Drenagem/ Dissecação do terreno

A análise da drenagem do solo foi realizada em campo, por meio da ficha de campo, onde foram analisadas as áreas onde se localizam as trincheiras e cortes de estrada, verificando se são áreas alagadiças ou se são desidratadas. Além do auxílio do QGIS, gerando o mapa de drenagem da área estudada. A análise da dissecação do terreno foi realizada conforme ficha de campo, na qual foram avaliadas as regiões onde se localizam as trincheiras e cortes de estrada, verificando a presença ou ausência de acúmulo de água.

d. Elaboração de Mapas Temáticos

d.1-Mapa de geologia do município de Altos e da Floresta Nacional de Palmares

A elaboração dos mapas de geologia do município de Altos e da Floresta Nacional de Palmares foi realizada utilizando o QGIS Desktop 3.28. Os dados foram obtidos através do Shapefile de geologia do estado do Piauí, disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB).

Inicialmente, foi feito o recorte do Shapefile do mapa geológico do Piauí para a área da FLONA, utilizando como base o arquivo KML da FLONA e também o Shapefile do município de Altos. O recorte foi feito com a ferramenta Recortar do QGIS, delimitando as áreas de interesse. Após o recorte, aplicou-se uma simbologia adequada para representar as unidades geológicas e, posteriormente, foi criado um layout do mapa no compositor de impressão, incluindo título, legenda, escala e informações sobre a fonte dos dados.

d.2-Mapa de solos do município de Altos e da Floresta Nacional de Palmares

A elaboração dos mapas pedológicos da Floresta Nacional de Palmares e do município de Altos foi realizada utilizando o QGIS Desktop 3.28. Os dados utilizados foram obtidos através do Shapefile de solos do estado do Piauí, disponibilizado pela EMBRAPA.

Inicialmente, foi feito o recorte do Shapefile do mapa pedológico para a área da FLONA e do município de Altos, utilizando como base o arquivo KML da FLONA e o Shapefile do município de Altos.

O recorte foi feito com a ferramenta recortar do QGIS, delimitando as áreas de interesse. Após o recorte, foi aplicada uma simbologia adequada para representar as

diferentes classes de solos, e, em seguida, foi criado um layout do mapa no Compositor de Impressão, incluindo título, legenda, escala e informações sobre a fonte dos dados.

d.3-Mapa de drenagem da Floresta Nacional de Palmares

Foi utilizado o plugin do QGIS Desktop 3.28, SRTM-Downloader, para obter as imagens do Modelo Digital de Elevação-MDE, escolhendo o SRTM com resolução de 30 metros. As imagens baixadas foram unidas em uma única, utilizando a função Raster Miscelânea-Mosaico.

A projeção foi ajustada: o sistema de coordenadas geográficas foi transformado para o Sistema de Coordenadas UTM. A extração da drenagem foi realizada através do SAGA Next Gen. As imperfeições foram corrigidas, e as depressões espúrias no MDE foram preenchidas com a ferramenta Fill Sinks (wang & liu), garantindo que o fluxo da drenagem não fosse interrompido.

A rede de drenagem foi extraída: A ferramenta utilizada foi a Channel Network and Drainage Basins, para obter todas as informações sobre a drenagem da área. Os resultados foram analisados, as junções foram examinadas e foram verificadas se os canais estavam corretamente interligados.

d.4-Mapa de curvas de nível da Floresta Nacional de Palmares

O primeiro passo consistiu na aquisição das imagens do Landsat 8, disponíveis gratuitamente no site USGS Earth Explorer. Após o download, a imagem foi reprojetada, sendo convertida para o sistema UTM, utilizando o software QGIS Desktop 3.28. Com o MDE devidamente processado, as curvas de nível foram extraídas com um intervalo de 10 metros, onde foi gerado um arquivo vetorial no formato Shapefile.

d.5-Mapa de declividade da Floresta Nacional de Palmares

Para o cálculo da declividade, foram utilizadas ferramentas de análise de terreno. Esse procedimento foi realizado por meio da função Análise de Terreno → Declividade, no QGIS, com base no Modelo Digital de Elevação (MDE) proveniente do site USGS Earth Explorer, que gerou um novo raster, direcionando a orientação do terreno em porcentagem. A seguinte classificação da declividade segue os intervalos definidos pela EMBRAPA: terrenos planos (0-3%), suavemente ondulados (3-8%), ondulados (8-20%), fortemente ondulados (20-45%),

Montanhosos (45-75%) e Escarpados (>75%). Para a aplicação dessa categorização, utilizou-se a ferramenta de reclassificação de raster.

d.6-Mapas do NDVI e SAVI da Floresta Nacional de Palmares

O cálculo dos índices de vegetação NDVI e SAVI foi realizado no software QGIS Desktop 3.28, utilizando a ferramenta Calculadora Raster. Inicialmente, foi feita a aquisição e importação da imagem de satélite Landsat 8 em formato raster, garantindo sua correção geométrica e radiométrica. Posteriormente, identificaram-se as bandas espectrais correspondentes ao Infravermelho Próximo (NIR) e ao Vermelho (RED). O período corresponde às datas: 26/11/2015 e 10/11/2024.

Para o cálculo do NDVI, foi aplicada a fórmula: NDVI = (NIR−VERMELHO)/ (NIR+VERMELHO). A implementação ocorreu por meio da Calculadora Raster, substituindo-se NIR e RED pelas respectivas bandas do raster processado. O resultado foi armazenado em um novo arquivo raster, com especificação do sistema de referência espacial.

Em seguida, fez-se o cálculo do SAVI. A fórmula aplicada foi: SAVI= [(NIR - VERMELHO) / (NIR + VERMELHO + L)] x (1 + L), onde L representa um fator de ajuste do solo, adotando-se L =0,5, recomendado para áreas de vegetação com densidades médias. O índice foi processado da mesma forma na Calculadora Raster, gerando um novo raster correspondente ao índice SAVI.

8.2 FASE LABORATORIAL

As análises de pH e umidade foram realizadas no laboratório FUNCEME, em Fortaleza, seguindo a metodologia descrita pela EMBRAPA a seguir:

Para a análise de pH, pesou-se 50 gramas de amostra de solo que foi macerado. Para a análise, foram utilizadas 3 amostras de cada horizonte de cada perfil. Logo após esse processo, foi adicionada água destilada em um volume de 100 ml. As amostras foram mexidas e permaneceram em decantação por um período de 1 hora para realização da leitura. O equipamento utilizado para a medição do pH foi o pHmetro, com o qual se obtiveram os valores do pH.

Para a análise de umidade, pesou-se 50 gramas de amostra de solo, utilizando-se triplicata para cada horizonte do perfil. Foi utilizado copo de vidro para a secagem das amostras em estufa, com temperatura de 50 °C, aguardando-se um período de 24 horas para a

pesagem final. Em seguida colocou-se em dessecador, deixou-se esfriar e realizou-se a pesagem (amostra seca + recipiente).

$$\text{Umidade} = \frac{Massa\ úmida}{Massa\ seca} x\ 100\%$$

Massa úmida= peso anterior - peso posterior

A análise de densidade foi realizada no laboratório de Solo, Água e Esgoto do Instituto Federal do Piauí (SOLAE-IFPI), conforme Teixeira (2017). Foram retiradas amostras dos anéis volumétricos referente aos perfis 1,3 e 4, e estas foram levadas à estufa, em um recipiente de vidro, a 50 °C por 48 horas. As amostras foram retiradas e deixadas esfriar para posterior pesagem. Obteve-se a massa das amostras por pesagem e foi determinado o volume do anel volumétrico utilizado na coleta das amostras. O volume do anel volumétrico corresponde a 98 cm^3.

Cálculo

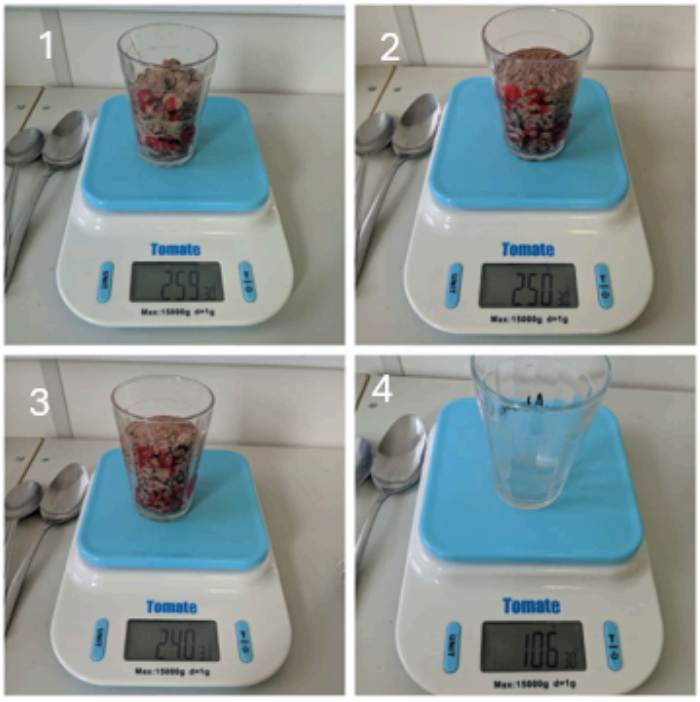
D_s= ms/v

Ds – densidade do solo, em kg dm^{-3} (equivalente a g cm^{-3}).

ms – massa da amostra de solo seco a 50 °C até peso constante, em g.

V – volume do cilindro, em cm^3.

Figura 26- Pesagem das amostras de densidade dos solos da FLONA



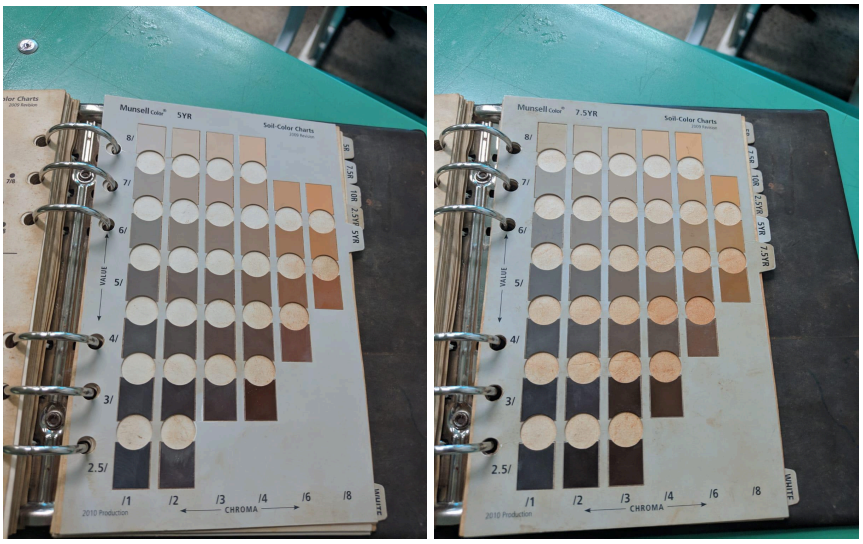
Fonte: Autora (2024).

Figura 27-Amostras de densidade dos solos da FLONA

Fonte: Autora (2024).

A análise da cor do solo foi feita no laboratório SOLAE-IFPI, onde foram utilizadas as amostras dos perfis 1, 3 e 4, secas e úmidas, utilizando como base comparativa a Carta de Cores Munsell para Solos (*Munsell Soil Color Charts*). Foi identificado o matiz, valor e croma correspondente a cada horizonte dos 3 perfis.

Figura 28- Carta de Cores Munsell para Solos



Fonte: Autora (2023).

Para a análise da estrutura, realizada no laboratório SOLAE-IFPI, verificou-se o grau e o tipo de estrutura característica dos horizontes dos perfis 1, 3 e 4 conforme figura 29.

Grau: fraca, moderada ou forte

- Tipos: laminar, prismática, colunar, blocos angulares, blocos subangulares e granular.

Figura 29- Tipos de estruturas dos solos da FLONA

Fonte: Autora (2023).

As amostras dos perfis 1, 3 e 4 foram analisadas em três situações: consistência do solo quando seco, consistência do solo quando úmido e consistência do solo quando molhado. Neste último, foram avaliadas a pegajosidade e a plasticidade, conforme Quadros 2 e 3.

Quadro 2-Análise da consistência do solo quando seco e úmido

Consistência do solo quando seco	**Consistência do solo quando úmido**
Solta	Solta
Macia	Muito friável
Ligeiramente dura	Friável
Dura	Firme
Muito dura	Muito firme
Extremamente dura	Extremamente firme

Fonte: Santos *et al.* (2015).

Quadro 3-Análise da consistência do solo quando molhado

Consistência do solo quando molhado	
Plasticidade:	**Pegajosidade:**
Não-plástica	Não pegajosa
Ligeiramente plástica	Ligeiramente pegajosa
Plástica	Pegajosa
Muito plástica	Muito pegajosa

Fonte: Santos *et al.* (2015).

Para a análise granulométrica, realizada no laboratório de agronomia da UFPI, seguiu-se a metodologia descrita pela EMBRAPA, conforme Manual de Métodos de Análise de Solos, utilizando para a análise o método da pipeta.

A análise é baseada na velocidade de queda das partículas constituintes do solo, onde se define o tempo para o deslocamento vertical na suspensão do solo com água. Após ser adicionado um dispersante químico (soda ou calgon), um volume da suspensão é pipetado para que a argila seja determinada. Após secagem em estufa, a argila é pesada. A areia fina e grossa são separadas por tamisação, em seguida secas em estufas e pesadas para que os percentuais sejam identificados. O silte é o complemento dos percentuais para 100%, obtido por meio da diferença das outras frações em relação à amostra original (EMBRAPA, 1997).

A metodologia desenvolvida por Crepani *et al.* (2001) considera, para as 21 classes de vulnerabilidade dos solos, o seu grau de maturidade ou desenvolvimento. Essa metodologia se associa também através da interpretação da imagem, onde são atribuídos valores de vulnerabilidade aos solos. O solo, dentro da morfodinâmica, é considerado produto do balanço entre a morfogênese e a pedogênese, levando à compreensão de que, em cada caso específico, prevaleceram os processos erosivos da morfogênese ou se os processos da pedogênese se sobressaíram, gerando os solos maduros.

Para a classificação do nível de vulnerabilidade de cada solo, utilizou-se a metodologia de Crepani *et al.* (2001), que define as unidades de paisagens em estáveis, intermediárias e vulneráveis, conforme Tabela 1, que traz informações sobre a vulnerabilidade e estabilidade dos solos.

Tabela 1- Valores de Vulnerabilidade e Estabilidade dos Solos

Classificação de solos	**Vulnerabilidade**
Latossolos Amarelos Latossolos Vermelho-Amarelos Latossolos Vermelhos Latossolos Vermelhos Latossolos Brunos Latossolos (...) Húmicos Latossolos Bruno (...) Húmicos	**1,0**
Argissolos Argissolos Luvissolos Alissolos Nitossolos Argissolos Luvissolos Alissolos Nitossolos Argissolos Nitossolos Luvissolos Chernossolos Chernossolos Chernossolos Planossolos Planossolos Espodossolos	**2,0**
Cambissolos	**2,5**
Neossolos Litólicos Neossolos Flúvicos Neossolos Regolíticos Neossolos Quartzarênicos Vertissolos Organossolos Gleissolos Gleissolos Plintossolos Gleissolos Plintossolos Plintossolos Plintossolos Plintossolos Afloramento Rochoso	**3,0**

Fonte: Crepani *et al.* (2001).

Para a análise de Fertilidade completa dos perfis 1, 2, 3 e 4, realizada no laboratório FUNCEME, a metodologia foi baseada na metodologia da EMBRAPA. Conforme Silva (2009), os teores de Ca, Mg e Al foram obtidos a partir da extração com KCL 1 mol L^{-1}. Para a extração com solução de Mehlich 1 (duplo ácida): fósforo, potássio, sódio e micronutrientes.

A acidez potencial do solo ($H^{+}+Al^{3+}$) foi obtida conforme metodologia descrita por Teixeira *et al.* (2017). Para extrair a acidez potencial do solo, utilizou-se acetato de cálcio tamponado a pH 7,0 e determinação volumétrica com solução de NaOH, na presença fenolftaleína como indicador.

A percentagem de saturação por alumínio foi obtida conforme Teixeira *et al.* (2017) , que indica as proporções de alumínio solúvel em relação aos teores de bases trocáveis e alumínio na CTC do solo conforme fórmula a seguir:

$$\mathbf{m= (100xAl^{3+})/(Valor\ S+Al^{3+})}$$

m= percentagem de saturação por alumínio.

Valor S=soma de bases trocáveis, em cmolc kg^{-1}

Al^{3+} =concentração de alumínio trocável no solo, em cmolc kg^{-1}

A CTC Total (Capacidade de Troca de Cátions Total) foi obtida conforme descrito por Teixeira (2017), onde o valor T é definido como a soma de todas as cargas negativas que o solo é capaz de adsorver. É determinado através da seguinte fórmula:

$$\mathbf{T= Valor\ S+ (H^{+}+Al^{3+})}$$

Valor T = capacidade de troca de cátions total, em cmolc kg^{-1}

Valor S = soma de bases trocáveis, em cmolc kg^{-1}

($H^{+}+Al^{3+}$) = acidez potencial do solo, em cmolc kg^{-1}

A percentagem de saturação por bases foi obtida de acordo com Teixeira (2017), através do valor V ou V%, que indica a proporção da CTC do solo preenchida pelas bases trocáveis conforme fórmula a seguir:

Valor V (%)= 100 x Valor S/Valor T

Onde, o Valor V corresponde a porcentagem de saturação por bases.

Valor S corresponde à soma de bases trocáveis, em cmolc kg^{-1}.

Valor T corresponde à capacidade de troca de cátions total, em cmolc kg^{-1}.

O percentual de carbono orgânico, determinado por dicromatometria, foi obtido conforme Teixeira (2017). Para a determinação do carbono orgânico em solo via úmida, por meio da oxidação com o dicromato de potássio, somente aqueles oriundos de materiais orgânicos que apresentam fácil oxidação ou decomposição são quantificados, discriminando-se os oriundos de compostos carbonáticos ou recalcitrantes, como o carvão.

Cálculo:

C_{org}= (0,003 x Vd x (40- Va) x 40/Vb x 10)/m

Corg =concentração de carbono orgânico no solo, em g kg^{-1}

Vd – = volume total da solução de dicromato de potássio adicionado na digestão da amostra, em mL.

Va = volume da solução de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra, em mL.

Vb = volume da solução de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação do branco aquecido, em mL.

Valor 0,003 = miliequivalente da massa de carbono (peso atômico/valência – 12/4, dividido por 1.000).

Valor 10= transformação de % para g kg^{-1}

m= massa da amostra de solo, em g.

A matéria orgânica do solo foi obtida conforme Teixeira (2017), por meio da quantificação por via seca em mufla, por incineração, obtendo a determinação total da

matéria orgânica. As amostras foram submetidas ao processo de combustão com aquecimento programado e perda de massa pela incineração em mufla. A quantificação foi feita pela diferença entre a massa de solo seco em estufa e a massa do resíduo obtido após a incineração em mufla.

Cálculo:

MOS= (Ms-Mr x 1000)/ Ms

MOS = concentração de matéria orgânica do solo, em g kg^{-1}

Ms= massa do solo seco em estufa a 65 ºC, em g.

Mr= massa do resíduo após mufla a 600 ºC, em g.

Para a quantificação do estoque de carbono, realizado no laboratório FUNCEME, foram considerados os valores de densidade dos perfis 1, 3 e 4, obtidos anteriormente, além dos resultados do COT (Carbono Orgânico Total) dos três perfis, considerando os horizontes do perfil. O teor de carbono orgânico foi obtido conforme Teixeira (2017), que foi determinado por dicromatometria. Para a obtenção dos estoques de COT (ECOT) foram calculados de acordo com Costa *et al*. (2009), multiplicando o teor de COT pela espessura e densidade do solo.

9 RESULTADOS E DISCUSSÕES

9.1 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DOS PERFIS

O Perfil 1 está localizado em uma altitude de 156 m, latitude: 5°03'24"S e longitude: 42°35'35.9"W. O horizonte A possui profundidade de 30 cm, a transição AB corresponde a 15 cm e o horizonte B vai de 45 a 150+. O relevo é plano, e os estratos próximos à trincheira correspondem aos tipos herbáceo/rasteiro e arbóreo. Na área próxima à trincheira, quanto à drenagem, foi observada em campo a presença de área alagadiça. Em relação à dissecação de terreno, constatou-se a existência de acúmulo de água. Ressalta-se que a visita foi realizada no período chuvoso. Foi realizada a retirada da amostra de densidade para a análise, e foram identificados nas amostras coletadas presença de argila.

O Perfil 2 está localizado em uma altitude de: 213 m, latitude: 5°02'41"S e longitude: 42°35'42.8"W. O solo apresenta pedregosidade, apenas horizonte A misturado ao horizonte C.

