



**INSTITUTO
FEDERAL**
Piauí

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

NAÍDE DE LUCAS DA SILVA NETA

**QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE
DEGRADAÇÃO NA APP DO RIACHO ITARARÉ TERESINA, PIAUÍ**

**TERESINA
2025**

NAÍDE DE LUCAS DA SILVA NETA

QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO
NA APP DO RIACHO ITARARÉ TERESINA, PIAUÍ

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: Prof.^a Dr.^a Bruna de Freitas Iwata.

TERESINA

2025

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

Silva Neta, Naíde de Lucas da

S586q Qualidade do solo em áreas sob diferentes níveis de degradação na APP do Riacho Itararé Teresina, Piauí / Naíde de Lucas da Silva Neta. - 2025. 117 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central, 2025.

Orientador : Prof Dr. Jovan Marques Lara Júnior.

1. Qualidade de solo. 2. Área de preservação permanente. 3. Impactos ambientais. 4. Serviços ecossistêmicos. I.Título.

CDD - 577

Elaborado por Maria Rosismar Farias CRB 3/631

NAÍDE DE LUCAS DA SILVA NETA

QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO
NA APP DO RIACHO ITARARÉ TERESINA, PIAUÍ

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: 29/01/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jovan Marques Lara Júnior (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Me. Wesley Maycon Neris Batista
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Regis dos Santos Braz
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho aos meus pais,
amigos e familiares.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela sabedoria, paciência e força para superar os obstáculos e atingir meu objetivo final.

Aos meus pais, Luíz Antônio Barroso Lopes e Jecicleide de Sousa Silva, e meu namorado, Jefson Moraes Ribeiro, que sempre acreditaram em mim e deram todo o apoio necessário para que eu chegasse até aqui, vocês são minha base e minha inspiração.

Aos meus familiares, em especial as minhas avós, Naíde Lucas de Sousa Silva e Luzia Barroso Lopes, que me deram tanto amor e cuidado em toda a minha vida. Vocês são o meu início e a vocês devo todo meu respeito e admiração.

A minha sobrinha e afilhada Mellynda, que é luz na nossa vida e me trouxe a vontade de criar um mundo melhor em que você possa crescer saudável e feliz.

Aos meus amigos da instituição pelos momentos felizes e tristes compartilhados, pelas trocas de conhecimento e conversas inspiradoras. Agradeço em especial aos meus amigos Dionata, Camilly, João e Lara obrigada por todas as risadas, cumplicidade, amizade e força em toda essa jornada, vocês são parte importante da minha história. As minhas amigas Nivea e Mayra pela total confiança em todo o meu sucesso, vocês nunca duvidaram nem por um segundo, o apoio e amor de vocês foram imprescindíveis na minha jornada. Aos meus amigos de longa data Kelvin, Samyly, Samíria, Mariana e Nycoly, que, em toda a minha vida, torceram pelo meu sucesso.

Agradeço a Lorraine Cavalcante, colega de trabalho e amiga que sempre me incentivou e deu suporte para que este trabalho pudesse ser realizado.

Agradeço a todos os professores e servidores do IFPI do Campus Teresina Central, por todo o conhecimento transmitido que contribuiu para a minha formação, em especial a professora Bruna Iwata, a quem tenho profunda admiração e que sempre exigiu o que ela sempre soube que eu era capaz de realizar, obrigada pela confiança e ensinamentos valiosos.

Agradeço a Secretaria de Meio Ambiente de Teresina pelo suporte técnico para a realização das coletas.

Agradeço ao Instituto Federal do Piauí Campus Teresina central pela estrutura, ambiente de estudo propício e pelas ferramentas de trabalho necessárias para a minha formação.

Saber muito não lhe torna inteligente. A inteligência se traduz na forma como você recolhe, julga, maneja e sobretudo, onde e como você aplica essa informação.