O horizonte A apresenta 10 cm, o solo identificado é o Neossolo Litólico. O relevo corresponde a plano a suave ondulado. A cobertura vegetal próximo à trincheira corresponde aos 5 estratos vegetacionais: herbáceo, subarbustivo, arbustivo, arborescente e arbóreo. A área próxima à trincheira apresentou, quanto à drenagem, área alagadiça e, em relação à dissecação de terreno, verificou-se a presença de acúmulo de água. É importante ressaltar que a visita foi realizada no período chuvoso. Não foi retirada a amostra de densidade devido ao grau de pedregosidade e praticamente estar em contato direto com a rocha.

O Perfil 3 está localizado em uma altitude de: 196 m, latitude: 5°02'41.7"S longitude: 42°35'44.3"W. O horizonte A corresponde a uma profundidade de 40 cm, possui característica de muita argila, o horizonte B varia de 40 a 100+. O solo apresenta ligeira pedregosidade na superfície, apresenta material de origem diferente e presença de saprólito no horizonte A e B. Quanto ao estrato, corresponde à vegetação arbórea. Foi retirada amostra de densidade. O relevo característico é ondulado. Na área mais baixa da encosta, próxima à trincheira, em relação à drenagem, foi observada em campo área alagadiça. Quanto à dissecação de terreno, observou-se a existência de acúmulo de água nessa mesma porção inferior da encosta. É importante ressaltar que a visita foi realizada no período chuvoso.

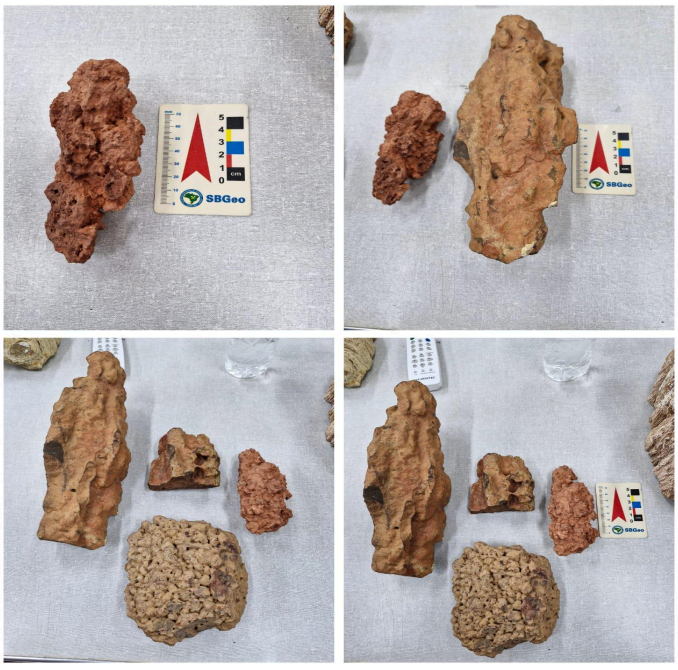
O Perfil 4 está localizado em uma altitude de: 192m, latitude: 5°02'42.5"S e longitude: 42°35'44"W. O horizonte A apresenta profundidade de 30cm, transição AB 20 cm, e o horizonte B varia de 50 a 150 cm +. Há presença de pedregosidade no horizonte A. O relevo característico é ondulado. O estrato corresponde à vegetação arbórea. Foi retirada amostra de densidade. Na área mais baixa da encosta, próxima à trincheira em relação à drenagem, foi observada em campo área alagadiça. Quanto à dissecação de terreno, observou-se a existência de acúmulo de água nessa mesma porção inferior da encosta. É importante ressaltar que a visita foi realizada no período chuvoso.

O Perfil 5 está localizado na mesma encosta que os perfis 3 e 4. O relevo característico é ondulado. O estrato corresponde à vegetação arbórea. Na área mais baixa da encosta, próxima à trincheira em relação à drenagem, foi observada em campo área alagadiça. Quanto à dissecação de terreno, observou-se a existência de acúmulo de água nessa mesma porção inferior da encosta. É importante ressaltar que a visita foi realizada no período chuvoso. O solo identificado corresponde ao Plintossolo Pétrico, marcado pela presença de crosta laterítica formada através do intemperismo químico em ambientes tropicais, também denominada de crosta ferruginosa. O perfil apresenta horizonte concrecionário. As imagens a seguir são do perfil localizado em campo e de imagens de laboratório de outras amostras de crosta laterítica, para fins de comparação.

Figura 30- Plintossolo Pétrico

Fonte: Autora (2023).

Figura 31- Exemplos de crosta laterítica



Fonte: Autora (2024).

9.2 MORFOLOGIA DOS PERFIS

Em relação à análise de cor, constatou-se que o horizonte B do perfil 1 apresenta cor vermelho-amarelo, caracterizada, quando seco, por 7,5YR, valor 5 e croma 6, e, quando úmido, por 7,5YR, valor 3 e croma 4.

A análise de cor do perfil 3 constatou que o horizonte B apresenta cor vermelha, caracterizada, quando seco, por 2,5YR, valor 4 e croma 8, e, quando úmido, por 2,5YR, valor 3 e croma 6. A análise de cor do perfil 4 constatou que o horizonte B apresenta cor vermelha, caracterizada, quando seco, por 2,5YR, valor 4 e croma 8, e quando úmido, por 2,5YR, valor 4 e croma 6. Os dados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2-Cor dos solos da Floresta Nacional de Palmares

Perfil 1 Horizonte A	**Umidade**	**Matiz**	**Valor**	**Croma**
	Seco	7,5YR	5	4
	Úmido	7,5YR	3	3
Perfil 1 Horizonte B	**Seco**	7,5YR	5	6
	Úmido	7,5YR	3	4
Perfil 3 Horizonte A	**Seco**	2,5YR	5	3
	Úmido	2,5YR	2,5	4
Perfil 3 Horizonte B	**Seco**	2,5YR	4	8
	Úmido	2,5YR	3	6
Perfil 4 Horizonte A	**Seco**	5YR	5	4
	Úmido	5YR	3	4
Perfil 4 Horizonte B	**Seco**	2,5YR	4	8
	Úmido	2,5YR	4	6

Fonte: Laboratório SOLAE-IFPI (2024).

De acordo com os resultados da análise morfológica do perfil 1, o horizonte B apresenta estrutura em blocos angulares. É importante destacar que a estrutura do solo descreve a forma com que as partículas se agregam. O horizonte B possui mais areia do que argila, com grau de estrutura moderada, onde as unidades estruturais são bem definidas e há pouco material solto.

Os resultados da análise morfológica do perfil 3 o horizonte B apresenta estrutura em blocos angulares. O horizonte B apresenta grau de estrutura moderada, onde as unidades estruturais são bem definidas e há pouco material solto.

Os resultados da análise morfológica do perfil 4 indicam que o seu horizonte B apresenta maior teor de argila do que horizonte B do perfil 3. Sua estrutura se enquadra como prismática, formando uma estrutura maior do que o horizonte B do perfil 3, devido à maior quantidade de argila. Quanto ao grau de estrutura, apresenta estrutura moderada, as unidades estruturais são bem definidas e há pouco material solto. Os dados são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4- Estrutura dos solos da Floresta Nacional de Palmares

Perfil 1 Horizonte A	**Grau**	**Tipos**
	Fraca	Blocos angulares
Perfil 1 Horizonte B	Moderada	Blocos angulares
Perfil 3 Horizonte A	Moderada	Blocos angulares
Perfil 3 Horizonte B	Moderada	Blocos angulares
Perfil 4 Horizonte A	Moderada	Blocos angulares
Perfil 4 Horizonte B	Moderada	Prismática

Fonte: Laboratório SOLAE-IFPI (2024).

Em relação à consistência do solo do perfil 1, o horizonte B, quando seco, apresenta consistência dura, que é moderadamente resistente à pressão, pode ser quebrado nas mãos, mas é dificilmente quebrável entre o polegar e o indicador. Quando úmido, apresenta consistência friável: o material do solo esborroa-se facilmente sob pressão fraca e agrega-se com compressão posterior. O solo, quando molhado, em relação à plasticidade, é plástica: forma-se um fio, sendo necessária pressão moderada para sua deformação. Em relação à pegajosidade, é pegajosa, após cessar a pressão, o material adere a ambos os dedos, mas desprende-se facilmente por ter menos argila.

A consistência do solo do perfil 3, quando seco, é muito dura, muito resistente à pressão, somente com dificuldade pode ser quebrado nas mãos. A consistência do solo, quando úmido, é firme: o material do solo esborroa-se sob pressão moderada, mas apresenta resistência perceptível. O solo, quando molhado, em relação à plasticidade, apresenta consistência muito plástica: forma-se um fio, sendo necessária muita pressão para deformá-lo. Em relação à pegajosidade, a consistência do solo é muito pegajosa: após compressão, o material adere fortemente a ambos os dedos e alonga-se perceptivelmente quando estão afastados. Em relação à consistência do solo, é importante destacar que o perfil 3 possui mais argila quando comparado ao perfil 1. A consistência obtida foi: muito dura quando seco, quando úmido, firme e, quando molhado, muito plástica e muito pegajosa, devido à maior quantidade de argila.

A consistência do solo do perfil 4 resultou em: muito dura quando seco, quando úmido firme, e, quando molhado, muito plástica e muito pegajosa, devido à maior quantidade de argila. A consistência do solo, quando seco, é muito dura, muito resistente à pressão, somente com dificuldade pode ser quebrado nas mãos. A consistência do solo, quando úmido, é firme: o material do solo esborroa-se sob pressão moderada, mas apresenta resistência perceptível. O solo, quando molhado, em relação à plasticidade, apresenta consistência muito plástica: forma-se um fio, sendo necessária muita pressão para deformá-lo. Em relação à pegajosidade, a consistência do solo é muito pegajosa: após compressão, o material adere fortemente a ambos os dedos e alonga-se perceptivelmente quando estão afastados. Os dados são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5- Consistência dos solos da Floresta Nacional de Palmares

Perfil 1 Horizonte A	**Seco**	**Úmido**	**Plasticidade**	**Pegajosidade**
	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente Plástica	Ligeiramente pegajosa
Perfil 1 Horizonte B	Dura	Friável	Plástica	Pegajosa
Perfil 3 Horizonte A	Muito dura	Muito firme	Muito plástica	Muito pegajosa
Perfil 3 Horizonte B	Muito dura	Firme	Muito plástica	Muito pegajosa
Perfil 4 Horizonte A	Muito dura	Firme	Muito plástica	Muito pegajosa
Perfil 4 Horizonte B	Muito dura	Firme	Muito plástica	Muito pegajosa

Fonte: Laboratório SOLAE-IFPI (2024).

O solo do perfil 1 tem o horizonte B textural, em função da grande diferença de argila entre os horizontes A e B, e, pela profundidade, é um Argissolo. O solo do perfil 1 é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo.

Os perfis 3 e 4 têm o horizonte B Latossólico, pois as diferenças de argila entre os dois horizontes não são muito discrepantes. Portanto, são Latossolo Vermelho. Conforme mencionado anteriormente, o horizonte B do perfil 1 apresenta maior quantidade de areia que os perfis 3 e 4. O perfil 3 possui o horizonte B com mais argila que o perfil 1, enquanto o perfil 4 apresenta mais argila no horizonte B que o perfil 3. Os dados de classes texturais são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3- Análise da Textura dos solos da Floresta Nacional de Palmares

Perfil 1 Horizonte A	**Areia**	**Argila**	**Silte**	**Classes Texturais**
	76	7	17	Areia Franca
Perfil 1 Horizonte B	65	17	18	Franco arenoso
Perfil 3 Horizonte A	46	22	29	Franca
Perfil 3 Horizonte B	43	26	31	Franca
Perfil 4 Horizonte A	40	26	34	Franca
Perfil 4 Horizonte B	34	36	30	Franca Argilosa

Fonte: Laboratório de agronomia da UFPI (2024).

De acordo com os dados das análises, os solos dos respectivos perfis são classificados conforme o Quadro 6.

Quadro 6- Classificação dos solos da Floresta Nacional de Palmares

PERFIS
Perfil 1- Argissolo Vermelho-Amarelo.
Perfil 2- Neossolo Litólico.
Perfil 3 - Latossolo Vermelho.
Perfil 4-Latossolo Vermelho.
Perfil 5- Plintossolo Pétrico.

Fonte: Laboratórios SOLAE-IFPI (2024) e agronomia da UFPI (2024).

Uma unidade de paisagem natural é considerada estável quando os processos naturais que ocorrem na unidade propiciam a ocorrência dos processos de pedogênese, ocorrendo a formação e o desenvolvimento dos solos, que são solos maduros, bem desenvolvidos, muito intemperizados e velhos (Crepani *et al.*, 2001).

Uma unidade de paisagem natural é considerada vulnerável quando a ocorrência do processo de morfogênese predomina no ambiente, o qual são processos que modificam o relevo de uma determinada unidade, tendo como prevalência os processos erosivos em relação aos processos de formação e desenvolvimento do solo (Crepani *et al.*, 2001).

É importante destacar que, para as unidades de paisagem natural que são consideradas estáveis, atribui-se aos solos, dentro da escala de vulnerabilidade, o valor 1. Um dos representantes dessa escala são os Latossolos. São solos que apresentam um estágio de maturidade avançado e são bem desenvolvidos, possuindo grande profundidade e porosidade, onde apresentam materiais mais decompostos, caracterizando o solo em mais velho ou maduro devido ao processo de intemperismo e lixiviação que ocorreram de forma intensa (Crepani *et al.*, 2001).

São solos que apresentam uma ausência acentuada total de minerais que são facilmente intemperizáveis, aumentando a concentração residual de óxido de alumínio, (Al_2O_3) e óxido de ferro, (Fe_2O_3), apresentando boas condições de permeabilidade à água e ao ar. Possuem baixa fertilidade natural e os horizontes A, B e C bem desenvolvidos, apresentando pouca suscetibilidade aos processos erosivos. Geralmente, ocorrem em topografias mais suaves (Crepani *et al.*, 2001).

Para as unidades de paisagem natural consideradas intermediárias, atribui-se o valor 2 aos solos, conforme escala de vulnerabilidade. Os Argissolos são um dos representantes dessa classe que, ao fazer o comparativo com os Latossolos, são menos profundos, apresentam menor estabilidade e menor grau de intemperismo. É importante destacar as características dos Argissolos, que são solos que possuem um horizonte B, onde a argila se acumula. O seu processo de formação é marcado pela translocação de uma boa parte da argila por eluviação do horizonte A para o horizonte B, gerando uma diferença textural entre os horizontes, devido o maior acúmulo de argila no horizonte B, o que gera um processo com maior dificuldade de infiltração da água no perfil, favorecendo os processos erosivos (Crepani *et al.*, 2001).

Para as unidades de paisagem natural que são consideradas vulneráveis, atribui-se aos solos, na escala de vulnerabilidade, o valor 3. Nesses solos, o horizonte A está diretamente sobre o horizonte C ou diretamente sobre a rocha mãe (não possuindo horizonte B). São solos

considerados jovens e pouco desenvolvidos, em fase inicial de formação, por meio de materiais de origem recém-depositados, ou muitas vezes, são solos que estão localizados em lugares de alta declividade, onde a velocidade de erosão é considerada igual ou maior que a velocidade do processo de transformação da rocha em solo, apresentando característica principal a pequena evolução dos seus perfis (Crepani *et al.*, 2001).

Os resultados da classificação e o grau de vulnerabilidade dos solos da Floresta Nacional de Palmares estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4-Análise do nível de vulnerabilidade/ estabilidade dos solos da Floresta Nacional de Palmares

Classificação de solos	**Vulnerabilidade**	**Unidades de Paisagem Natural**
Latossolo Vermelho	1,0	Estáveis
Argissolo Vermelho-Amarelo	2,0	Intermediárias
Neossolo Litólico	3,0	Vulneráveis
Plintossolo Pétrico	3,0	Vulneráveis

Fonte: Laboratórios de agronomia da UFPI e SOLAE-IFPI (2024), Crepani *et al.* (2001).

Conforme a análise de vulnerabilidade, cada unidade de paisagem natural é classificada conforme o seu grau de desenvolvimento ou maturidade, sendo que os solos identificados na FLONA estão nas escalas 1, 2 e 3.

A análise de densidade foi realizada para os perfis 1,3 e 4, com os resultados das massas das amostras secas em estufa e as respectivas densidades descritas a seguir:

Perfil 1 massa seca= 153 g; volume do anel volumétrico =98 cm^3.

D_s= ma/v

D_s= 153/98

D_s=1,56 g cm^{-3}

Perfil 3 massa seca= 144 g; volume do anel volumétrico =98 cm^3.

D_s= ma/v

D_s= 144/98

D_s= 1,47 g cm^{-3}

Perfil 4 massa seca= 134 g; volume do anel volumétrico =98 cm^3.

D_s= ma/v

D_s= 134/98

D_s= 1,37 g cm^{-3}

A densidade do solo se relaciona de forma direta com a estrutura do solo, a gênese da estrutura do solo nas diferentes condições de clima, onde a densidade está diretamente associada à composição mineralógica da fração de argila dos solos. Devido a isso, para diferentes tipos de solos ou camadas, tem-se uma gama de valores de densidade do solo (Lier, 2010).

Além da mineralogia, a textura e o teor de matéria orgânica interferem nos valores de densidade de determinado tipo de solo. Solos mais arenosos tendem a ter valores mais elevados de densidade, como exemplo o Argissolo, que apresenta horizonte B textural, onde o horizonte A, por ter uma textura menos argilosa que o horizonte B, apresenta maior valor de densidade (Lier, 2010).

Segundo o autor, a maior densidade do horizonte A não sugere necessariamente menor permeabilidade do solo, e o maior teor de argila do horizonte B não se caracteriza necessariamente adensamento. A matéria orgânica é um fator de influência nos valores de densidade do solo, desempenhando papel fundamental na estruturação das camadas superficiais dos solos (Lier, 2010).

Quanto maior for a densidade do solo, menor será a porosidade total do solo. Os microporos são fundamentais para a retenção e armazenagem de água pelo solo, enquanto os macroporos determinam a infiltração, rápida distribuição e aeração do solo (Lier, 2010).

É importante destacar que os solos identificados na FLONA que possuem maiores teores de argila possuem densidade menor. O perfil 4 possui densidade menor que o perfil 3, e o mesmo ocorre com o perfil 3, que possui menor densidade que o perfil 1.

9.3 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Em relação aos parâmetros de acidez e basicidade do solo, o pH referente ao Argissolo Vermelho-Amarelo varia no perfil, onde o horizonte A apresenta pH 5,5 e horizonte B apresenta pH 5,2. O pH mede a acidez ativa do solo, ou seja, a atividade de H^+

presente na solução do solo. O Argissolo Vermelho-Amarelo tem como característica ser um solo maduro, que passou por um intenso processo de intemperismo. Essa lavagem do solo reflete um pH menor, levando os nutrientes do solo, permanecendo H^+ e Al^{3+}, que são mais difíceis de serem removidos com o processo de intemperismo químico. O solo apresenta uma acidez média, conforme classificação feita por Prezotti e Martins (2013). Os dados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5- Fertilidade Completa do Argissolo Vermelho-Amarelo-Perfil 1, Floresta Nacional de Palmares

Acidez e Basicidade do Solo			
Parâmetro	**Unidade**	**Horizonte A**	**Horizonte B**
pH (H_2O)	-	5,5	5,2
Alumínio (Al^{3+})	cmolc/dm³	0,8	1,0
Saturação por Alumínio (%)	%	30,0	40,0
Hidrogênio + Alumínio (H^++Al^{3+})	cmolc/dm³	6,0	7,5
Matéria ou Componente Orgânico			
Parâmetro	**Unidade**	**Horizonte A**	**Horizonte B**
Carbono Orgânico Total (COT)	g/kg	10,0	5,0
Matéria Orgânica (MO)	g/kg	17,2	8,6
Fósforo (P)	mg/dm³	5,0	2,5
Bases Trocáveis-Macronutrientes			
Parâmetro	**Unidade**	**Horizonte A**	**Horizonte B**
Potássio (K)	cmolc/dm³	0,3	0,15
Cálcio (Ca)	cmolc/dm³	2,0	1,0
Magnésio (Mg)	cmolc/dm³	1,0	0,5
Sódio (Na)	cmolc/dm³	0,03	0,02

Capacidade de Troca Catiônica (CTC)	cmolc/dm³	9,33	9,17
Saturação por Bases (V%)	%	35,0	25,0
Bases Trocáveis-Micronutrientes			
Parâmetro	**Unidade**	**Horizonte A**	**Horizonte B**
Zinco (Zn)	mg/kg	2,5	1,5
Ferro (Fe)	mg/kg	70	50
Manganês (Mn)	mg/kg	40	25
Cobre (Cu)	mg/kg	0,8	0,5

Fonte: Laboratório FUNCEME (2024).