Carl Edward Sagan

RESUMO

A cidade de Teresina, localizada no nordeste brasileiro, se estabeleceu e cresceu em uma área entre dois grandes rios, Poti e Parnaíba. Além deles a cidade possui inúmeros riachos, lagoas e outros corpos hídricos que estão ameaçados pela expansão urbana. As áreas de preservação permanente (APP) são um espaço constantemente ameaçado pela expansão urbana e no caso da APP do Riacho Itararé, objeto de estudo deste trabalho, é possível observar já impactos ao longo do seu percurso pela modificação do uso e ocupação do solo nas suas margens. Uma das principais ameaças a essas áreas de proteção é o contante avanço imobiliário que ocupa e modifica essas áreas descaracterizando-as. Este trabalho então buscou investigar os impactos causados no solo da APP do riacho em diferentes níveis de impacto. O trabalho levanta a pauta da necessidade do restabelecimento da qualidade ambiental dessa área para evitar problemas como inundações, assoreamento, desmatamento e perda da biodiversidade. Também procura, ao identificar como anda a qualidade do solo dessas áreas, apontar medidas para a melhoria da área com base nos resultados obtidos pela análise do solo. Em análise das características ambientais foi possível observar que em várias áreas sofrem com invasão da APP, despejo inadequado de resíduos sólidos, queimadas e perda da vegetação. Esses impactos repercutem na qualidade do solo sendo mostrado pelo resultado da análise física e química, mostrando perda de matéria orgânica, baixa nas bases trocáveis (Ca, Mg, K) e acidificação do solo. Com isso podemos concluir que são necessárias medidas de correção em alguns pontos para a melhoria da qualidade do solo e reestabelecimento das funções ambientais da área.

Palavras-chave: qualidade do solo; área de preservação permanente; impactos ambientais; serviços ecossistêmicos; uso e ocupação do solo.

ABSTRACT

The city of Teresina, located in northeastern Brazil, was established and grew in an area between two large rivers, Poti and Parnaíba. In addition to them, the city has numerous streams, lagoons, and other water bodies that are threatened by urban expansion. Permanent Preservation Areas (APPs) are a space constantly threatened by urban expansion, and in the case of the Riacho Itararé APP, the subject of this study, impacts can already be observed along its course due to the modification of land use and occupation on its banks. One of the main threats to these protected areas is the constant advance of real estate that occupies and modifies these areas, changing their character. This work therefore sought to investigate the impacts caused on the soil of the stream's APP at different levels of impact. The work raises the issue of the need to restore the environmental quality of this area to avoid problems such as floods, sedimentation, deforestation, and loss of biodiversity. It also seeks, by identifying the current quality of the soil in these areas, to point out measures to improve the area based on the results obtained from the soil analysis. In analyzing the environmental characteristics, it was possible to observe that several areas suffer from invasion of the APP, improper disposal of solid waste, fires, and loss of vegetation. These impacts are reflected in the quality of the soil, as shown by the results of physical and chemical analysis, showing a loss of organic matter, low levels of exchangeable bases (Ca, Mg, K), and soil acidification. From this, we can conclude that corrective measures are necessary in some points to improve soil quality and restore the environmental functions of the area.

Keywords: soil quality; permanent preservation area; environmental impacts; ecosystem services; land use and land cover.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Delimitações de APP segundo o código Florestal Brasileiro	20
Figura 2 - Processo de formação do solo	23
Figura 3 - Funções do solo	28
Figura 4 - Fluxograma das etapas da pesquisa	29
Figura 5 - Área do Riacho Itararé, Teresina-PI	30
Figura 6 - Presença de solo Hidromórfico no Riacho Itararé	34
Figura 7 - Tipos de solo das áreas de coleta	34
Figura 8 - Localização das áreas de coleta dentro da Sub-bacia PD11	35
Figura 9 - Material utilizado para coleta de solo	36
Figura 10 - Coleta de densidade do solo	38
Figura 11 - Análise de densidade	39
Figura 12 - Coleta de solo simples	40
Figura 13 - Análise de MOP	40
Figura 14 - Material para coleta da serrapilheira	41
Figura 15 - Análise de serrapilheira	42
Figura 16 - Área de vegetação nativa da área 01 no período seco	43
Figura 17 - Obra de drenagem em trecho do riacho na área 01 no período seco (A) e no período chuvoso (B)	43
Figura 18 - Canal do riacho na área 01 no período seco (A) e no período chuvoso (B)	44
Figura 19 - Contêiner de coleta de resíduos na APP do riacho	45
Figura 20 - Grande quantidade de resíduos na área 02 no período seco (A) e no período chuvoso(B)	45
Figura 21 – Foco (A) e vestígios (B) de queimada na APP na área 02 ..	46
Figura 22 - Escavadeiras fazendo a raspagem do solo para retirada de resíduos na área 02	46
Figura 23 - Área 02 inundada e coberta por vegetação invasora	47
Figura 24 - Casas invadindo a área de APP na área 03	48
Figura 25 - Resíduos de construção civil na área 03	48
Figura 26 - Soterramento da área de vereda no ponto 03	49
Figura 27 - Canal do riacho na área 03 no período seco (A) e no período chuvoso (B)	49

Figura 28 - Oficina ilegal na APP na área 03.....	50
Figura 29 - Riacho Itararé na área 04 no período seco (A) e no período chuvoso (B)	51
Figura 30 - Vegetação nativa na área 04.....	51
Figura 31 - Palmeiras na área 04	52
Figura 32 - Canal de efluente doméstico no ponto 04	52
Figura 33 - Efluentes domésticos sendo despejados na área 05	53
Figura 34 - Resíduos químicos de efluentes domésticos na área 05	54
Figura 35 - Resíduos sólidos na área 05.....	54
Figura 36 - Expansão imobiliária na área de APP no ponto 05	55
Figura 37 - Vegetação da área 05 no período chuvoso.....	55
Figura 38 - Área do terceiro ponto inundada (A) e seca (B) no ponto 05 no período chuvoso	56
Figura 39 - Vegetação no ponto 06	57
Figura 40 - Efluente sendo despejado na APP na área 06.....	57
Figura 41 - Foco de queimada na APP na área 06.....	58
Figura 42 - Inundação em ponto assoreado na área 06.....	58
Figura 43 - Serrapilheira do ponto P02 no período seco	66
Figura 44 - Análise de Ca no solo	71
Figura 45 - Análise de Magnésio	72
Figura 46 - Análise de Potássio.....	72
Figura 47 - Análise do pH do solo	74
Figura 48 - Análise de Alumínio do solo	75
Figura 49 - Relação do pH com H^+Al	76
Figura 50 - Análise de sódio do solo	77
Figura 51 - Análise do percentual de sódio trocável do solo	77
Figura 52 - Análise de condutividade elétrica do solo	78
Figura 53 - Análise da matéria orgânica do solo	80
Figura 54 - Análise de fósforo no solo	80
Figura 55 - Análise de nitrogênio do solo	81
Figura 56 - Análise da concentração de carbono do solo.....	82
Figura 57 - Análise da relação carbono e nitrogênio do solo.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados Climatológicos de Teresina - Média dos anos de 1991 até 2021 ..	31
Tabela 2 - Densidade do período seco	61
Tabela 3 - Densidade do período chuvoso	61
Tabela 4 - Serrapilheira do período seco	63
Tabela 5 - Serrapilheira do período chuvoso	64
Tabela 6 - Matéria orgânica particulada	67
Tabela 7 - Análise de Ca, Mg, e K do solo no período seco	69
Tabela 8 - Análise de Ca, Mg, e K do solo no período chuvoso	70
Tabela 9 - Análise de pH, Al e Na do solo no período seco	73
Tabela 10 - Análise de pH, Al e Na do solo no período chuvoso	73
Tabela 11 - Análise de MO, P e N do solo no período seco	78
Tabela 12 - Análise de MO, P e N do solo no período chuvoso	79
Tabela 13 - Análise de carbono do solo	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro 1- Categorias e subcategorias de Áreas de Unidades de Conservação	19
Quadro 2 - Características dos solos do município de Teresina.....	32
Quadro 3 - Quantidade de mostras coletadas nos períodos seco e chuvoso	36
Quadro 4 - Parâmetros para análise ambiental	37
Quadro 5 - Principais ameaças encontradas nas áreas visitadas.	59
Quadro 6 - Matriz de impacto	60
Quadro 7 - Estratégias para melhoria da qualidade ambiental das áreas visitadas ..	88
Quadro 8 - Importância das Áreas de Preservação Permanente para as funções ecossistêmicas do solo.....	88