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação da acidez ativa do solo (pH), descrita na Tabela 6.

Tabela 6- Classe de interpretação da acidez ativa do solo (pH)

Determinação	**Acidez**		
pH em água	**Elevada**	**Média**	**Fraca**
	< 5,0	5,0 - 5,9	6,0 - 6,9

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

A acidez trocável do solo indica o teor de alumínio na forma iônica Al^{3+}. O pH vai influenciar diretamente nas formas de alumínio, em solos ácidos, a solubilidade do alumínio é muito elevada (Prezotti; Martins, 2013). O Argissolo Vermelho-Amarelo apresenta acidez trocável média, com teores variando do horizonte A para o horizonte B, nos valores 0,8 a 1,0, respectivamente.

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para o teor de alumínio trocável, descrita na Tabela 7.

Tabela 7-Classes de interpretação para o teor de alumínio trocável

Elemento	Baixo	Médio	Alto
Al^{3+} (cmolc/dm^3)	< 0,3	0,3 – 1,0	> 1,0

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Em relação à acidez potencial ou acidez total, o Argissolo Vermelho-Amarelo apresenta valor alto, variando ao longo do perfil do horizonte A para o horizonte B, de 6,0 para 7,5 respectivamente.

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para a acidez potencial (H^++Al^{3+}), descrita na Tabela 8.

Tabela 8- Classes de interpretação para a acidez potencial (H^++Al^{3+})

Elemento	Método	Unidade	Classificação		
Acidez potencial (H^++Al^{3+})	Correlação pH SMP	cmolc/dm^3	Baixo	Médio	Alto
			< 2,5	2,5 – 5,0	> 5,0

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Segundo Prezotti e Martins (2013), a saturação por alumínio é definida como índice de saturação por Al^{3+} na CTC efetiva (t), sendo o único elemento cuja proporção é definido com base na t.

$$m = (Al^{3+} \times 100) / t$$

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para saturação por alumínio (m), descrita na Tabela 9.

Tabela 9- Classes de interpretação para saturação em alumínio (m)

Elemento	Método	Unidade	Classificação		
Saturação em alumínio (m)	(Al^{3+} x 100)/ t	%	Baixo	Médio	Alto
			< 50	50 - 70	> 70

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Para o Argissolo Vermelho-Amarelo, o valor da saturação por alumínio é baixo. No perfil, os valores variam do horizonte A para o horizonte B, respectivamente, em: 30,0 e 40,0. É um indicador relacionado à acidez do solo, correspondendo à proporção de íons de alumínio (Al^{3+}) presentes no solo e está diretamente relacionada à capacidade de troca catiônica efetiva (CTC efetiva). Em síntese, a presença de valores de Al^{3+}, $H^{+}+Al^{3+}$ e saturação por alumínio indicam a presença de acidez no solo, constatando o processo de intemperismo químico característicos dos Argissolos.

A matéria orgânica (MO) do solo é composta por resíduos da parte aérea e radicular das plantas, microorganismos e exsudados de raízes, formada por C, H, O, N, S e P. Suas proporções são, em média, 58% de C, 6% de H, 33% de O e 3% de N, S e P. O teor de matéria orgânica fornece informações sobre o potencial produtivo do solo, quanto maior for o teor de MO, maiores são os valores de T (CTC Total) e maior será a capacidade de fornecimento de nutrientes para as plantas (Prezotti; Martins, 2013).

Para os solos tropicais, a MO atua na geração de cargas negativas do solo, contribuindo em até 80%. O processo de mineralização da MO no solo libera bases que estavam imobilizadas nas cadeias carbônicas dos tecidos vegetais, interferindo no valor do pH, promovendo o seu aumento e disponibilidade de nutrientes. Isso favorece o processo de complexação do Al^{3+}do solo, por meio das moléculas orgânicas que são liberadas, reduzindo a toxidez de Al^{3+} e aumentando o pH do solo (Prezotti; Martins, 2013).

O carbono orgânico é fundamental para a avaliação do solo, para obtenção da matéria orgânica do solo, sendo indispensável na classificação de horizontes superficiais. É importante destacar que a relação C/N mostra o estado do processo de decomposição da matéria orgânica devido à ação microbiana (Silva, 2018).

O resultado da análise laboratorial constatou o valor de COT para o horizonte A de 10,0 e, para o horizonte B de 5,0. Para a matéria orgânica, os valores foram de 17,2 para o horizonte A e 8,6 para o horizonte B. Conforme Silva (2018), o Argissolo Vermelho-Amarelo apresenta, para o COT horizonte A, um teor médio de carbono e, para o horizonte B, teor baixo de carbono. Já para a matéria orgânica, o horizonte A apresenta teor médio de MO, e para o horizonte B, teor baixo de matéria orgânica conforme Tabela 10.

Tabela 10- Avaliação dos teores de Carbono Orgânico e Matéria Orgânica (g/kg)

C	MO	Teor
8	13,8	Baixo
8 a 14	13,8 a 24,1	Médio
14	24,1	Alto

Fonte: Silva (2018).

A importância da manutenção e conservação do carbono em ambientes tropicais, mesmo na FLONA, que é conservada, é que esses valores tendem a ser mais baixos pelo próprio processo de intemperismo químico. Chove, esquenta e evapora muito, a perda de carbono é muito rápida, principalmente pelo rápido processo de decomposição da matéria orgânica.

Em relação aos valores disponíveis de fósforo, o Argissolo Vermelho-Amarelo apresenta baixa disponibilidade, com valores que variam do horizonte A para o B, respectivamente, de 5,0 para 2,5. O horizonte A apresenta textura arenosa, com 7% de teor de argila e valor de disponibilidade de fósforo abaixo de 11. Já o horizonte B apresenta textura média, com teor de argila de 17% e valor de disponibilidade de fósforo abaixo de 9, conforme Tabela 11. O teor de argila influencia na disponibilidade de fósforo: quanto maior for o teor de argila no solo, maior será a adsorção do fósforo e menor será a sua disponibilidade.

Tabela 11- Interpretação dos resultados de fósforo disponível conforme a textura do solo

Textura (teor de argila - %)	P disponível (mg/dm^3)			
	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
Arenosa (< 15)	< 11	11 - 18	19 - 25	> 25
Média (15 a 35)	< 9	9 - 15	16 - 20	> 20
Argilosa (> 35)	< 6	6 - 10	11 – 15	> 15

Fonte: Silva (2018).

Em relação à análise dos macronutrientes: potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) do Argissolo Vermelho-Amarelo foram avaliados conforme valores de referência descritos por Silva (2018) na Tabela 12.

Tabela 12-Interpretação dos resultados da análise do solo

	$cmol_c/dm^3$					
	Ca+ Mg	**Ca**	**Mg**	**Al**	**K**	**K (mg/dm^3)**
Baixo	<2	<1,5	<0,5	<0,3	<0,10	<40
Médio	2,1 a 6	1,6 a 4,5	0,5 a 1,5	0,3 a 1,0	0,10 a 0,30	41 a 60
Alto	>6	>4,5	>1,5	>1,0	0,30 a 0,60	61 a 90
Muito Alto	-	-	-	-	> 0,60	>90

Fonte: Silva (2018).

Para os valores de K, no horizonte A corresponde a 0,3 e no horizonte B a 0,15, para o Ca, os valores do horizonte A e B correspondem, respectivamente, a 2,0 e 1,0, para o Mg, correspondem a 1,0 e 0,5.

Conforme a tabela, os valores de K apresentam valor médio, os valores para o Ca apresentam, no horizonte A, valor médio e, no horizonte B, valor baixo. Para o Mg, apresentam valores médios de disponibilidade de nutrientes no solo.

Os valores disponíveis de sódio no Argissolo Vermelho-Amarelo são muito baixos, correspondendo a 0,03 e 0,02 no horizonte A e no horizonte B. Foi avaliado o valor do percentual de sódio trocável (PST), descrito na fórmula a seguir:

$$PST = [Na^+ (cmol_c/dm^3) / CTC (cmol_c/dm^3)] \times 100$$

PST: Porcentagem de Sódio Trocável

Na^+ : Sódio trocável

CTC: Capacidade de Troca de Cátions Total

Para o horizonte A, o valor de PST é:

$$PST = [0,03/9,33] \times 100$$

PST=0,32%

Para o horizonte B o valor de PST é:

PST= [0,02/9,17] x100

PST=0,21%

Segundo Prezotti e Martins (2013), para os valores do percentual de sódio trocável nos horizontes A e B, pode-se classificá-lo como solo que está dentro da normalidade, considerando solos que apresentam PST com valores inferiores a 15%.

A CTC Total (Capacidade de Troca de Cátions Total) representa a capacidade de troca de cátions do solo, medida a pH 7, representada pela letra T. É fundamental para se compreender o potencial produtivo do solo, mostrando a quantidade de cargas negativas que o solo apresenta se o pH for 7. Essas cargas têm a funcionalidade de reter os nutrientes de carga positiva: K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Al^{3+}e H^+ (Prezotti; Martins, 2013).

A CTC Total é calculada através da seguinte fórmula:

$T= K^+ + Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + (H^+ + Al^{3+})$

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para a CTC Total (T), descrita na Tabela 13.

Tabela 13-Classes de interpretação para a CTC Total (T)

Característica	**Método**	**Unidade**	**Classificação**		
CTC (T)	Valor S+ (H^++Al^{3+})	$cmol_c /dm^3$	Baixo	Médio	Alto
			<4,5	4,5 - 10	> 10

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

A CTC Total do Argissolo Vermelho-Amarelo corresponde a 9,33 para o horizonte A e 9,17 para o horizonte B, classificando o solo com CTC média.

A Saturação por bases (V) indica a porcentagem do total de cargas negativas ocupadas pelas bases (K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}). É definida pela soma de bases (SB) dividida por

T e multiplicada por 100. Utiliza-se a porcentagem (%) como unidade para expressar a saturação por bases (Prezotti; Martins, 2013).

A Saturação por bases (V) é definida conforme fórmula a seguir:

V= (SB/T) X 100

Para os horizontes A e B, os valores de saturação por bases são, respectivamente, 35,0 e 25,0. A saturação por bases indica as condições gerais de fertilidade do solo.

Um índice de saturação por bases baixo apresenta baixas quantidades de cátions, como Ca^{2+}, Mg^{2+} e K^{+}, saturando as cargas negativas dos colóides e neutralizadas por H^{+} e Al^{3+} em sua maioria. O solo, nesse caso, é considerado ácido, sendo comum em áreas tropicais (Ronquim, 2010).

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para a saturação por bases (V), descrita na Tabela 14.

Tabela 14- Classes de interpretação para saturação por bases (V)

Elemento	**Método**	**Unidade**	**Classificação**		
Saturação em bases (V)	(SB/T) X 100	%	Baixo	Médio	Alto
			< 50	50 - 70	> 70

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Os micronutrientes são a essência da fertilidade dos solos. São essenciais para a manutenção dos indivíduos da floresta e, mesmo em menores quantidades, devem estar presentes nas condições mínimas para atender à Lei do Mínimo. O processo de mineralização da matéria orgânica ocorre por meio de um processo biológico, no qual a decomposição da matéria orgânica, a folha, se transforma em carga. No contexto de uma floresta, é importante o processo de manutenção da serapilheira e da manutenção da floresta em pé. A serapilheira mantém esse ciclo, sustentando o processo de mineralização da matéria orgânica para que os nutrientes possam estar sempre disponíveis para os indivíduos da floresta.

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para micronutrientes disponíveis no solo, descrita na Tabela 15.

Tabela 15- Classes de interpretação para micronutrientes disponíveis no solo

Elemento	Classificação		
	Baixo	Médio	Alto
Zinco (Zn)	< 1,0	1,0 – 2,2	> 2,2
Cobre (Cu)	< 0,8	0,8 – 1,8	> 1,8
Ferro (Fe	< 20	20 - 45	> 45
Manganês (Mn)	< 5,0	5,0 - 12	> 12

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Os valores de zinco variam ao longo dos horizontes A e B, respectivamente, em 2,5 e 1,5. No horizonte A, apresenta valor alto, e no horizonte B, apresenta valor médio de disponibilidade de nutrientes. Os valores de ferro variam ao longo dos horizontes A e B, respectivamente, em 70 e 50, são considerados valores altos, pois estão acima de 45. Os valores de manganês variam ao longo dos horizontes A e B, respectivamente, em 40 e 25, são considerados valores altos, pois estão acima de 12. Os valores de Cobre variam ao longo dos horizontes A e B, respectivamente, em 0,8 e 0,5, apresentando valor médio de disponibilidade de nutrientes no horizonte A e valor baixo no horizonte B.

Justifica-se a importância da manutenção da floresta em pé para a manutenção da disponibilidade dos nutrientes para o solo. É importante destacar que os macronutrientes, em termos quantitativos, estão presentes no solo em maior quantidade e são tão importantes quanto os micronutrientes. Os dados apresentados são compatíveis com solos tropicais em formação e em processo de intemperismo.

Em relação aos parâmetros de acidez e basicidade do solo, o pH referente ao Neossolo Litólico indica que a acidez do perfil, no horizonte A, corresponde a 6,0. O pH mede a acidez ativa do solo, ou seja, a atividade de H^+presente na solução do solo. Mesmo sendo um solo jovem e com um intenso contato com a rocha, o Neossolo passa pelo processo de intemperismo muito alto, característico de clima tropical, onde os nutrientes são lavados, permanecendo o H^+ e o Al^{3+}, que são mais difíceis de serem removidos com o processo de intemperismo químico. O solo apresenta uma acidez fraca, conforme classificação feita por Prezotti e Martins (2013).

Tabela 16- Fertilidade Completa do Neossolo Litólico-Perfil 2, Floresta Nacional de Palmares

Acidez e Basicidade do Solo		
Parâmetro	**Unidade**	**Horizonte A (0-20 cm)**
pH (H_2O)	-	6,0
Alumínio (Al^{3+})	cmolc/kg	0,7
Hidrogênio + Alumínio ($H+Al^{3+}$)	cmolc/kg	7,0
Saturação por Alumínio (%)	%	8,8
Matéria ou Componente Orgânico		
Parâmetro	**Unidade**	**Horizonte A (0-20 cm)**
Carbono Orgânico Total (COT)	g/kg	0,02
Matéria Orgânica (MO)	g/kg	0,8
Fósforo (P)	mg/dm^3	10
Bases Trocáveis-Macronutrientes		
Parâmetro	**Unidade**	**Horizonte A (0-20 cm)**
Potássio (K)	cmolc/kg	0,3
Cálcio (Ca)	cmolc/kg	2,5
Magnésio (Mg)	cmolc/kg	0,5
Sódio (Na)	cmolc/kg	0,02
Capacidade de Troca Catiônica (CTC)	cmolc/kg	10,32
Saturação por Bases (V%)	%	60
Bases Trocáveis-Micronutrientes		
Parâmetro	**Unidade**	**Horizonte A (0-20 cm)**
Zinco (Zn)	mg/dm^3	2,0
Ferro (Fe)	mg/dm^3	30

Manganês (Mn)	mg/dm³	6,0
Cobre (Cu)	mg/dm³	0,5

Fonte: Laboratório FUNCEME (2024).

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação da acidez ativa do solo (pH), descrita na Tabela 17.

Tabela 17- Classe de interpretação da acidez ativa do solo (pH)

Determinação	**Acidez**		
pH em água	**Elevada**	**Média**	**Fraca**
	< 5,0	5,0 - 5,9	6,0 - 6,9

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

A acidez trocável do solo indica o teor de alumínio na forma iônica Al^{3+}. O pH influencia diretamente nas formas de alumínio, em solos ácidos, a solubilidade do alumínio é muito elevada (Prezotti; Martins, 2013). O Neossolo Litólico apresenta acidez trocável média, com teor no horizonte A correspondendo a 0,7.

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para o teor de alumínio trocável, descrita na Tabela 18.

Tabela 18-Classes de interpretação para o teor de alumínio trocável

Elemento	**Baixo**	**Médio**	**Alto**
Al^{3+} (cmolc/dm^3)	< 0,3	0,3 – 1,0	> 1,0

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Em relação à acidez potencial ou acidez total, o Neossolo Litólico apresenta valor alto. O valor referente ao horizonte A corresponde a 7,0.

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para a acidez potencial (H^{+}+Al^{3+}), descrita na Tabela 19.

Tabela 19- Classes de interpretação para a acidez potencial ($H^{+}+Al^{3+}$)

Elemento	Método	Unidade	Classificação		
Acidez potencial ($H^{+}+Al^{3+}$)	Correlação pH SMP	$cmolc/dm^3$	Baixo	Médio	Alto
			< 2,5	2,5 – 5,0	> 5,0

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Segundo Prezotti e Martins (2013), a saturação por alumínio é definida como índice de saturação por Al^{3+} na CTC efetiva (t), sendo o único elemento cuja proporção é definida com base na t.

$$\mathbf{m= (Al^{3+} \times 100)/ t}$$

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para a saturação por alumínio (m), descrita na Tabela 20.

Tabela 20- Classes de interpretação para saturação em alumínio (m)

Elemento	Método	Unidade	Classificação		
Saturação em alumínio (m)	$(Al^{3+} \times 100)/ t$	%	Baixo	Médio	Alto
			< 50	50 - 70	> 70

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Para o Neossolo Litólico, o valor da saturação por alumínio é baixo, no perfil, o valor corresponde a 8,8. A saturação por alumínio é um indicador relacionado à acidez do solo, correspondendo à proporção de íons de alumínio (Al^{3+}) presentes no solo e está diretamente relacionada à capacidade de troca catiônica efetiva (CTC efetiva).

Em síntese, a presença de valores de Al^{3+}, $H^{+}+Al^{3+}$ e saturação por alumínio indicam a presença de acidez no solo. Mesmo sendo um solo jovem, está situado em um clima tropical, com atuação intensa do processo de intemperismo químico.

O resultado da análise laboratorial constatou o valor de COT para o horizonte A de 0,02 e, para a matéria orgânica, o valor de 0,8 no horizonte A. Conforme Silva (2018), o

Neossolo Litólico apresenta, para o COT do horizonte A, um teor baixo de carbono, já para a matéria orgânica, o horizonte A apresenta teor baixo, conforme Tabela 21.

Tabela 21- Avaliação dos teores de Carbono Orgânico e Matéria Orgânica (g/kg)

C	MO	Teor
8	13,8	Baixo
8 a 14	13,8 a 24,1	Médio
14	24,1	Alto

Fonte: Silva (2018).

A importância da manutenção e conservação do carbono em ambientes tropicais, mesmo na FLONA, que é conservada, é que esses valores tendem a ser mais baixos pelo próprio processo de intemperismo químico. Chove, esquenta e evapora muito, a perda de carbono é muito rápida, principalmente pelo rápido processo de decomposição da matéria orgânica.

Em relação aos valores disponíveis de fósforo, o Neossolo Litólico apresenta, no horizonte A, o valor que corresponde a 10,0. O Neossolo não tem resultado exato de textura analisada em laboratório, como os perfis 1, 3, e 4 que apresentam resultados definidos.

Segundo Martins *et al.* (2008), são solos jovens que podem variar de textura média a arenosa. Assim, a Tabela 22 mostra valores para os tipos de texturas mencionados para o Neossolo Litólico.

Tabela 22 - Interpretação dos resultados de fósforo disponível conforme a textura do solo

Textura (teor de argila - %)	P disponível (mg/dm^3)			
	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
Arenosa (< 15)	< 11	11 - 18	19 - 25	> 25
Média (15 a 35)	< 9	9 - 15	16 - 20	> 20
Argilosa (> 35)	< 6	6 - 10	11 – 15	> 15

Fonte: Silva (2018).

Em relação à análise dos macronutrientes: potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) do Neossolo Litólico, foram avaliados conforme valores de referência descritos na Tabela 23.

Tabela 23-Interpretação dos resultados da análise do solo

	$cmol_c/dm^3$					
	Ca+ Mg	**Ca**	**Mg**	**Al**	**K**	**K (mg/dm^3)**
Baixo	<2	<1,5	<0,5	<0,3	<0,10	<40
Médio	2,1 a 6	1,6 a 4,5	0,5 a 1,5	0,3 a 1,0	0,10 a 0,30	41 a 60
Alto	>6	>4,5	>1,5	>1,0	0,30 a 0,60	61 a 90
Muito Alto	-	-	-	-	> 0,60	>90

Fonte: Silva (2018).

O valor de K, no horizonte A corresponde a 0,3, para o Ca, o valor do horizonte A corresponde a 2,5, para o Mg, corresponde a 0,5. Conforme a tabela, o valor de K apresenta valor médio, assim como o valor de Ca no horizonte A. Para o Mg, o horizonte A apresenta valor médio de disponibilidade de nutrientes no solo.