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	ÁREAS DE PROTEÇÃO: HISTÓRICO, CONCEITO E LEGISLAÇÃO	18
2.2	CONCEITOS E PROCESSOS DE FORMAÇÃO DO SOLO.....	21
2.3	CARBONO NO SOLO: ORIGEM E FUNÇÃO NA MITIGAÇÃO DO EFEITO ESTUFA	23
2.4	PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DO SOLO E SUAS IMPLICAÇÕES	26
3	METODOLOGIA	28
3.1	ÁREA DE ESTUDO	29
3.1.1	Contextualização Geológica	30
3.1.2	Clima	30
3.1.3	Hidrografia	31
3.1.4	Solo	32
3.1.5	Características ambientais do Riacho Itararé.....	33
3.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	35
3.2.1	Pesquisa Bibliográfica.....	35
3.2.2	Coleta de dados.....	35
3.2.2.1	Qualidade Ambiental.....	37
3.2.2.2	Análise de laboratório.....	37
3.2.2.3	Metodologias para análise de densidade.....	38

3.2.2.4	Metodologia para análise da matéria orgânica particulada (MOP).....	39
3.2.2.5	Metodologia para a análise química do solo.....	40
3.2.2.6	Metodologia para a análise de serrapilheira.....	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1	CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	42
4.2	ANÁLISE DE DENSIDADE.....	61
4.3	ANÁLISE DE SERRAPILHEIRA.....	63
4.4	ANÁLISE DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP).....	66
4.5	ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO.....	68
4.6	SUGESTÕES ÁRA MANEJO E RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS.....	84
5	CONCLUSÃO.....	90
	REFERÊNCIAS.....	91
	APÊNDICE A – DADOS BRUTOS COMPLETOS.....	106
	APÊNDICE B – QUADROS COM VALORES TOTAIS DA ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO NO PERÍODO SECO E CHUVOSO.....	109

1 INTRODUÇÃO

As áreas protegidas desempenham um papel fundamental na conservação da natureza e na proteção da biodiversidade. Uma das principais funções das áreas protegidas é a preservação de ecossistemas naturais e espécies ameaçadas. Esses espaços oferecem um refúgio seguro para plantas e animais, permitindo que eles vivam e se reproduzam sem interferência humana excessiva. Ao proteger habitats naturais, as áreas protegidas ajudam a manter a diversidade biológica e a preservar espécies em risco de extinção. Além disso, as áreas protegidas têm um valor significativo na promoção da pesquisa científica e da educação ambiental (Batista, Neto e Perez, 2023; Santos e Liviz, 2024).