O valor disponível de sódio no Neossolo Litólico é muito baixo, correspondendo a 0,02 no horizonte A. Foi avaliado o valor do percentual de sódio trocável (PST), descrito na fórmula a seguir:

$$PST = [Na^+ (cmol_c/dm^3) / CTC (cmol_c/dm^3)] \times 100$$

PST: Porcentagem de Sódio Trocável

Na^+ : Sódio trocável

CTC: Capacidade de Troca de Cátions Total

Para o horizonte A, o valor de PST é:

$$PST = [0,02/10,32] \times 100$$

$$PST = 0,19\%$$

Segundo Prezotti e Martins (2013), para os valores do percentual de sódio trocável no horizonte A, pode-se classificá-lo como solo que está dentro da normalidade, considerando solos que apresentam PST com valores inferiores a 15%.

A CTC Total (Capacidade de Troca de Cátions Total) representa a capacidade de troca de cátions do solo, medida a pH 7, representada pela letra T. É fundamental para se compreender o potencial produtivo do solo, mostrando a quantidade de cargas negativas que o solo apresenta se o pH for 7. Essas cargas têm a funcionalidade de reter os nutrientes de carga positiva: K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Al^{3+}e H^+ (Prezotti; Martins, 2013).

A CTC Total é calculada através da seguinte fórmula:

$T= K^+ + Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + (H^+ + Al^{3+})$

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para a CTC Total (T), descrita na Tabela 24.

Tabela 24-Classes de interpretação para a CTC Total (T)

Característica	**Método**	**Unidade**	**Classificação**		
CTC (T)	Valor S+ ($H^+ + Al^{3+}$)	$cmol_c /dm^3$	Baixo	Médio	Alto
			<4,5	4,5 - 10	> 10

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

A CTC Total do Neossolo Litólico corresponde a 10,32 para o horizonte A, classificando o solo com CTC alta.

A Saturação por bases (V) indica a porcentagem do total de cargas negativas ocupadas pelas bases (K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}). É definida pela soma de bases (SB) dividida por T é multiplicada por 100. Utiliza-se a porcentagem (%) como unidade para expressar a saturação por bases (Prezotti; Martins, 2013).

A Saturação por bases (V) é definida conforme fórmula a seguir:

$$\mathbf{V= (SB/T) \ X \ 100}$$

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para a saturação por bases (V), descrita na Tabela 25.

Tabela 25- Classes de interpretação para saturação por bases (V)

Elemento	Método	Unidade	Classificação		
Saturação em bases (V)	(SB/T) X 100	%	Baixo	Médio	Alto
			< 50	50 - 70	> 70

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Para o horizonte A, o valor de saturação por bases corresponde a 60, sendo considerado valor médio de saturação por bases. A saturação por bases indica as condições gerais de fertilidade do solo.

Os micronutrientes são a essência da fertilidade dos solos. São essenciais para a manutenção dos indivíduos da floresta e, mesmo em menores quantidades, devem estar presentes nas condições mínimas para atender à Lei do Mínimo.

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para micronutrientes disponíveis no solo, descrita na Tabela 26.

Tabela 26- Classes de interpretação para micronutrientes disponíveis no solo

Elemento	Classificação		
	Baixo	Médio	Alto
Zinco (Zn)	< 1,0	1,0 – 2,2	> 2,2
Cobre (Cu)	< 0,8	0,8 – 1,8	> 1,8
Ferro (Fe	< 20	20 - 45	> 45
Manganês (Mn)	< 5,0	5,0 - 12	> 12

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

O valor de zinco do horizonte A corresponde a 2,0, apresenta valor médio. O valor de ferro do horizonte A corresponde a 30, sendo considerado valor médio. O valor de manganês do horizonte A corresponde a 6,0, também considerado valor médio. O valor do cobre do horizonte A corresponde a 0,5, apresentando valor baixo de disponibilidade de nutrientes.

Justifica-se a importância da manutenção da floresta em pé para a manutenção da disponibilidade dos nutrientes para o solo. É importante destacar que os macronutrientes, em termos quantitativos, estão presentes no solo em maior quantidade e são tão importantes

quanto os micronutrientes. Os dados apresentados são compatíveis com solos tropicais em formação e em processo de intemperismo. Todos os valores apresentados correspondem aos valores característicos de um Neossolo Litólico.

Em relação aos parâmetros de acidez e basicidade do solo, o pH referente ao Latossolo Vermelho varia no perfil, onde o horizonte A apresenta pH 5,0 e horizonte B apresenta pH 4,8. O pH mede a acidez ativa do solo, a atividade de H^+ presente na solução do solo.

O Latossolo Vermelho tem como característica ser um solo maduro, que passou por um intenso processo de intemperismo. Essa lavagem do solo reflete um pH menor, levando os nutrientes embora e permanecendo H^+ e o Al^{3+}, que são mais difíceis de serem removidos com o processo de intemperismo químico. No horizonte A, a acidez é média e, no horizonte B, a acidez é elevada, conforme classificação feita por Prezotti e Martins (2013).

Tabela 27 - Fertilidade Completa do Latossolo Vermelho-Perfil 3, Floresta Nacional de Palmares

Acidez e Basicidade do Solo			
Parâmetro	**Unidade**	**Horizonte A**	**Horizonte B**
pH (H_2O)	-	5,0	4,8
Alumínio (Al^{3+})	cmolc/dm³	0,9	1,1
Saturação por Alumínio (%)	%	45,0	60,0
Hidrogênio + Alumínio ($H+Al^{3+}$)	cmolc/dm³	9,0	11,0
Matéria ou Componente Orgânico			
Parâmetro	**Unidade**	**Horizonte A**	**Horizonte B**
Carbono Orgânico Total (COT)	g/kg	8,0	4,0
Matéria Orgânica (MO)	g/kg	13,76	6,88
Fósforo (P)	mg/dm³	1,5	0,8
Bases Trocáveis-Macronutrientes			
Parâmetro	**Unidade**	**Horizonte A**	**Horizonte B**

Acidez e Basicidade do Solo			
Parâmetro	**Unidade**	**Horizonte A**	**Horizonte B**
pH (H_2O)	-	5,0	4,8
Alumínio (Al^{3+})	cmolc/dm³	0,9	1,1
Saturação por Alumínio (%)	%	45,0	60,0
Hidrogênio + Alumínio ($H+Al^{3+}$)	cmolc/dm³	9,0	11,0
Potássio (K)	cmolc/dm³	0,20	0,10
Cálcio (Ca)	cmolc/dm³	1,5	0,8
Magnésio (Mg)	cmolc/dm³	0,5	0,2
Sódio (Na)	cmolc/dm³	0,02	0,01
Capacidade de Troca Catiônica (CTC)	cmolc/dm³	11,22	13,61
Saturação por Bases (V%)	%	30,0	20,0
Bases Trocáveis-Micronutrientes			
Parâmetro	**Unidade**	**Horizonte A**	**Horizonte B**
Zinco (Zn)	mg/kg	1,0	0,5
Ferro (Fe)	mg/kg	60	40
Manganês (Mn)	mg/kg	30	20
Cobre (Cu)	mg/kg	0,6	0,3

Fonte: Laboratório FUNCEME (2024).

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação da acidez ativa do solo (pH) descrita na Tabela 28.

Tabela 28- Classe de interpretação da acidez ativa do solo (pH)

Determinação	Acidez		
pH em água	Elevada	Média	Fraca
	< 5,0	5,0 - 5,9	6,0 - 6,9

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

A acidez trocável do solo indica o teor de alumínio na forma iônica Al^{3+}. O pH influencia diretamente nas formas de alumínio, em solos ácidos, a solubilidade do alumínio é muito elevada (Prezotti; Martins, 2013). Para o Latossolo Vermelho, os teores de acidez trocável variam do horizonte A para o horizonte B, com valores 0,9 a 1,1 respectivamente. Para o horizonte A, a acidez trocável é média, e para o horizonte B, a acidez trocável é alta.

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para o teor de alumínio trocável, descrita na Tabela 29.

Tabela 29-Classes de interpretação para o teor de alumínio trocável

Elemento	Baixo	Médio	Alto
Al^{3+} (cmolc/dm^3)	< 0,3	0,3 – 1,0	> 1,0

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Em relação à acidez potencial ou acidez total, o Latossolo Vermelho apresenta valor alto, variando ao longo do perfil do horizonte A para o horizonte B, de 9,0 para 11,0 respectivamente.

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para a acidez potencial (H^++Al^{3+}), descrita na Tabela 30.

Tabela 30- Classes de interpretação para a acidez potencial (H^++Al^{3+})

Elemento	Método	Unidade	Classificação		
Acidez potencial (H^++Al^{3+})	Correlação pH SMP	cmolc/dm^3	Baixo	Médio	Alto
			< 2,5	2,5 – 5,0	> 5,0

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Segundo Prezotti e Martins (2013), a saturação por alumínio é definida como índice de saturação por Al^{3+} na CTC efetiva (t), sendo o único elemento cuja proporção é definido com base na t.

$$\mathbf{m= (Al^{3+} \times 100)/ t}$$

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para a saturação por alumínio (m), descrita na Tabela 31.

Tabela 31- Classes de interpretação para saturação em alumínio (m)

Elemento	**Método**	**Unidade**	**Classificação**		
Saturação em alumínio (m)	$(Al^{3+} \times 100)/ t$	%	Baixo	Médio	Alto
			< 50	50 - 70	> 70

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Para o Latossolo Vermelho, no perfil, os valores variam do horizonte A para o horizonte B, respectivamente em: 45,0 e 60,0. É considerado baixo para o horizonte A e médio para o horizonte B. Trata-se de um indicador relacionado à acidez do solo, corresponde à proporção de íons de alumínio (Al^{3+}) presentes no solo e está diretamente relacionada à capacidade de troca catiônica efetiva (CTC efetiva).

Em síntese, a presença de valores de Al^{3+}, $H^{+}+Al^{3+}$ e saturação por alumínio indicam a presença de acidez no solo, constatando o processo de intemperismo químico característico dos Latossolos.

O resultado da análise laboratorial constatou o valor de COT para o horizonte A de 8,0 e, para o horizonte B, de 4,0. Para a matéria orgânica, os valores foram de 13,76 para o horizonte A e 6,88 para o horizonte B. Conforme Silva (2018), o Latossolo Vermelho apresenta, para o COT horizonte A, um teor médio de carbono e, para o horizonte B, teor baixo de carbono. Já para a matéria orgânica, os horizontes A e B apresentam teor baixo, conforme Tabela 32.

Tabela 32- Avaliação dos teores de Carbono Orgânico e Matéria Orgânica (g/kg)

C	MO	Teor
8	13,8	Baixo
8 a 14	13,8 a 24,1	Médio
14	24,1	Alto

Fonte: Silva (2018).

A importância da manutenção e conservação do carbono em ambientes tropicais, mesmo na FLONA, que é conservada, é que esses valores tendem a ser mais baixos pelo próprio processo de intemperismo químico. Chove, esquenta e evapora muito, a perda de carbono é muito rápida, principalmente pelo rápido processo de decomposição da matéria orgânica.

Em relação aos valores disponíveis de fósforo, o Latossolo Vermelho apresenta baixa disponibilidade, que variam do horizonte A para o B, respectivamente de 1,5 para 0,8. O horizonte A apresenta textura média, com teor de argila de 22% e valor de disponibilidade de fósforo abaixo de 9, o horizonte B apresenta textura média, com teor de argila de 26% e valor de disponibilidade de fósforo abaixo de 9, conforme Tabela 33. O teor de argila influencia na disponibilidade de fósforo: quanto maior for o teor de argila no solo, maior será a adsorção do fósforo e menor será a sua disponibilidade.

Tabela 33 - Interpretação dos resultados de fósforo disponível conforme a textura do solo

Textura (teor de argila - %)	P disponível (mg/dm^3)			
	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
Arenosa (< 15)	< 11	11 - 18	19 - 25	> 25
Média (15 a 35)	< 9	9 - 15	16 - 20	> 20
Argilosa (> 35)	< 6	6 - 10	11 – 15	> 15

Fonte: Silva (2018).

Em relação à análise dos macronutrientes: potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) do Latossolo Vermelho, foram avaliados conforme valores de referência descritos na Tabela 34.

Tabela 34-Interpretação dos resultados da análise do solo

	$cmol_c/dm^3$					
	Ca+ Mg	**Ca**	**Mg**	**Al**	**K**	**K (mg/dm^3)**
Baixo	<2	<1,5	<0,5	<0,3	<0,10	<40
Médio	2,1 a 6	1,6 a 4,5	0,5 a 1,5	0,3 a 1,0	0,10 a 0,30	41 a 60
Alto	>6	>4,5	>1,5	>1,0	0,30 a 0,60	61 a 90
Muito Alto	-	-	-	-	> 0,60	>90

Fonte: Silva (2018).

Para os valores de K, no horizonte A corresponde a 0,20 e, no horizonte B, corresponde a 0,10. Para o Ca, os valores do horizonte A e B correspondem, respectivamente, a 1,5 e 0,8. Para o Mg, os valores do horizonte A e B correspondem, respectivamente, a 0,5 e 0,2.

Conforme a tabela, os valores de K apresentam valor médio, os valores para o Ca apresentam, no horizonte A e horizonte B, valores baixos. Para o Mg, o horizonte A apresenta valor médio e o horizonte B, valor baixo de disponibilidade de nutrientes no solo.

Os valores disponíveis de sódio no Latossolo Vermelho são muito baixos, correspondendo a 0,02 e 0,01 no horizonte A e no horizonte B. Foi avaliado o valor do percentual de sódio trocável (PST), descrito na fórmula a seguir:

$$PST = [Na^+ (cmol_c/dm^3) / CTC (cmol_c/dm^3)] \times 100$$

PST: Porcentagem de Sódio Trocável

Na^+ : Sódio trocável

CTC: Capacidade de Troca de Cátions Total

Para o horizonte A, o valor de PST é:

PST= [0,02/11,22] X 100

PST=0,17%

Para o horizonte B o valor de PST é:

PST= [0,01/13,61] x100

PST=0,07%

Segundo Prezotti e Martins (2013), para os valores do percentual de sódio trocável nos horizontes A e B, pode-se classificá-lo como solo que está dentro da normalidade, considerando solos que apresentam PST com valores inferiores a 15%.

A CTC Total (Capacidade de Troca de Cátions Total) representa a capacidade de troca de cátions do solo, medida a pH 7, representada pela letra T, É fundamental para se compreender o potencial produtivo do solo, mostrando a quantidade de cargas negativas que o solo apresenta se o pH for 7. Essas cargas têm a funcionalidade de reter os nutrientes de carga positiva: K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^2, Al^{3+}e H^+ (Prezotti; Martins, 2013).

A CTC Total é calculada através da seguinte fórmula:

$T= K^+ + Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + (H^+ + Al^{3+})$

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para a CTC Total (T), descrita na Tabela 35.

Tabela 35-Classes de interpretação para a CTC Total (T)

Característica	**Método**	**Unidade**	**Classificação**		
CTC (T)	Valor S+ ($H^+ + Al^{3+}$)	$cmol_c /dm^3$	Baixo	Médio	Alto
			<4,5	4,5 - 10	> 10

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

A CTC Total do Latossolo Vermelho corresponde a 11,22 para o horizonte A e 13,61 para o horizonte B, classificando o solo com CTC alta.

A Saturação por bases (V) indica a porcentagem do total de cargas negativas ocupadas pelas bases (K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}). É definida pela soma de bases (SB) dividida por

T e multiplicada por 100. Utiliza-se a porcentagem (%) como unidade para expressar a saturação por base (Prezotti; Martins, 2013).

A Saturação por bases (V) é definida conforme fórmula a seguir:

V= (SB/T) X 100

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para a saturação por bases (V), descrita na Tabela 36.

Tabela 36- Classes de interpretação para saturação por bases (V)

Elemento	**Método**	**Unidade**	**Classificação**		
Saturação em bases (V)	(SB/T) x 100	%	Baixo	Médio	Alto
			< 50	50 - 70	> 70

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Para os horizontes A e B, os valores de saturação por base são, respectivamente, 30,0 e 20,0. A saturação por bases indica as condições gerais de fertilidade do solo.

Um índice de saturação por bases baixo apresenta baixas quantidades de cátions, como Ca^{2+}, Mg^{2+} e K^{+}, saturando as cargas negativas dos colóides e neutralizadas por H^{+} e Al^{3+} em sua maioria. O solo, nesse caso, é considerado ácido, sendo comum em áreas tropicais (Ronquim, 2010).

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para micronutrientes disponíveis no solo, descrita na Tabela 37.

Tabela 37- Classes de interpretação para micronutrientes disponíveis no solo

Elemento	**Classificação**		
	Baixo	Médio	Alto
Zinco (Zn)	< 1,0	1,0 – 2,2	> 2,2
Cobre (Cu)	< 0,8	0,8 – 1,8	> 1,8

Ferro (Fe	< 20	20 - 45	> 45
Manganês (Mn)	< 5,0	5,0 - 12	> 12

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Os valores de zinco variam ao longo dos horizontes A e B, respectivamente, em 1,0 e 0,5, no horizonte A apresenta valor médio, e horizonte B apresenta valor baixo de disponibilidade de nutriente. Os valores de ferro variam ao longo dos horizontes A e B, respectivamente, em 60 e 40, para o horizonte A, é considerado valor alto, pois estão acima de 45, já para o horizonte B, apresenta valor médio. Os valores de manganês variam ao longo dos horizontes A e B, respectivamente, em 30 e 20, são considerados valores altos, pois estão acima de 12. Os valores de cobre variam ao longo dos horizontes A e B, respectivamente, em 0,6 e 0,3, apresentando valor baixo de disponibilidade de nutrientes.

Os micronutrientes são a essência da fertilidade dos solos. São essenciais para a manutenção dos indivíduos da floresta, mesmo em menores quantidades, devendo estar presentes nas condições mínimas para atender à Lei do Mínimo.

Justifica-se a importância da manutenção da floresta em pé para a manutenção da disponibilidade dos nutrientes para o solo. É importante destacar que os macronutrientes, em termos quantitativos, estão presentes no solo em maior quantidade. São tão importantes quanto os micronutrientes. Os dados apresentados são compatíveis com solos tropicais em formação e em processo de intemperismo.

Em relação aos parâmetros de acidez e basicidade do solo, o pH referente ao Latossolo Vermelho varia no perfil, onde o horizonte A apresenta pH 5,0 e o horizonte B apresenta pH 5,2. O pH mede a acidez ativa do solo, ou seja, a atividade de H^+ presente na solução do solo. O Latossolo Vermelho tem como característica ser um solo maduro que passou por um intenso processo de intemperismo. Essa lavagem do solo reflete um pH menor, levando os nutrientes do solo e permanecendo H^+ e Al^{3+}, que são mais difíceis de serem removidos com o processo de intemperismo químico. Os horizontes A e B correspondem a uma acidez média, conforme classificação feita por Prezotti e Martins (2013).

Tabela 38- Fertilidade Completa do Latossolo Vermelho-Perfil 4, Floresta Nacional de Palmares

Acidez e Basicidade do Solo			
Parâmetro	**Unidade**	**Horizonte A**	**Horizonte B**
pH (H_2O)	-	5,0	5,2
Alumínio (Al^{3+})	cmolc/kg	1,1	1,3
Saturação por Alumínio (%)	%	10,5	14,4
Hidrogênio + Alumínio ($H^{+}+Al^{3+}$)	cmolc/kg	8,0	10,0
Matéria ou Componente Orgânico			
Parâmetro	**Unidade**	**Horizonte A**	**Horizonte B**
Carbono Orgânico Total (COT)	g/kg	2,0	0,8
Matéria Orgânica (MO)	g/kg	3,5	1,2
Fósforo (P)	mg/dm^3	5,0	3,5
Bases Trocáveis-Macronutrientes			
Parâmetro	**Unidade**	**Horizonte A**	**Horizonte B**
Potássio (K)	cmolc/kg	0,4	0,3
Cálcio (Ca)	cmolc/kg	3,0	2,5
Magnésio (Mg)	cmolc/kg	1,0	0,8
Sódio (Na)	cmolc/kg	0,01	0,01
Capacidade de Troca Catiônica (CTC)	cmolc/kg	12,41	13,61
Saturação por Bases (V%)	%	50	45
Bases Trocáveis-Micronutrientes			
Parâmetro	**Unidade**	**Horizonte A**	**Horizonte B**
Zinco (Zn)	mg/dm^3	1,0	0,5

Ferro (Fe)	mg/dm³	20	15
Manganês (Mn)	mg/dm³	5,0	4,0
Cobre (Cu)	mg/dm³	0,6	0,4

Fonte: Laboratório FUNCEME (2024).

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação da acidez ativa do solo (pH), descrita na Tabela 39.

Tabela 39- Classe de interpretação da acidez ativa do solo (pH)

Determinação	**Acidez**		
pH em água	**Elevada**	**Média**	**Fraca**
	< 5,0	5,0 - 5,9	6,0 - 6,9

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

A acidez trocável do solo indica o teor de alumínio na forma iônica Al^{3+}. O pH vai influenciar diretamente nas formas de alumínio. Em solos ácidos, a solubilidade do alumínio é muito elevada (Prezotti; Martins, 2013). Para o Latossolo Vermelho, os teores de acidez trocável variam do horizonte A para o horizonte B, nos valores de 1,1 a 1,3, respectivamente, para o horizonte A e horizonte B, a acidez trocável é alta.

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para o teor de alumínio trocável, descrita na Tabela 40.

Tabela 40-Classes de interpretação para o teor de alumínio trocável

Elemento	**Baixo**	**Médio**	**Alto**
Al^{3+} (cmolc/dm^3)	< 0,3	0,3 – 1,0	> 1,0

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Em relação à acidez potencial ou acidez total, o Latossolo Vermelho apresenta valor alto, variando ao longo do perfil do horizonte A para o horizonte B, de 8,0 para 10,0, respectivamente.

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para a acidez potencial (H^{+}+Al^{3+}), descrita na Tabela 41.

Tabela 41- Classes de interpretação para a acidez potencial ($H^{+}+Al^{3+}$)

Elemento	Método	Unidade	Classificação		
Acidez potencial ($H^{+}+Al^{3+}$)	Correlação pH SMP	$cmolc/dm^3$	Baixo	Médio	Alto
			< 2,5	2,5 – 5,0	> 5,0

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Segundo Prezotti e Martins (2013), a saturação por alumínio é definida como índice de saturação por Al^{3+} na CTC efetiva (t), sendo o único elemento cuja proporção é definida com base na t.

$$\mathbf{m= (Al^{3+} \times 100)/ t}$$

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para saturação por alumínio (m), descrita na Tabela 42.

Tabela 42- Classes de interpretação para saturação em alumínio (m)

Elemento	Método	Unidade	Classificação		
Saturação em alumínio (m)	$(Al^{3+} \times 100)/ t$	%	Baixo	Médio	Alto
			< 50	50 - 70	> 70

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Para o Latossolo Vermelho, no perfil, os valores variam do horizonte A para o horizonte B, respectivamente, em: 10,5 e 14,4, sendo considerados baixos para o horizonte A e horizonte B. A saturação por alumínio é um indicador relacionado à acidez do solo, corresponde à proporção de íons de alumínio (Al^{3+}) presentes no solo e estando diretamente relacionada à capacidade de troca catiônica efetiva (CTC efetiva).

Em síntese, a presença de valores de Al^{3+}, $H^{+}+Al^{3+}$ e saturação por alumínio indicam a presença de acidez no solo, constatando o processo de intemperismo químico característico dos Latossolos.

O resultado da análise laboratorial constatou que o valor de COT para o horizonte A corresponde a 2,0 e, para o horizonte B, corresponde a 0,8, para a matéria orgânica, os

valores correspondem a 3,5 para o horizonte A e 1,2 para o horizonte B. Conforme Silva (2018), o Latossolo Vermelho apresenta, para o COT do horizonte A e horizonte B, teor baixo de carbono, já para a matéria orgânica, o horizonte A e B apresentam teor baixo, conforme Tabela 43.

Tabela 43- Avaliação dos teores de Carbono Orgânico e Matéria Orgânica (g/kg)

C	MO	Teor
8	13,8	Baixo
8 a 14	13,8 a 24,1	Médio
14	24,1	Alto

Fonte: Silva (2018).

A importância da manutenção e conservação do carbono em ambientes tropicais, mesmo na FLONA que é conservada, é que esses valores tendem a ser mais baixos pelo próprio processo de intemperismo químico. Chove, esquenta e evapora muito, a perda de carbono é muito rápida, principalmente pelo rápido processo de decomposição da matéria orgânica.

Em relação aos valores disponíveis de fósforo, o Latossolo Vermelho apresenta baixa disponibilidade, com valores que variam do horizonte A para o B, respectivamente de 5,0 para 3,5. O horizonte A apresenta textura média, com teor de argila de 26% e valor de disponibilidade de fósforo abaixo de 9. O horizonte B apresenta textura argilosa, com teor de argila de 36% e valor de disponibilidade de fósforo abaixo de 6, conforme Tabela 44. O teor de argila influencia na disponibilidade de fósforo: quanto maior for o teor de argila no solo, maior será a adsorção do fósforo e menor será a sua disponibilidade.

Tabela 44 - Interpretação dos resultados de fósforo disponível conforme a textura do solo

Textura (teor de argila - %)	P disponível (mg/dm^3)			
	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
Arenosa (< 15)	< 11	11 - 18	19 - 25	> 25
Média (15 a 35)	< 9	9 - 15	16 - 20	> 20

Argilosa (> 35)	< 6	6 - 10	11 – 15	> 15

Fonte: Silva (2018).

Em relação à análise dos macronutrientes: potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) do Latossolo Vermelho, foram avaliados conforme valores de referência descritos por Silva (2018) na Tabela 45.

Tabela 45-Interpretação dos resultados da análise do solo

	$cmol_c/dm^3$					
	Ca+ Mg	**Ca**	**Mg**	**Al**	**K**	**K (mg/dm^3)**
Baixo	<2	<1,5	<0,5	<0,3	<0,10	<40
Médio	2,1 a 6	1,6 a 4,5	0,5 a 1,5	0,3 a 1,0	0,10 a 0,30	41 a 60
Alto	>6	>4,5	>1,5	>1,0	0,30 a 0,60	61 a 90
Muito Alto	-	-	-	-	> 0,60	>90

Fonte: Silva (2018).

Para os valores de K, no horizonte A corresponde a 0,4 e, para o horizonte B, corresponde a 0,3, para o Ca, os valores do horizonte A e B correspondem, respectivamente, a 3,0 e 2,5, para o Mg, os valores do horizonte A e B correspondem a 1,0 e 0,8.

Conforme a tabela, os valores do horizonte A e B do K apresentam valor alto, os valores para o Ca apresentam, no horizonte A e horizonte B, valores médios. Para o Mg, o horizonte A e horizonte B apresentam valores médios de disponibilidade de nutrientes no solo.

Os valores disponíveis de sódio no Latossolo Vermelho são muito baixos, correspondem a 0,01 e 0,01 no horizonte A para o horizonte B. Foi avaliado o valor do percentual de sódio trocável (PST), descrito na fórmula a seguir:

$$PST = [Na^+ (cmol_c/dm^3) / CTC (cmol_c/dm^3)] \times 100$$

PST: Porcentagem de Sódio Trocável

Na^+ : Sódio trocável

CTC: Capacidade de Troca de Cátions Total

Para o horizonte A, o valor de PST é:

PST= [0,01/12,41] x 100

PST=0,08%

Para o horizonte B o valor de PST é:

PST= [0,01/13,61] x100

PST=0,07%

Segundo Prezotti e Martins (2013), para os valores do percentual de sódio trocável nos horizontes A e B, pode-se classificá-lo como solo que está dentro da normalidade, considerando solos que apresentam PST com valores inferiores a 15%.

A CTC Total (Capacidade de Troca de Cátions Total) representa a capacidade de troca de cátions do solo, medida a pH 7, representada pela letra T. É fundamental para se compreender o potencial produtivo do solo, mostrando a quantidade de cargas negativas que o solo apresenta se o pH for 7. Essas cargas têm a funcionalidade de reter os nutrientes de carga positiva: K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Al^{3+}e H^+ (Prezotti; Martins, 2013).

A CTC Total é calculada através da seguinte fórmula:

$T= K^+ + Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + (H^+ + Al^{3+})$

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para a CTC Total (T), descrita na Tabela 46.

Tabela 46-Classes de interpretação para a CTC Total (T)

Característica	**Método**	**Unidade**	**Classificação**		
CTC (T)	Valor S+ ($H^+ + Al^{3+}$)	$cmol_c /dm^3$	Baixo	Médio	Alto
			<4,5	4,5 - 10	> 10

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

A CTC Total do Latossolo Vermelho corresponde a 12,41 para o horizonte A e 13,61 para o horizonte B, classificando o solo com CTC alta.

A Saturação por bases (V) indica a porcentagem do total de cargas negativas ocupadas pelas bases (K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}). É definida pela soma de bases (SB) dividida por T e multiplicada por 100. Utiliza-se a porcentagem (%) como unidade para expressar a saturação por base (Prezotti; Martins, 2013).

A Saturação por bases (V) é definida conforme fórmula a seguir:

$$\mathbf{V = (SB/T)\ X\ 100}$$

Para os horizontes A e B, os valores de saturação por base são, respectivamente, 50,0 e 45,0. A saturação por bases indica as condições gerais de fertilidade do solo, o horizonte A apresenta saturação por base média e o horizonte B apresenta saturação por base baixa.

É importante destacar que, para índices de saturação por bases baixos, a quantidade de cátions são baixas, como Ca^{2+}, Mg^{2+} e K^+, saturando as cargas negativas dos colóides e sendo neutralizadas, em sua maioria, por H^+ e Al^{3+}. O solo, nesse caso, é considerado ácido, sendo comum em áreas tropicais (Ronquim, 2010).

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para saturação por bases (V), descrita na Tabela 47.

Tabela 47- Classes de interpretação para saturação por bases (V)

Elemento	**Método**	**Unidade**	**Classificação**		
Saturação em bases (V)	(SB/T) x 100	%	Baixo	Médio	Alto
			< 50	50 - 70	> 70

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Prezotti e Martins (2013) trazem a tabela com as classes de interpretação para micronutrientes disponíveis no solo, descrita na Tabela 48.

Tabela 48- Classes de interpretação para micronutrientes disponíveis no solo

Elemento	Classificação		
	Baixo	Médio	Alto
Zinco (Zn)	< 1,0	1,0 – 2,2	> 2,2
Cobre (Cu)	< 0,8	0,8 – 1,8	> 1,8
Ferro (Fe	< 20	20 - 45	> 45
Manganês (Mn)	< 5,0	5,0 - 12	> 12

Fonte: Prezotti e Martins (2013).

Os valores de zinco variam ao longo dos horizontes A e B, respectivamente, em 1,0 e 0,5, no horizonte A apresenta valor médio, e no horizonte B apresenta valor baixo de disponibilidade de nutrientes. Os valores de ferro variam ao longo dos horizontes A e B, respectivamente, em 20 e 15, para o horizonte A é considerado valor médio, já para o horizonte B apresenta valor baixo. Os valores de manganês variam ao longo dos horizontes A e B, respectivamente, em 5,0 e 4,0, para o horizonte A considera-se um valor médio, e para o horizonte B considera-se um valor baixo. Os valores de cobre variam ao longo dos horizontes A e B, respectivamente, em 0,6 e 0,4, apresentando valor baixo de disponibilidade de nutrientes.

Os micronutrientes são a essência da fertilidade dos solos, são essenciais para a manutenção dos indivíduos da floresta. Mesmo em menores quantidades, devem estar presentes nas condições mínimas para atender à Lei do Mínimo. Justifica-se a importância da manutenção da floresta em pé para a manutenção da disponibilidade dos nutrientes para o solo. É importante destacar que os macronutrientes, em termos quantitativos, estão presentes no solo em maior quantidade, sendo tão importantes quanto os micronutrientes. Os dados apresentados são compatíveis com solos tropicais em formação e em processo de intemperismo.

9.4 VALORES DE UMIDADE DOS PERFIS DE SOLO DA FLORESTA NACIONAL DE PALMARES, ALTOS-PI

Tabela 49- Umidade dos solos da Floresta Nacional de Palmares

	Parâmetro	Unidade	Horizonte A	Horizonte B
Perfil 1	**Umidade**	**%**	**20,0**	**15,5**
Perfil 2			**15,0**	**-**
Perfil 3			**15,0**	**12,0**
Perfil 4			**18,0**	**22,0**

Fonte: Laboratório FUNCEME (2024).

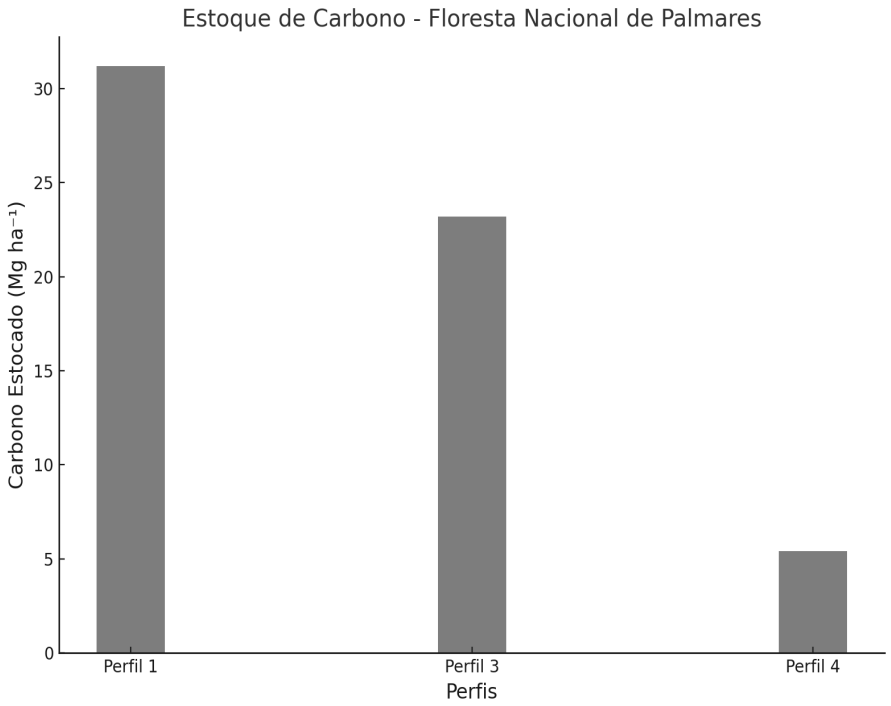
Os valores obtidos de umidade dos perfis variam de 12% a 22% e representam o teor de umidade presentes nas amostras de solos, que vai variar para cada tipo de solo devido às suas diferentes características químicas, físicas e biológicas, representando valores característicos de ambientes com clima tropical.

Destaca-se a relevância dos estudos do regime de água do solo nas florestas, onde o desenvolvimento das florestas estão praticamente em função da umidade do solo, sendo o fator principal para o seu desenvolvimento. Quando a floresta absorve a água do solo pelo processo de transpiração, absorve automaticamente os nutrientes, circulando-os internamente, realizando o processo de fotossíntese, realizando o transporte de seiva elaborada, tanto os hormônios quanto as outras substâncias para todas as partes das espécies florestais. Com a seca, ou durante os períodos mais secos, o solo vai perdendo umidade, restringindo todos os processos metabólicos (Lima, 1979).

9.5 ESTOQUE DE CARBONO DA FLORESTA NACIONAL DE PALMARES

Os estoques de COT (ECOT) foram calculados de acordo com Costa *et al*. (2009), resultando nos seguintes valores de carbono estocado: perfil 1: 31,2 Mg ha $^{-1}$, perfil 3: 23,2 Mg ha $^{-1}$, perfil 4: 5,42 Mg ha $^{-1}$. Os valores são expressos no gráfico 1.

Figura 32-Gráfico Estoque de Carbono da Floresta Nacional de Palmares



Fonte: Autora (2024).

O conhecimento da variabilidade dos estoques de C no solo é essencial para realizar a caracterização e o monitoramento de uma área referente à qualidade do solo. Os estoques de carbono no solo são considerados indicadores essenciais na avaliação da prestação de serviços ambientais (Oliveira; Reatto; Roig, 2015).

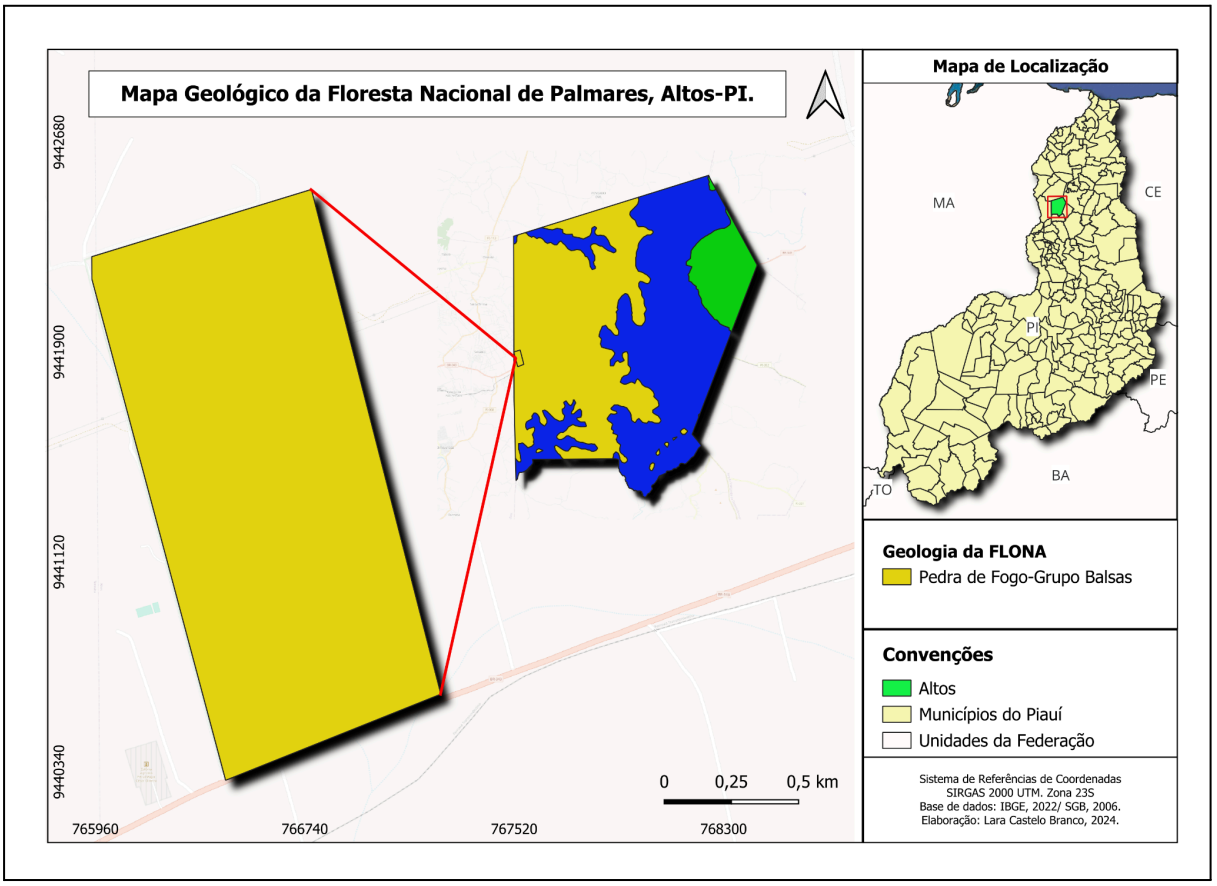
Compreender, de fato, como ocorrem as trocas de carbono entre solo, água e atmosfera é essencial para um bom manejo e conservação dos ecossistemas naturais. A quantificação dos estoques de carbono fornecem indicadores diretamente associados à fertilidade do solo, facilitando o monitoramento das práticas presentes e futuras em ecossistemas naturais (Baldotto *et al.,* 2015).

As práticas de conservação de ecossistemas naturais garantem que o carbono (C) seja estocado no solo, reduzindo a quantidade de dióxido de carbono CO_2 na atmosfera. A conservação das florestas mantém os estoques de carbono no solo. As coberturas florestais

são consideradas grandes sequestradoras, e os sistemas florestais são identificados como grandes reservatórios de carbono (Denardin *et al.*, 2014).

9.6 MAPAS TEMÁTICOS DA FLORESTA NACIONAL DE PALMARES, ALTOS-PI

Figura 33- Mapa Geológico da Floresta Nacional de Palmares, Altos-PI



Fonte: Autora (2024).

A FLONA se insere na Bacia Sedimentar do Parnaíba, composta por pacotes de rochas sedimentares. A Formação Pedra de Fogo é datada do Permiano e composta por arenitos, folhelhos, calcários e silexitos, formados em ambientes marinho raso e litorâneo (Barbosa, 2015; CPRM, 2006).