Essas áreas oferecem oportunidades para estudar ecossistemas intocados e entender melhor a interação entre os seres vivos e o meio ambiente. Também servem como locais de aprendizagem, onde as pessoas podem se envolver diretamente com a natureza e desenvolver uma apreciação e compreensão mais profundas dos processos ecológicos. Outro benefício das áreas protegidas é a proteção dos serviços ecossistêmicos. Esses serviços incluem o fornecimento de água limpa, regulação climática, controle da erosão do solo, polinização de culturas e muitos outros processos vitais para o bem-estar humano. Essas áreas são vitais para a conservação da natureza e a proteção da biodiversidade desempenhando um papel crucial na preservação de ecossistemas naturais e da biodiversidade presente nele. Através do entendimento e apoio contínuo dessas áreas, podemos garantir a preservação da natureza para as gerações futuras (Brasil, 2012; Franco, Schittini, Braz, 2016). Atualmente o Brasil conta com duas leis principais que tratam do que vem a ser áreas protegidas, sendo elas a Lei nº12.651/2012 instituindo o novo Código Florestal Brasileiro e a Lei nº9.985/2000 instituindo o SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação).

A cidade de Teresina, que se desenvolveu nas margens de 2 grandes rios, o Poti e o Parnaíba, apresenta inúmeros riscos para as Áreas de Proteção Permanente (APP) devido a expansão da urbanização. A partir das margens desses rios a cidade se instalou, cresceu e começou a se expandir e junto com a ocupação desordenada surgiram diversos problemas decorridos da urbanização, sendo um deles a modificação das margens dos rios, impermeabilização do solo e assoreamento dos corpos hídricos. Assim, por conta das atividades antrópicas e dos processos de

urbanização que margeiam os recursos hídricos, essas áreas de APP passaram por profundas transformações. As mudanças do uso e ocupação do solo com ações antrópicas nocivas ao meio acaba por trazer diversos impactos negativos que ameaçam o ambiente natural. O riacho Itararé é um exemplo de como a ocupação antrópica transforma o ambiente e traz riscos para a continuidade do ecossistema.

Os processos de urbanização acabam por comprometer as áreas de APP que protegem os corpos d'água. No caso do Riacho Itararé essa expansão e degradação das suas margens resultam em problemas de inundações, erosão, assoreamento do riacho, modificação do canal, perda da qualidade do solo, perda da vegetação nativa, da qualidade hídrica, da sua capacidade de depuração e outros (Silva, 2019; Silva e Gomes, 2021).

Embora muitas áreas do riacho ainda permaneçam preservadas, uma vez que este se encontra em uma área de crescimento urbano, é possível notar modificações na sua paisagem ocasionadas principalmente pelo setor imobiliário. Apesar da existência de leis que proíbem a utilização de áreas de APP percebemos que há um desrespeito com relação à ela e a esses espaços com ocupações inadequadas que fragilizam o ambiente. Para combater este problema é necessário conhecer a área e suas fragilidades antes de ser realizado um trabalho de recuperação da área afim de devolver a qualidade do ambiente (Pessoa, 2019; Silva e Gomes, 2021; SEMAM, 2023).

Uma das fragilidades que podemos encontrar em um meio impactado diz respeito aos solos, uma vez que um solo com boa qualidade ambiental é maior garantia de crescimento da vegetação ciliar. Por tanto este trabalho visa então entender quais as fragilidades da área com relação ao solo para saber quais medidas devem ser tomadas para garantir o pleno desenvolvimento da vegetação garantindo maior proteção do Riacho.

Pensando nisso, o trabalho tem como objetivo principal analisar e comparar a qualidade o solo sob diferentes níveis de degradação do Riacho Itararé no município de Teresina. Para isso foi assim necessário realizar a identificação das ameaças antrópicas, analisar a qualidade do solo do riacho para observar como esse se comporta aos diferentes impactos que acometem as margens do riacho bem como auxiliar, com os resultados, para programas de recuperação ambiental do riacho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ÁREAS DE PROTEÇÃO: HISTÓRICO, CONCEITO E LEGISLAÇÃO

Uma Área Protegida pode ser definida como um território geograficamente demarcado, devidamente reconhecido, com objetivos específicos e gerenciado por meio de mecanismos eficazes, sejam eles de natureza jurídica ou de outra ordem. O propósito fundamental dessas áreas é alcançar a conservação da natureza a longo prazo, preservando os serviços ecossistêmicos e os valores culturais associados (Gomes *et al.*, 2022).

Historicamente, sempre houve áreas de preservação, embora não tivessem objetivos concretos, estas áreas acabavam por cumprir uma função semelhante a uma área protegida. Esta proteção era dispersa e incluía interesses como a caça, áreas místicas, com tabus ou áreas de lazer. Em alguns momentos, as áreas eram protegidas apenas por sua beleza cênica (Maretti *et al.*, 2012).

O termo “área protegida” é bastante utilizado no mundo todo, inclusive tendo mais de uma aplicação: as áreas de proteção *latu sensu*, que não apresentam objetivos claros de conservação e as áreas de proteção *strictu sensu*, que tem na conservação seu objetivo mais claro e explícito. Entretanto, de forma técnica, no Brasil, conceituamos as áreas protegidas como “unidades de conservação”, que se assemelha muito ao conceito de área protegida *strictu sensu*. Esta nomenclatura ganhou respaldo com a promulgação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) (Maretti, 2001; Maretti *et al.*, 2012).

A criação do Parque de Yellowstone, em 1872, é considerado um marco histórico para as áreas protegidas. A partir daí, as motivações para se criar áreas de proteção foram sendo moldadas. Porém, estas justificativas sempre refletiam contextos culturais, sociais, políticos e científicos que estavam em vigor na época. Todavia, no Brasil, a criação de áreas que tivessem objetivos de conservação só foram acontecer em 1937, com a criação do Parque Nacional de Itatiaia, mas a implantação efetiva dessa política foi bastante lenta e a área atingiu o pico de cobertura na década de 1980 devido a inclusão de mais de 20 milhões de novas áreas (Franco *et al.*, 2016).

No Brasil a preservação das áreas naturais contava com leis básicas que estavam mais voltadas para a preservação de recursos como a água e a madeira, porém não estabeleciam critérios claros de proteção e de delimitação da área a ser protegida. A noção de proteção de fato só surgiu após os processos de degradação

se tornarem evidentes com extensas áreas desmatadas, poluição dos recursos hídricos e perda do solo. Com a pressão de movimentos populares para a preservação do ambiente e pressões no mercado internacional para a adesão de práticas mais ecológicas o Brasil começou a estabelecer políticas ambientais, inclusive as que estabeleciam áreas de preservação. Em 1934 Aconteceu um marco importante no Brasil, a criação do Código florestal definindo diretrizes para a proteção das florestas no país. Em 1965 houve uma atualização desse código com uma nova regulamentação para as áreas protegidas, porém as diretrizes apontadas eram muito permissivas. Com o avanço da preocupação ambiental no mundo, principalmente após a conferência de Estocolmo realizada em 1972, o Brasil aumentou a sua participação quanto ao meio ambiente (Medeiros, 2006; Coelho, 2018).

Dentre os importantes avanços para a proteção das áreas naturais temos a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) (Lei nº 9985/00) (BRASIL, 2000), criado em 2000, que traz o conceito de Unidades de Conservação, diretrizes para o seu estabelecimento e as categoriza (Quadro 1) em dois tipos: as áreas de proteção ambiental integral que são aquelas cujo objetivo é preservar a natureza, sendo, neste caso, permitido apenas o uso indireto destes recursos, em casos previstos na própria Lei. E as unidades de uso sustentável que torna compatível o uso de parte dos recursos oferecidos na área com a preservação desta (Coelho, 2018).

Quadro 1 - Quadro 1- Categorias e subcategorias de Áreas de Unidades de Conservação

Área de Proteção Integral	Estação ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Nacional, Refúgio de Vida Silvestre
Unidade de Uso Sustentável	Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva Particular do Patrimônio Natural

Fonte: Autora, 2024.