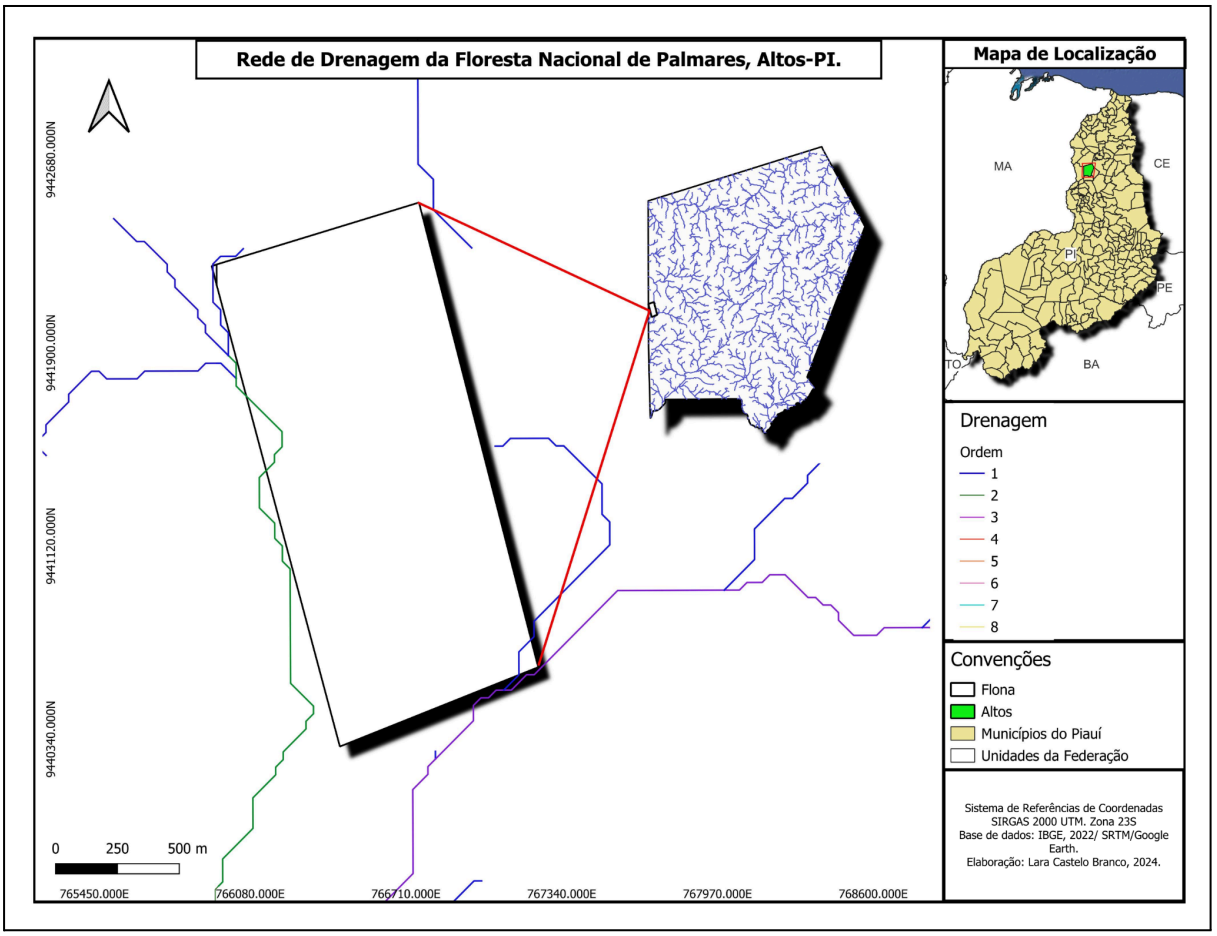
Segundo Pfaltzgraff, Torres e Brandão (2010), a Formação Pedra de Fogo, depositada no início do Permiano, é composta por arenitos inferiores eólicos e arenitos superiores litorâneos. Apresenta ainda folhelhos e arenitos depositados em planície de maré, com ocorrências e intercalações de calcários, silexitos e evaporitos.

A Formação Pedra de Fogo conta a história dos registros sedimentares do início do Permiano, abrigando fragmentos de pedra de coloração branca, dispersos dentro do barro que

possui característica argilosa e vermelha, recobrindo grande parte de Teresina e do seu entorno. As pedras de fogo se formaram há mais de duas centenas de milhões de anos (Andrade; Nogueira, 2022).

O Piauí fazia parte da Pangéia, que era composta por um conjunto de lagos rasos com planícies salinas, onde as camadas de sais precipitados, assim conhecidos como evaporitos, foram formados pelo intenso processo de evaporação. Através dos processos geológicos/geoquímicos presentes no ambiente, em centenas de milhões de anos, os níveis de evaporitos se converteram em camadas de sílica, conhecidas no Piauí como Formação Pedra de Fogo (Andrade; Nogueira, 2022).

Figura 34- Mapa de drenagem da FLONA, Altos-PI



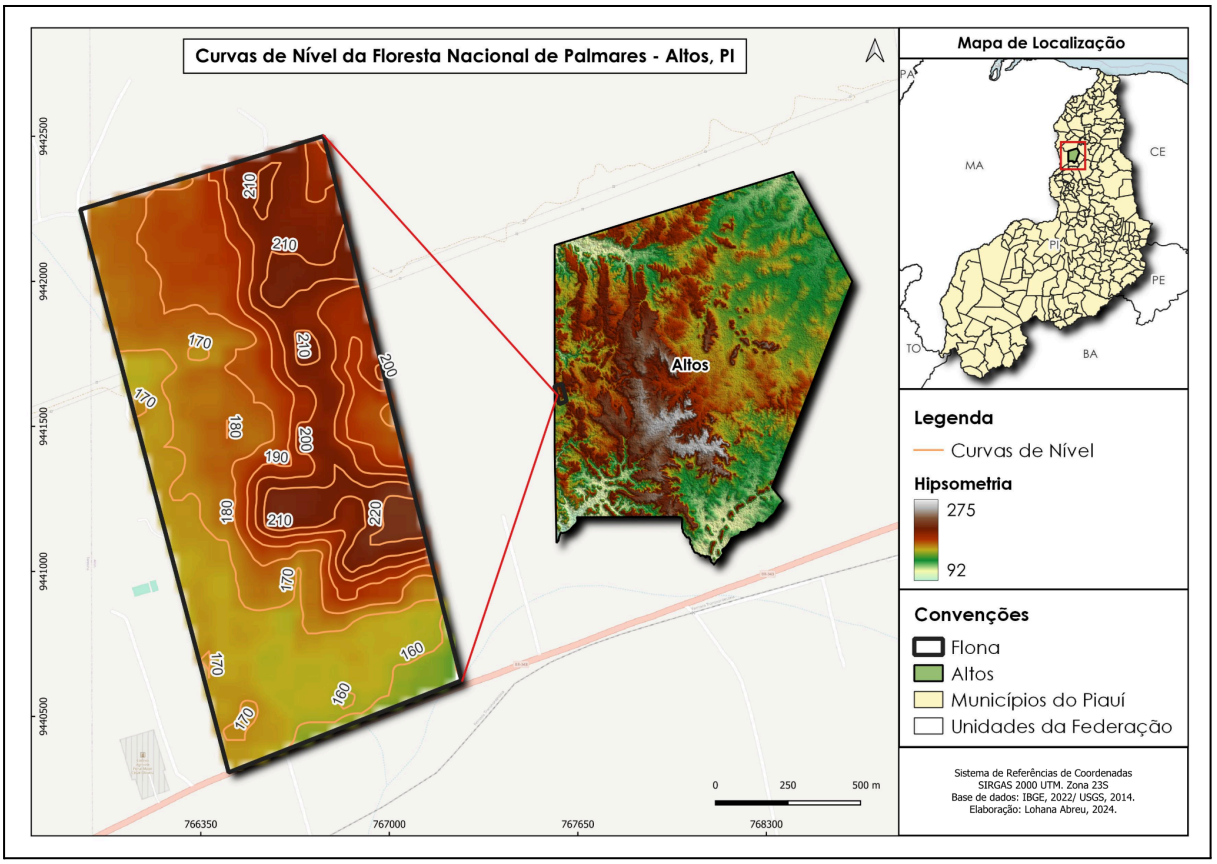
Fonte: Autora (2024).

A área da FLONA está em uma região alta, com um morrinho sustentado por uma crosta laterítica, protegendo as litologias topograficamente inferiores da erosão. O morrinho é um pequeno divisor de águas que divide duas bacias de primeira ordem e segunda ordem.

Conforme informado anteriormente, a FLONA possui alguns riachos pequenos temporários. Essa região é uma área que compõe a zona de recarga do aquífero superficial livre, formando um conjunto de nascentes perenes pertencentes a pequenos riachos que escoam para o rio Poti em seu baixo curso, tornando-o em um rio perene. Entende-se que a área apresenta muita relevância (ICMBio, 2022).

É importante destacar que a drenagem auxilia no processo de formação do solo, influenciando no processo de amadurecimento do solo. Como, por exemplo: Latossolo e Argissolos são solos que estão sendo lavados em profundidade, recebendo uma carga hídrica que atua diretamente no processo de amadurecimento do solo.

Figura 35- Mapa de curvas de nível da FLONA, Altos-PI

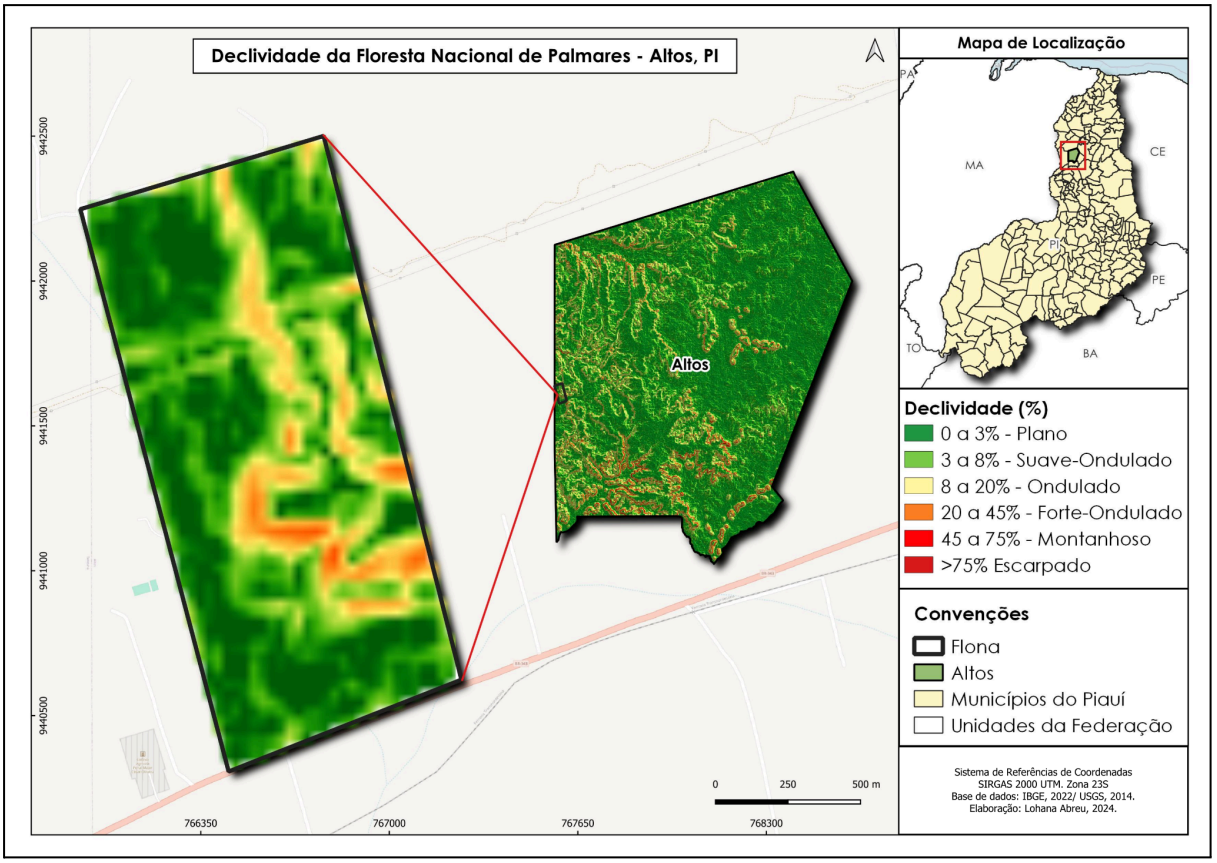


Fonte: Lohana Abreu (2024).

A curva de nível é uma linha imaginária na qual une todos os pontos que possuem a mesma altitude em relação ao nível médio do mar. É uma curva produzida por meio da intersecção de um plano horizontal com a superfície do terreno, facilitando a interpretação e percepção tridimensional do relevo, representando a altimetria do terreno em um desenho bidimensional (ANA, 2010).

A análise das curvas de nível é essencial para o estudo do relevo, identificando suas diferentes feições. Curvas de níveis mais próximas identificam áreas mais íngremes, enquanto curvas de níveis mais distantes identificam áreas com relevo mais suave. No mapa, as áreas mais escuras representam áreas mais íngremes, com maiores altitudes, e as cores mais suaves representam áreas com relevo mais suave, com menores altitudes.

Figura 36- Mapa de declividade da FLONA, Altos-PI



Fonte: Lohana Abreu (2024).

A área da FLONA está em uma região alta, com um morrinho, apresentando grande parte de relevo plano, áreas com relevo suave ondulado, ondulado, forte ondulado e uma pequena porção de relevo montanhoso.

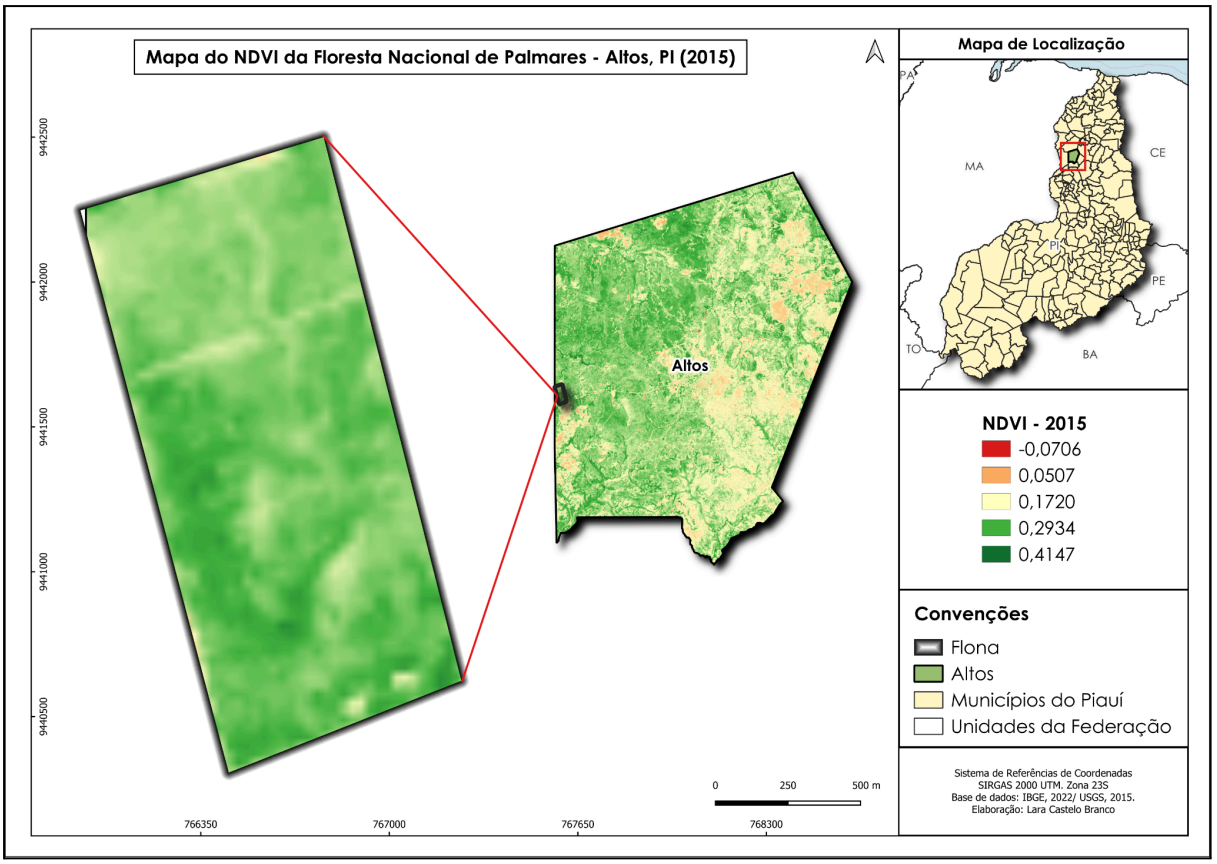
As áreas mais íngremes são compostas por Neossolos Litólicos, enquanto áreas de relevo ondulado são compostos por Latossolos Vermelhos e Plintossolos Pétricos, e áreas mais baixas e de relevo plano são compostas por Argissolos Vermelho-Amarelo.

É importante destacar que o relevo molda a paisagem e apresenta influência direta na formação dos solos, controlando a dinâmica dos fluxos de água na paisagem. O relevo plano apresenta maior capacidade de infiltração da água, gerando condições para a formação de

solos profundos. Em relação aos relevos inclinados, percebe-se um maior escoamento superficial da água, gerando processos erosivos e dificultando o processo de pedogênese, nessas áreas geralmente se formam solos rasos (Pereira *et al.*, 2019; Rodrigues, 2018).

Em áreas que apresentam relevo abaciado, naturalmente se acumula água da chuva ou água de regiões inclinadas, criando-se áreas de várzeas, formando solos encharcados. O tempo para a formação de um determinado tipo de solo vai depender do tipo de rocha, relevo e clima, em relevos inclinados, o tempo será maior do que para os solos que estão em áreas de relevo plano (Pereira *et al.*, 2019; Rodrigues, 2018).

Figura 37- Mapa do NDVI da FLONA, Altos-PI (2015)



Fonte: Autora (2025).

O sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação é essencial para a obtenção dos parâmetros biofísicos da vegetação, como, por exemplo, a biomassa ou índice de área foliar, sendo uma ferramenta amplamente utilizada para o monitoramento dos ecossistemas. A aplicação do sensoriamento remoto no estudo da vegetação nos leva a compreender as interações entre a radiação eletromagnética e toda a diversidade de tipos fisionômicos de

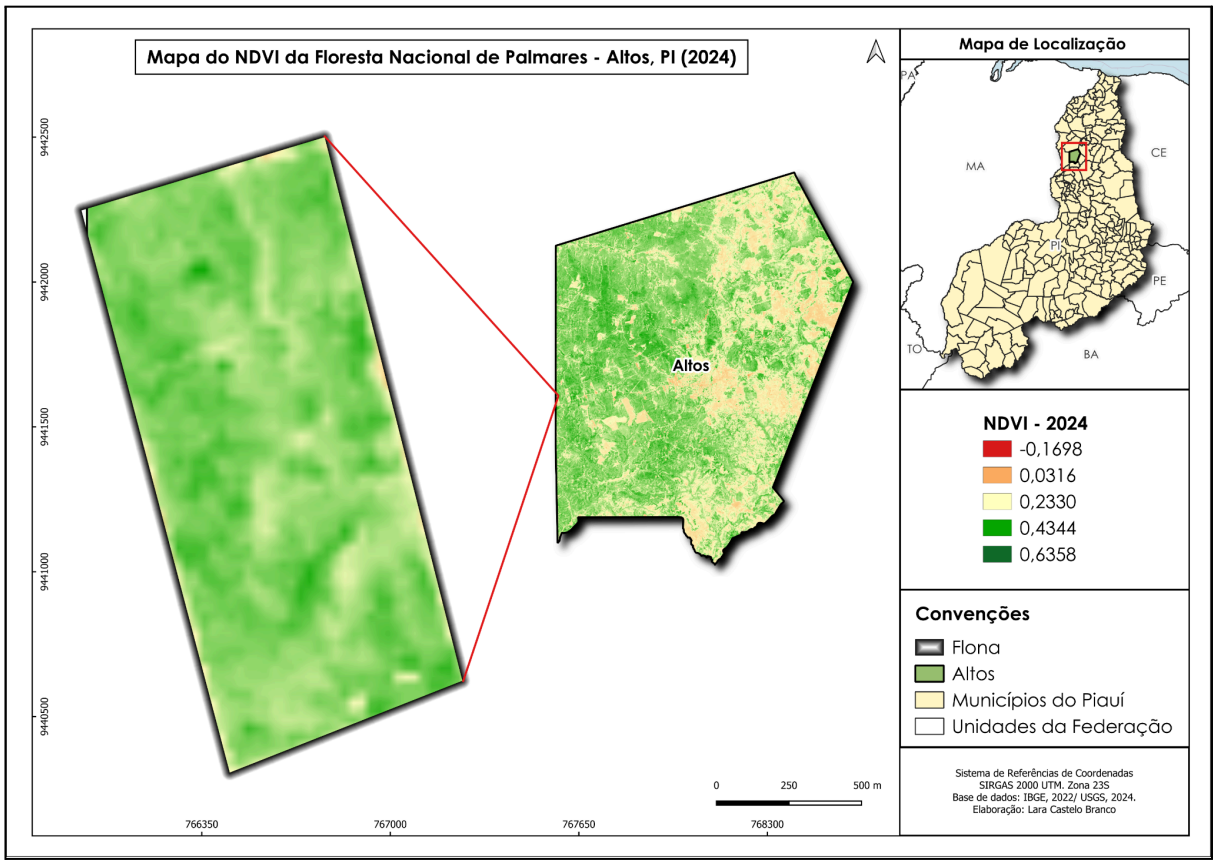
dosséis, desde florestas a culturas agrícolas e vegetação de porte herbáceo (Ponzoni; Shimabukuro; Kuplich, 2012).