Além das duas categorias citadas, o SNUC (BRASIL, 2000) também dispõe de subcategorias para cada tipo de unidade de conservação. Esta categorização é crucial

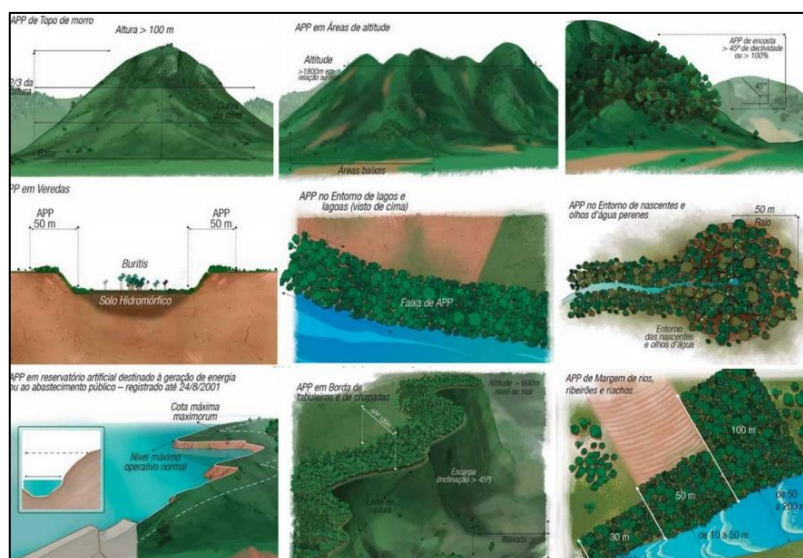
para se criar um controle sobre cada ação que será desenvolvida na área. A exemplo, as Áreas de Proteção Ambiental Integral são sempre de domínio público e terras privadas serão desapropriadas de acordo com a legislação. Já o Grupo das Unidades de Uso Sustentável permite, dentro dos limites da lei, a manutenção da propriedade privada.

Em 2012 o código florestal brasileiro passa por uma nova e, através do Novo Código Florestal (Lei nº 12.651/12) (BRASIL, 2012), prevê a criação de Áreas de Preservação Permanente, as APP, que são definidas pela própria legislação como:

[...] área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Novo Código Florestal, define que deve ser considerada uma Área de Preservação Permanente, sempre que houver interesse social, as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação que sejam destinadas a determinadas finalidades, sendo estas ambientais, mas também sociais, histórica e culturais criando formas de assegurar as condições para bem-estar público (BRASIL, 2012). Essa atualização foi de grande importância para a ampliação da proteção dos ecossistemas. Além de trazer critérios mais rigorosos para a conservação das áreas florestais ele trouxe a delimitação das áreas de APP (Figura 1).

Figura 1 - Delimitações de APP segundo o código Florestal Brasileiro



Fonte: Ministério Público do Estado de Goiás, 2020.

As áreas de preservação desempenham um importante papel na conservação do ecossistema a partir da proteção dos recursos hídricos, onde a vegetação age

como um filtro natural impedindo que impurezas cheguem até as águas, age no controle da erosão e proteção do solo, ajuda a proteger contra o desgaste e perda do solo que pode causar assoreamento dos corpos hídricos, ajuda na regulação do clima, auxiliando na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, atua na conservação da biodiversidade, sendo abrigo para uma diversidade de plantas e animais e auxiliando no fluxo gênico (Sol e Pissanti, 2018).

2.2 CONCEITOS E PROCESSOS DE FORMAÇÃO DO SOLO

Solo é um elemento natural dinâmico formado por partes solidas, líquidas e gasosas e por materiais minerais e orgânicos. É a base para a vida na Terra e desempenha diversos e importantes papéis nos processos ecológicos no planeta.

O solo tem sido um alicerce que acompanha a humanidade desde os seus primórdios, seja como base para o crescimento de plantas, como local para construção das nossas primeiras moradas ou como um elemento cultural e espiritual, onde várias culturas trazem o solo como elemento de criação. Mas apesar de sua grande importância o solo só passou a ser estudado de fato a partir do século XIX e dentre as dificuldades de se estudar sobre o tema está o fato de que o solo era estudado dentro das ciências clássicas, como complemento, não em uma ciência específica (Pérez et al, 2016; Espindola, 2018).