Os índices de vegetação visam explorar o comportamento espectral da vegetação, principalmente em relação ao solo e nas regiões do visível e do infravermelho próximo. Estes índices reduzem os efeitos de iluminação de cena, declividade da superfície e geometria de aquisição, que vão influenciar diretamente nos valores de reflectância da vegetação (Barros; Farias;Marinho, 2020, Ponzoni; Shimabukuro; Kuplich, 2012).

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) é considerado uma ferramenta essencial para o monitoramento da vegetação, usado para a criação de perfis sazonais e temporais relacionados às atividades da vegetação, facilitando a comparação anual dos perfis. O NDVI facilita a análise da identificação de atividades sazonais e fenológicas, pico de verde, duração do período de crescimento, mudanças fisiológicas das folhas e a identificação de períodos de senescência, possibilitando assim verificar a saúde da vegetação (Ponzoni; Shimabukuro; Kuplich, 2012).

A FLONA possui uma rica diversidade de espécies. A estrutura vertical é bastante diversa, variando entre os cinco estratos: herbáceo/rasteiro, subarbustivo, arbustivo, arborescente e arbóreo (ICMBio, 2022). De acordo com os dados gerados do NDVI do ano de 2015, a FLONA está bem preservada, sua vegetação apresenta-se fotossinteticamente ativa, dificilmente achará solo exposto.

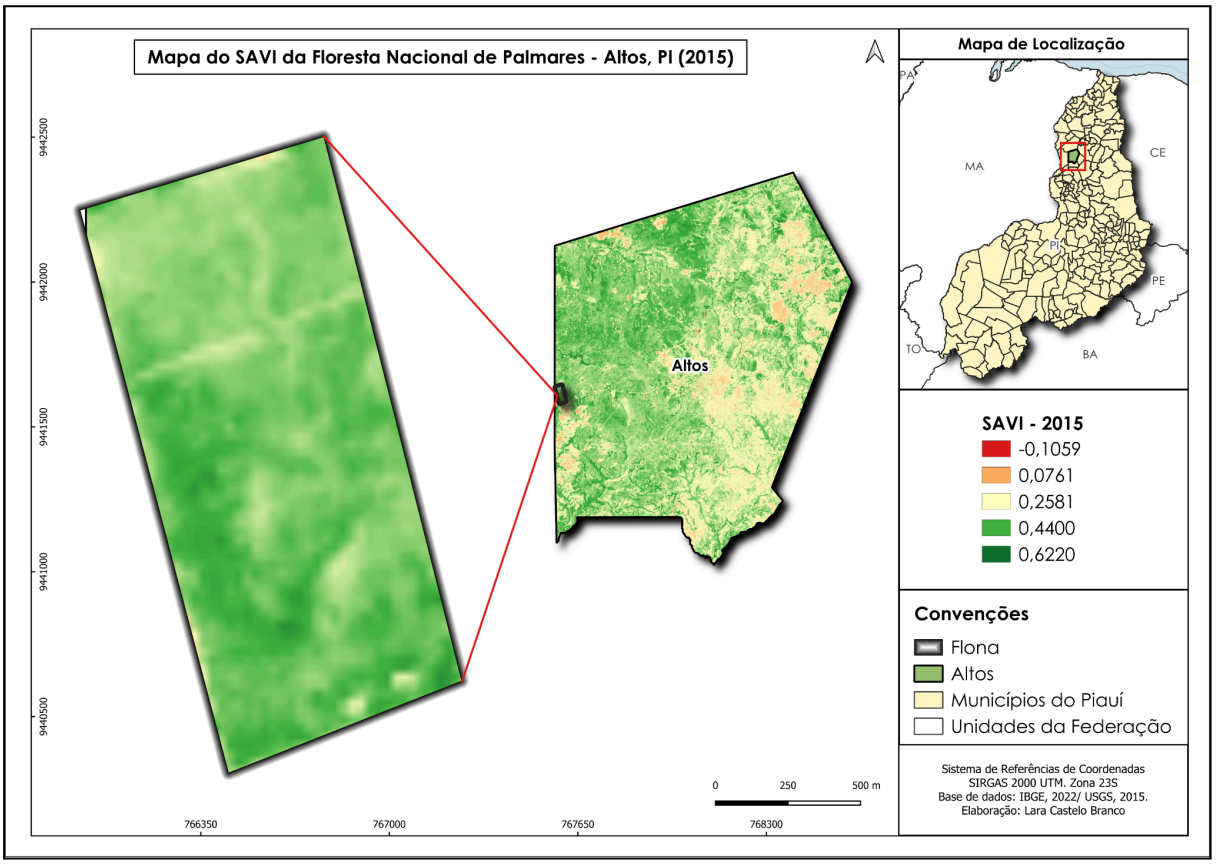
Figura 38- Mapa do NDVI da FLONA, Altos-PI (2024)



Fonte: Autora (2025).

Através das imagens de satélite, por meio da análise do NDVI dos anos 2015 e 2024, foi verificado que a FLONA está bem preservada, sua vegetação apresenta-se fotossinteticamente ativa, mesmo com a grande expansão urbana na região. Em relação aos resultados do NDVI dos respectivos anos, foi verificado um aumento nos valores do índice. Através deste comparativo, foi possível verificar a efetividade das ações de conservação da UC.

Figura 39- Mapa do SAVI da FLONA, Altos-PI (2015)



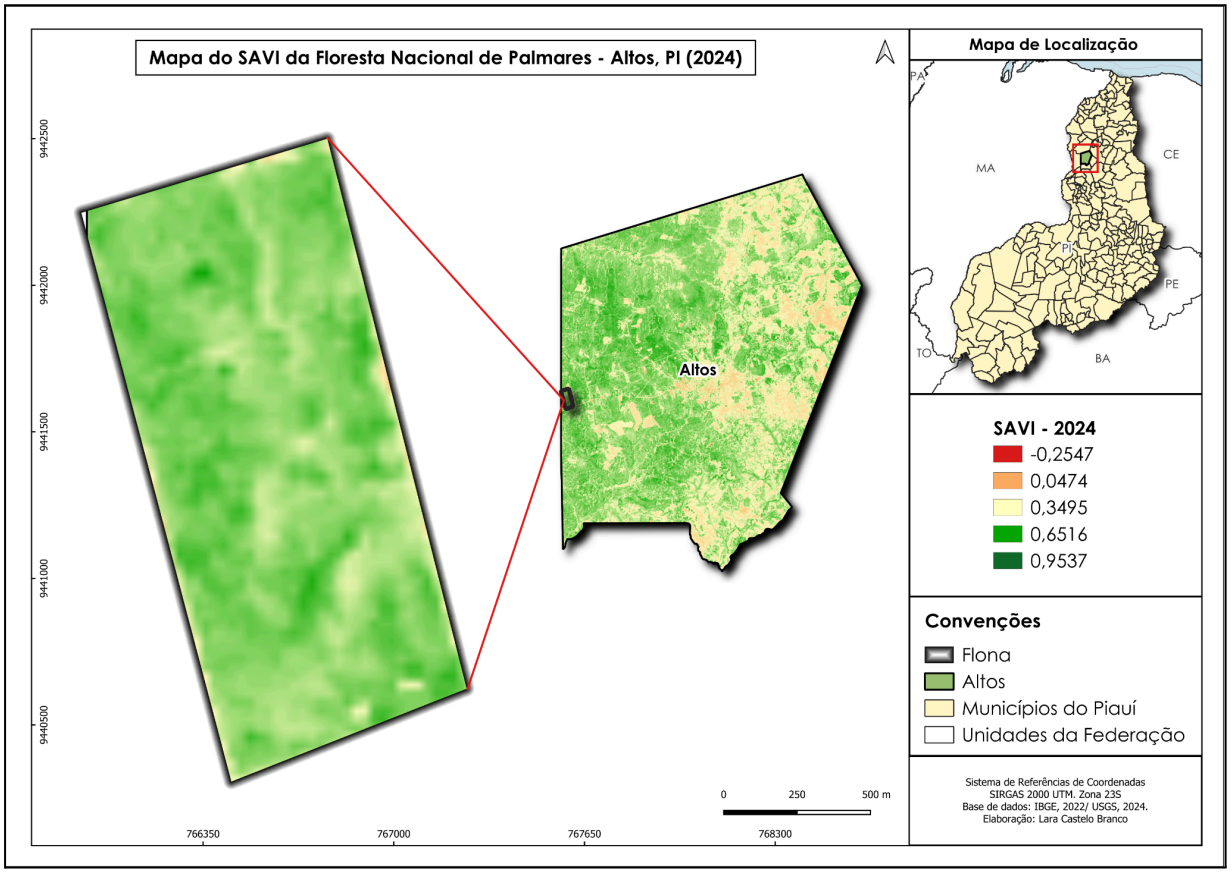
Fonte: Autora (2025).

O Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI) minimiza o efeito do solo no resultado final do índice. É importante destacar que o solo e suas características geram influência no espectro de radiação proveniente de dosséis vegetais esparsos, influenciando o cálculo dos índices de vegetação. O brilho do solo tem gerado um aumento nos valores dos índices SR (razão simples) e NDVI (Ponzoni; Shimabukuro; Kuplich, 2012).

No SAVI, a constante "L" reduz o efeito do solo no resultado final do índice. Ressalta-se que a sensibilidade dos índices de vegetação às características do solo é muito maior quando se trata de dosséis com níveis médios de cobertura vegetal. A constante "L" reduz significativamente o efeito que o solo causa, o "L" varia de 0 a 1. (Ponzoni; Shimabukuro; Kuplich, 2012).

De acordo com os dados gerados do SAVI do ano de 2015, a FLONA está bem preservada, sua vegetação apresenta-se fotossinteticamente ativa, dificilmente achará solo exposto.

Figura 40- Mapa do SAVI da FLONA, Altos-PI (2024)



Fonte: Autora (2025).

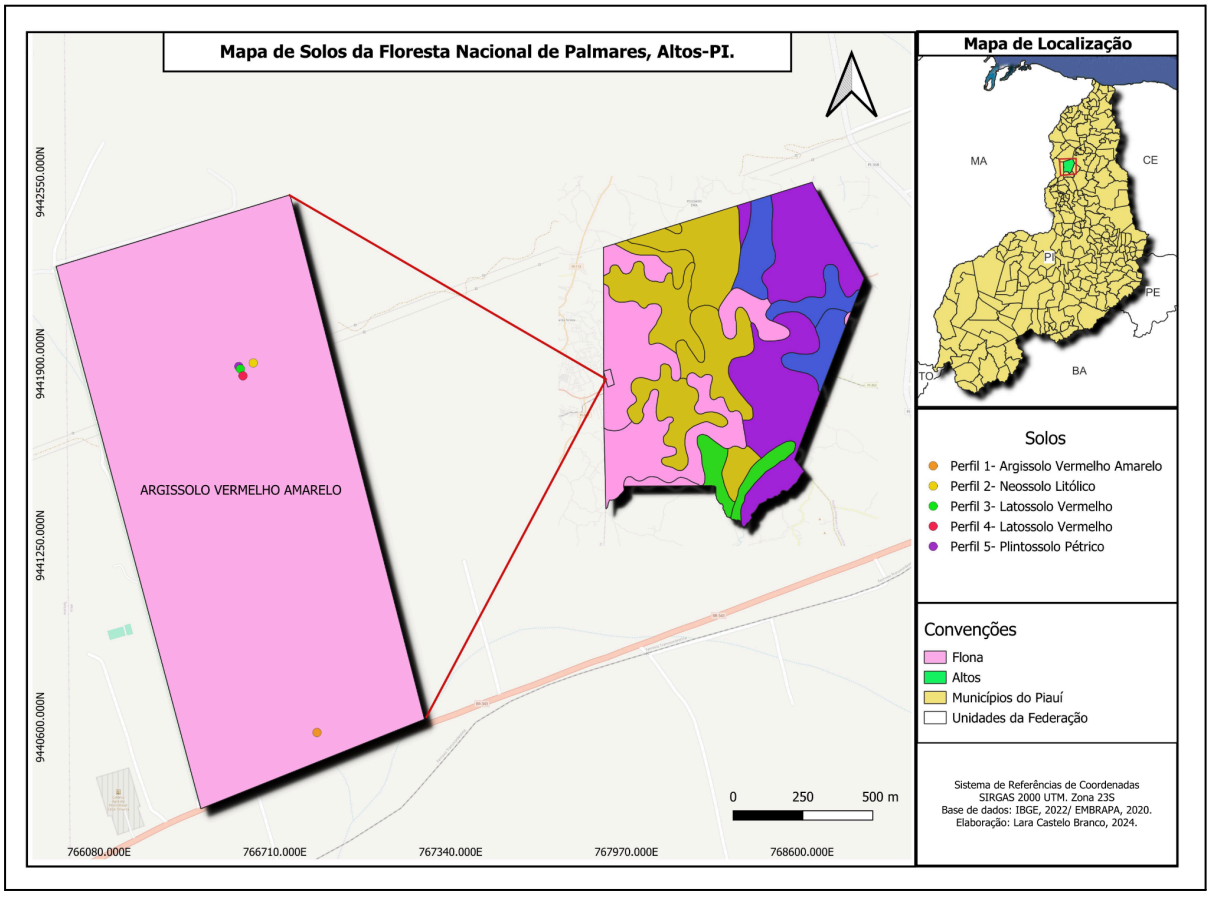
Em relação ao SAVI dos anos de 2015 e 2024, foi utilizado para a FLONA o valor de L= 0,5, indicado para densidades médias, onde se verificou que, mesmo com a correção do índice, a vegetação permanece preservada e fotossinteticamente ativa. Ressalta-se a importância da manutenção da floresta em pé para a conservação da biodiversidade local. Em relação aos resultados do SAVI dos respectivos anos, foi verificado um aumento nos valores do índice, através deste comparativo, foi possível verificar a efetividade das ações de conservação da UC.

O SAVI apresenta um grande diferencial devido ao seu potencial de minimizar o efeito do solo no resultado final do índice. Para o monitoramento da qualidade ambiental em unidades de conservação que estão amplamente sujeitas à degradação ou variações sazonais, o SAVI apresenta melhor desempenho por permitir uma melhor distinção entre vegetação e solo exposto, reduzindo de forma significativa a superestimação da biomassa vegetal.

De acordo com Macedo (2019), o SAVI é uma adaptação do NDVI, tornando-se diferente devido à constante L, que reduz o efeito do solo no processamento de imagens

digitais. O índice avalia tanto a atividade vegetacional como sua variação sazonal. Tanto o NDVI quanto o SAVI são índices que indicam a densidade e as condições da vegetação.

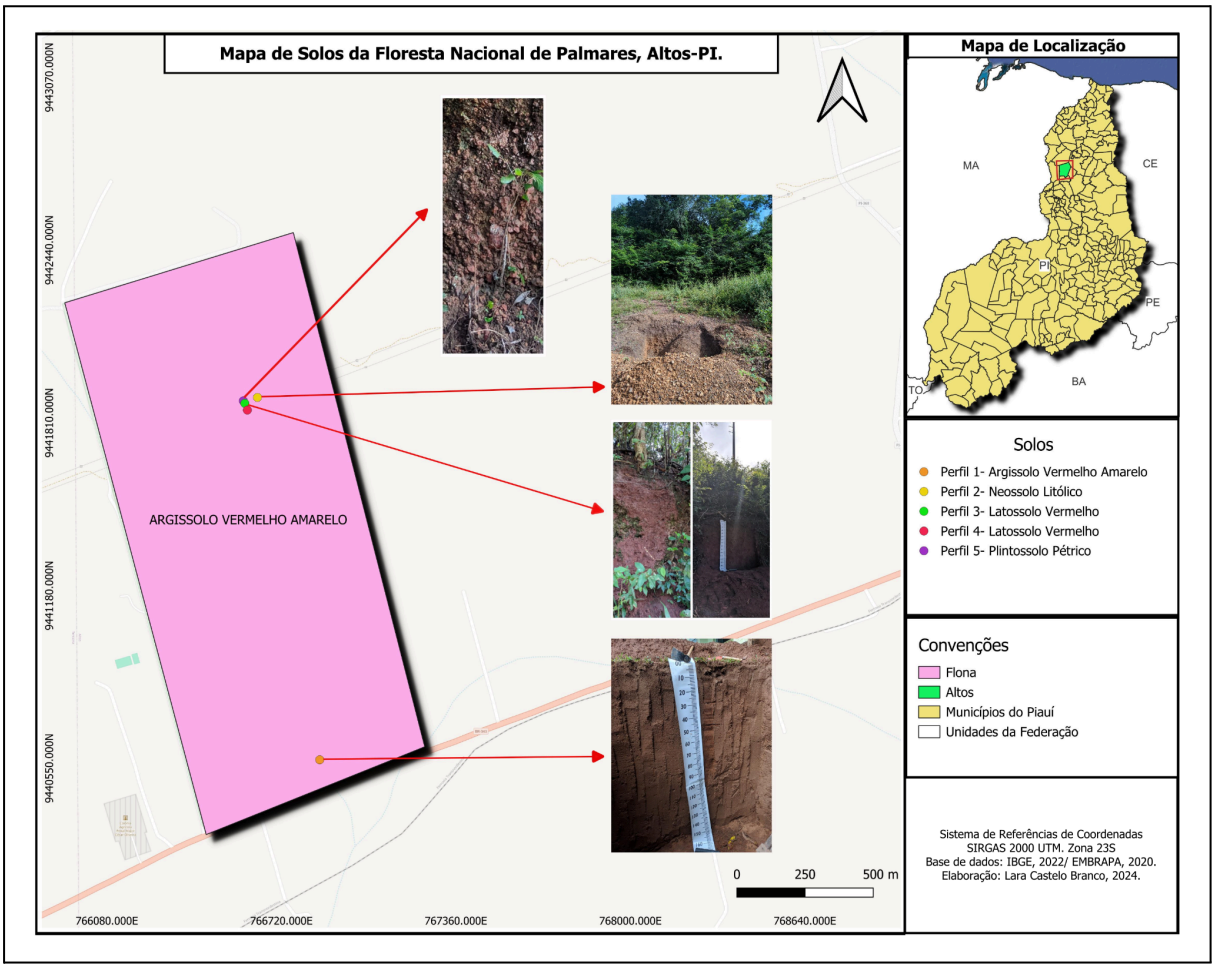
Figura 41- Mapa com a localização dos solos identificados na FLONA, Altos-PI



Fonte: Autora (2024).

Este mapa retrata a escala nacional feita pela Embrapa, traz uma visão global dos diversos solos existentes no município. Os solos do município de Altos são classificados, segundo a Embrapa, como: Latossolo Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo, Planossolo, Plintossolo Concrecionário e Neossolo. A Floresta Nacional de Palmares se enquadra na região de ocorrência de Argissolo Vermelho-Amarelo conforme classificação feita pela Embrapa.

Figura 42- Mapa com o detalhamento dos solos identificados na FLONA, Altos-PI



Fonte: Autora (2024).

Este mapa representa um detalhamento dos solos existentes na FLONA. A escolha dos pontos para a classificação do solo teve como base o componente ambiental relevo, onde os pontos escolhidos para a análise foram áreas com relevo plano, uma porção superior do terreno, também de característica plana a suave ondulada, e outra área com relevo ondulado, possibilitando a classificação em quatro tipos de solos principais, Argissolo Vermelho-Amarelo, localizado em área de relevo plano, Neossolo, em área mais íngreme de característica plana a suave ondulada, e, nas áreas de encostas, Latossolos Vermelhos e Plintossolo Pétrico, em área de relevo ondulado. É importante destacar a relevância do estudo, pois possibilitou a identificação exata dos principais solos existentes na FLONA.

9.7 RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM

A relação solo-paisagem permite compreender os atributos do relevo e os tipos de solos que ocorrem nas paisagens. A paisagem é formada pelas feições da superfície terrestre e seus componentes localizados na subsuperfície, onde o solo é considerado um corpo natural complexo, que sofre transformações ao longo do tempo, composto por matéria orgânica viva, é meio natural para o crescimento das plantas, passa por modificações antrópicas e está inserido na paisagem (Campos, 2012; IBGE, 2015).

Para Pereira *et al.* (2019), o relevo molda a paisagem e apresenta influência direta na formação dos solos, controla a dinâmica dos fluxos de água na paisagem, e os tipos de relevo definem o tempo de exposição dos materiais de origem, influenciando de forma direta na intensidade e direção do fluxo de água no perfil do solo, realizando a regulação das variações dos processos pedogenéticos. É essencial o estudo das diferentes paisagens e suas formas para o levantamento pedológico (Pereira *et al.,* 2019; Campos, 2012).

Para a compreensão da relação solo-paisagem, é necessário entender os conceitos sobre as feições da paisagem representadas pelas formas do relevo, unidades de vertentes e curvatura do terreno, que se tornam essenciais para o estudo da gênese, para o levantamento e classificação dos solos. As variações dos atributos do solo estão diretamente associadas à posição do solo na paisagem e influenciados pelos processos de drenagem, dos processos erosivos e de deposição (Campos, 2012; Meireles *et al.*, 2012).

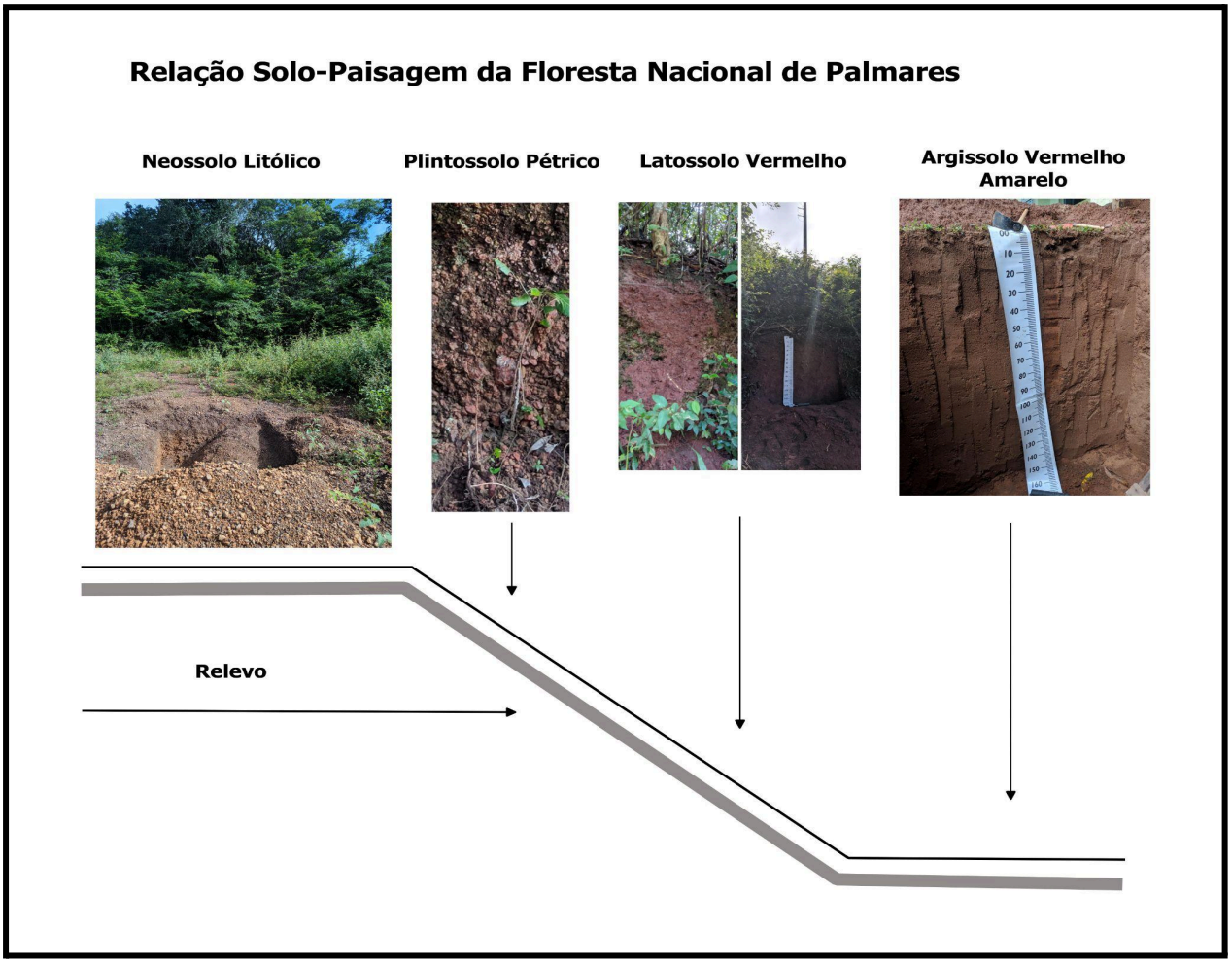
Santos *et al.* (2015) definem que o relevo é um dos fatores de formação dos solos. Compreender as informações sobre o relevo de um determinado local na paisagem traz informações relevantes do ponto de vista genético, que está intimamente ligado à compreensão dos processos erosivos, rejuvenescimento do solo, acúmulo de água e restrições de drenagem para fins de conservação.

Para Oliveira (2011), o relevo está associado às formas do terreno, que são componentes da paisagem, influenciando diretamente no clima do solo e do fluxo da água, tanto externo quanto no interior do solo. Em relação ao clima do solo, o relevo influencia diretamente por meio da incidência diferenciada da radiação solar, conforme a inclinação e a posição das vertentes, e da diminuição da temperatura com o aumento da altitude, de forma indireta sobre os seres vivos, principalmente sobre os tipos de vegetações naturais, que são dependentes do clima local.

De acordo com Oliveira (2011), a topografia é o principal elemento do relevo que influencia no processo de formação dos solos. Ela atua diretamente sobre a quantidade de

água que escorre na superfície ou que penetra no solo, influenciando os dois fenômenos de modelagem da paisagem: rejuvenescimento, e transporte e acúmulo de sedimentos, ocorrendo em todas as escalas da paisagem. O levantamento pedológico da FLONA foi baseado na relação solo-paisagem, onde o relevo foi um fator fundamental para a identificação de diferentes tipos de solo encontrados na paisagem, fortalecendo o estudo da gênese e classificação dos solos.

Figura 43-Relação Solo-Paisagem da Floresta Nacional de Palmares



Fonte: Autora (2024).

10 CONCLUSÕES

As unidades de conservação são fundamentais para a manutenção da biodiversidade. O estudo sobre os solos é essencial para a manutenção da biodiversidade, pois o solo desempenha vários serviços ambientais. A variabilidade dos solos depende diretamente da intensidade das interações dos diferentes fatores que originam os processos pedogenéticos.

O diagnóstico pedológico realizado na unidade de conservação Floresta Nacional de Palmares possibilitou classificar os principais tipos de solos em: Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo, Neossolo Litólico e Plintossolo Pétrico. Para cada tipo de solo estudado existem níveis de vulnerabilidades: a vulnerabilidade do Latossolo Vermelho corresponde a 1,0, típico de unidades de paisagem natural estáveis, a vulnerabilidade do Argissolo Vermelho-Amarelo corresponde a 2,0, típico de unidades de paisagem natural intermediárias, a vulnerabilidade do Neossolo Litólico e Plintossolo Pétrico correspondem a 3,0, típico de unidades de paisagem natural vulneráveis. Estes solos apresentam diferentes níveis de fertilidade e estabilidade.

A FLONA está bem preservada, sua vegetação apresenta-se saudável e fotossinteticamente ativa. Os solos encontrados na UC apresentam características de solos típicos de ambientes tropicais. Entende-se a importância da manutenção e conservação do carbono nesses ambientes, por meio da manutenção da floresta em pé, para a continuidade da disponibilidade dos nutrientes para o solo, utilizando como base de estudo a relação solo-paisagem, onde o relevo foi um fator fundamental para a identificação de diferentes tipos de solo encontrados na paisagem, fortalecendo o estudo da gênese e classificação dos solos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A.S.F. de.; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. **Bioscience Journal**. Vol. 23, 2007. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6684 Acesso em: 01 de dez. de 2024.

ANDRADE, L.S. de.; NOGUEIRA, A.C.R. A Origem das “Pedras de Fogo" no Estado do Piauí. **Revista da Academia de Ciências do Piauí**, Volume 3, 2022. Disponível em: https://periodicos.ufpi.br/index.php/acipi/article/view/1743/1575 Acesso em: 01 de dez. de 2024.

ARAÚJO, E. A. de. *et al*. Qualidade do Solo: Conceitos, Indicadores e Avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, PR, v.5, 2012. Disponível em: https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/download/1658/1685 Acesso em: 01 de dez. de 2024.

ANA, Catálogo de Metadados da ANA: Curvas de Nível, 2010. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/0e21c03b-fd46-4c9a-9a39-2537ac347214 Acesso em: 01 de dez. de 2024.

CREPANI, E. *et al*. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. São José dos Campos, 2001. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/laf/sap/artigos/CrepaneEtAl.pdf Acesso em: 01 de dez. de 2024.

CREPANI, E. *et al*. Uso de Sensoriamento Remoto no Zoneamento Ecológico-Econômico. VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Salvador. INPE, 1996. Disponível em: http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.04.10.54/doc/T206.pdf Acesso em: 05 de dez. de 2024.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil, Mapa Geológico do Estado do Piauí, 2006. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/2923 Acesso em: 06 de nov. de 2022.

BRASIL, Lei de n°9.985 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm Acesso em: 06 de nov. de 2022.

BARBOSA, L. G. Análise de sistemas em Biogeografia: estudo diagnóstico da cobertura vegetal da Floresta Nacional de Palmares, Altos, Piauí/Brasil. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente: SP:UNESP, 2015. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/entities/publication/693fa475-d5ad-4a5e-931e-3e2fa1f881aa Acesso em: 06 de dez. de 2024.

BARBOSA, L. G. Análise da Variação da Vegetação na Paisagem Baseada nos Princípios da Geologia e na Cartografia de Paisagens: estudo de caso em Altos, Nazária e Teresina (Estado do Piauí, Brasil). Dissertação (mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente: SP:UNESP, 2020. Disponível em:

https://repositorio.unesp.br/entities/publication/ed3aa914-dce0-48e7-8e13-53753f904c8e Acesso em: 06 de dez. de 2024.

BALDOTTO, M.A. *et al*. Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rceres/a/hqdqfpxshLGSZdyGGLzfsmg/?lang=pt Acesso em: 06 de dez. de 2024.

COSTA O. V. *et al*. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/PQGg5GFCXkJ489jLmbFkcRj/?lang=pt Acesso em: 06 de dez. de 2024.

CAMPOS, M.C.C. Relações solo-paisagem: conceitos, evolução e aplicações. **Revista Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**. v.8, Guarapuava, PR, 2012. Disponível em: https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/1290/ Acesso em: 06 de dez. de 2024.

DENARDIN, R.B.N. *et al*. Estoque de Carbono no Solo sob Diferentes Formações Florestais, Chapecó–SC. **Revista Ciência Florestal,** v. 24, 2014 Disponível em: https://www.scielo.br/j/cflo/a/HSf7n5KjJ49pHtjkC58WQSL/abstract/?lang=pt Acesso em: 06 de dez. de 2024.

EMBRAPA, Artigo: Por que o solo é tão importante quanto a água e o ar?, 2020. Disponível em:https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/57867457/artigo-por-que-o-solo-e-tao-importante-quanto-a-agua-e-o-ar Acesso em: 06 de nov. de 2022.

EMBRAPA, Bioma Caatinga: Argissolos, 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/solos/argissolos Acesso em: 22 de nov. de 2024.

EMBRAPA, Manual de Métodos de Análise de Solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. edição. Rio de Janeiro, 1997.

EMBRAPA, Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª edição. Brasília, DF, 2018.

EMBRAPA, O solo é vivo e responsável pelos serviços ecossistêmicos necessários à vida, 2017. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/23945400/o-solo-e-vivo-e-responsavel-pelos-servicos-ecossistemicos-necessarios-a-vida Acesso em: 05 de nov. de 2022.

FILHO, J.C. de. A. Solos Sustentáveis para a Agricultura no Nordeste. Brasília, DF: EMBRAPA, 2021.

Food and Agriculture Organization-FAO, Funções do solo, 2015. Disponível em: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/eaecf793-d0cb-4ac4-a4fc-b98dbe0065f0/content Acesso em 12 de out. de 2024.

HUNGRIA, M. *et al*. Qualidade do solo. Londrina: Embrapa Soja, 2013. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/970048/qualidade-do-solo Acesso em 12 de out. de 2024.

ICMBIO, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Plano de manejo da floresta nacional de palmares, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/caatinga/lista-de-ucs/flona-de-palmares/arquivos/pm_flona_palmares_2022.pdf Acesso em: 05 de set. de 2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Pedologia. 3ª edição. Rio de Janeiro, 2015.

LEPSCH, I.F. Formação e Conservação dos Solos. 2ª edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LEPSCH, I.F. 19 Lições de Pedologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LIER. Q. de. J.V. Física do Solo. 1ª edição. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010.

LIMA, W. de. P. A Água do Solo e o Crescimento da Floresta. Circular Técnica 59. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1979.

MEA, Ecossistemas e o Bem-estar Humano: Estrutura para uma Avaliação, World Resources Institute, 2005. Disponível em: https://www.millenniumassessment.org/en/Framework.html Acesso em 15 de nov. de 2024.

MEIRELES, H.T. *et al*. Relações Solo-Paisagem em Topossequência de Origem Basáltica. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical (PAT)**, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pat/a/3zZPLTgMcn8XtYZSzNymsJt/ Acesso em: 10 de dez. de 2024

MACEDO, C.E.S. Estimativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI na Unidade de Conservação do Parque Estadual das Carnaúbas-CE com utilização de técnicas do sensoriamento remoto. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental- UFC, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/45709 Acesso em: 10 de nov. de 2024

MARTINS, E. de. S. *et al*. Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos do Parque Nacional da Serra dos Órgãos- Parnaso, Rio de Janeiro, Escala 1:100.000. Planaltina–DF: Embrapa Cerrados, 2008. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/571870/1/bolpd209.pdf Acesso em: 10 de nov. de 2024

MUNSELL SOIL COLOR COMPANY, Munsell soil color chats, Munsell color, Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, Baltimore, Maryland, USA. 1950, revised 1975.

NETO, F.F.M.; FERREIRA, C.S dos. S.;CHIG, L.A. Ciência do Solo: Classificação, Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

NETO, J. F. da. C. Elaboração de mapas de vulnerabilidade natural à erosão como subsídio ao zoneamento ambiental em bacias hidrográficas com o uso de geoprocessamento. **Revista Brasileira de Espeleologia - RBE**, v. 1, n. 1, 2010. Disponível em: https://revistaeletronica.icmbio.gov.br/index.php/RBEsp/article/download/72/66/303 Acesso em: 10 de nov. de 2024

OLIVEIRA, J.B.de. Pedologia Aplicada. 4ª edição. Piracicaba: FEALQ, 2011.

OLIVEIRA, E.S.; REATTO, A.; ROIG, H.L. Estoques de Carbono do Solo Segundo os Componentes da Paisagem. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 32, 2015. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1036784/1/Estoquesdecarbonodosolo.pdf Acesso em: 15 de nov. de 2024.

OBERREICH, M. et al. The Research Gap between Soil Biodiversity and Soil-Related Cultural Ecosystem Services. **Soil Systems**, Volume 8, 2024. Disponível em: https://www.mdpi.com/2571-8789/8/3/97 Acesso em: 15 de nov. de 2024.

PREZOTTI, L.C.; MARTINS, A.G. Guia de interpretações de Análise de Solo e Foliar. Vitória–ES: Incaper, 2013. Disponível em: https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/40/1/Guia-interpretacao-analise-solo.pdf Acesso em: 15 de nov. de 2024.

PARRON, L.M *et al.* Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica, Brasília, DF, Embrapa, 2015. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1024082/1/LivroServicosAmbientaisEmbrapa.pdf Acesso em: 08 de nov. de 2024.

PFALTZGRAFF, P.A. dos. S.;TORRES. F.S. de. M; BRANDÃO, R.de. L. Geodiversidade do Estado do Piauí. Recife: CPRM, 2010. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/16772 Acesso em: 08 de nov. de 2024.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y.E; KUPLICH, T.M. Sensoriamento Remoto da Vegetação. 2ª edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

PEREIRA, M.G. *et al*. Formação, classificação e cartografia dos solos. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1112549/formacao-e-caracterizacao-desolos#:~:text=A%20caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20dos%20atributos%20morfol%C3%B3gico,infer%C3%AAncias%20sobre%20o%20melhor%20manejo Acesso em: 05 de set. de 2022.

PEREIRA, M.G. *et al*. Práticas de Morfologia e Física do Solo. Seropédica: Ed. da UFRRJ, 2020.

RODRIGUES, R.A.S. Ciência do Solo: Morfologia e Gênese. Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

RODRIGUES, D.L. FARIA, K.M.S. De. Unidades de Conservação de uso sustentável regulam o uso do solo? O caso da APA das nascentes do rio vermelho(GO). Simpósio

Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Fortaleza, CE, 2019. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/365/o/Dayane-Karla.pdf Acesso em: 05 de set. de 2023.

RODRIGUES, A. M *et al*. Qualidade do solo em unidades de conservação: parque estadual da serra do mar e parque nacional da serra de bocaina, xxxv Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015. Disponível em: https://eventossolos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/1587.pdf Acesso em: 08 de out. de 2024.

RONQUIM, C.C. Conceitos de Fertilidade do Solo e Manejo Adequado para as Regiões Tropicais. Embrapa Monitoramento por Satélite. Campinas–SP, 2010. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/882598/1/BPD8.pdf Acesso em: 09 de out. de 2024.

SOUSA, G.A. de *et al*. Plano emergencial da Floresta Nacional dos Palmares, 2018.

SANTOS, H.G Dos *et al*. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 5ª edição, Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, R.D. dos. et al. Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. 7ª edição. Viçosa–MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

SANTOS, P.R.C.dos; DAIBERT, J.D. Análise dos Solos: Formação, Classificação e Conservação do Meio Ambiente. 1ª edição. São Paulo: Érica, 2014.

SANTOS, M. E. C. M.; CARVALHO, M. S. S. de. Paleontologia das Bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís. Rio de Janeiro: CPRM – DIEDIG/DEPAT, 2004. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/448 Acesso em: 09 de nov. de 2024.

SCHROEDER, D. Solos: Fatos e Conceitos. Edição em português, International Potash Institute (IPI). Suíça, 2017. Disponível em: https://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Solos-Fatos-e-Conceitos-final-final-1-1.pdf Acesso em: 11 de nov. de 2024.

SILVA, M. de. O. *et al*. Chemical and Physical Indicators of Soil Quality. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, volume 6, 2020. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/13360/11223 Acesso em: 12 de nov. de 2024.

SILVA, F. C. da. Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. 2. edição. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SILVA, S.B. e. Análise de Solo para Ciências Agrárias. 2 ª edição. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/609/1/AN%c3%81LISE%20DE%20SOLO%20PARA%20CI%c3%8aNCIAS%20AGR%c3%81RIAS.o.pdf Acesso em: 12 de nov. de 2024.

TEIXEIRA, P.C. *et al*. Manual de Métodos de Análise de Solo. 3ª edição. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

TURETTA, A.P.D; CASTRO, S.S. DE; POLIDORO, J.C. Solos, Sustentabilidade e Provisão de Serviços Ecossistêmicos, Embrapa, 2017. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/167332/1/2017-040.pdf Acesso em: 05 de nov. de 2022.

TORRES, F.S. Conservação e uso do solo. Indaial: Uniasselvi, 2011.

VEZZANI, F.M. Solos e os Serviços Ecossistêmicos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, V.08, 2015. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/d22d/d394245b62cec4631916c3ef95d5e958cc1b.pdf Acesso em: 05 de nov. de 2023.

APÊNDICE A- FICHA PARA COLETA DE DADOS

Instituto Federal do Piauí
Campus Teresina Central
Departamento de Informação, Ambiente, Saúde e Produção Alimentícia
Curso Superior em Tecnologia em Gestão Ambiental
Pesquisa de TCC: Classificação pedológica e análise ambiental da Floresta Nacional de Palmares
Orientadora: Bruna de Freitas Iwata
Coorientador: Luis Alfredo Pinheiro Leal Nunes
Orientanda: Lara Castelo Branco Moura

GRUPO DE PESQUISA
Edáficos do Nordeste: GEP em Conservação de Solos, Águas e Florestas do Nordeste

FICHA PARA COLETA DE DADOS

Data:_____**País:**_____**Estado:**_____**Município:**_____
Localidade:_____**lat.:**_____
long.:_____**altitude:**_____
unidade de conservação:_____

Relevo:
Plano ( ) Suave ondulado ( ) Ondulado ( ) Forte Ondulado ( ) Montanhoso ( )
Forte Montanhoso ( ) OBS:_____

Cobertura Vegetal:
Herbáceo/ rasteiro ( ) Subarbustivo ( ) Arbustivo ( ) Arborescente e arbóreo ( )
OBS:_____

Drenagem:
Região alagadiça ( ) Região desidratada ( )
OBS:_____

Dissecação do terreno:
Existe acúmulo de água ( ) Não há acúmulo de água ( )
OBS:_____

OBS.:_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____