Em 1883 Dokouchaiev, tido como pais da ciência dos solos, apresentou em seu trabalho o solo como sendo um corpo dinâmico e naturalmente organizado e que era importante o seu estudo. O seu trabalho trouxe importantes colocações sobre a origem e formação do solo através do intemperismo provocado pela interação de fatores bióticos e abióticos do meio. No Brasil o precursor do estudo dos solos foi o Instituto agrônomo de Campinas (Pérez et al, 2016; Barreto et al, 2016).

O conceito de solo irá depender do seu observador e até hoje não há um consenso sobre a sua definição. O termo solo se origina do latim, solum, que significa suporte, superfície, base (Jorge, 2021; Deveschio, 2024). Entre os vários conceitos de solo pode ser destacado os seguintes (Reichert, 2009):

- I. **Solo como meio de desenvolvimento de plantas:** O solo é apenas o local de desenvolvimento das plantas, de onde elas tiram os elementos para o seu crescimento.
- II. **Solo como regolito:** Tido como a camada superficial da crosta terrestre composta por fragmentos de vários materiais.

III. **Solo como corpo natural organizado:** Neste conceito o solo é um elemento resultante de processos biológicos, físicos e químicos e da interação entre litosfera, atmosfera, hidrosfera biosfera.

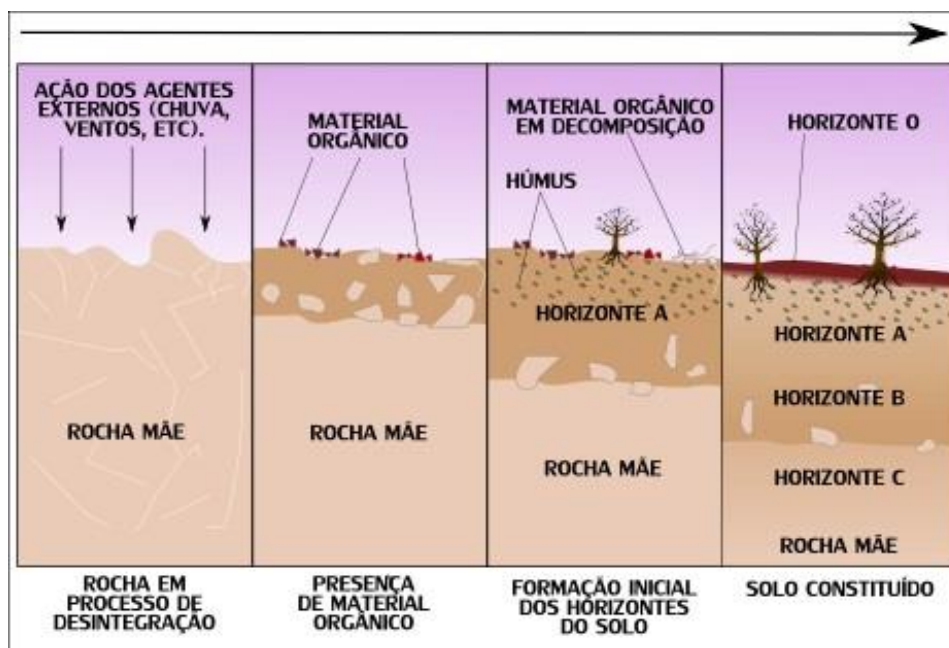
IV. **Solo como sistema aberto:** O solo é visto como um sistema complexo e dinâmico que interage com o meio.

O solo é um elemento trifásico, com as fases líquida, gasosa e sólida e a proporção desses elementos no solo influencia em diversos aspectos, como por exemplo na sua fertilidade. A sua formação é dada por um processo lento e gradual, denominado pedogênese, e que envolve o processo de intemperismo (alterações físicas/químicas) das rochas que podem ser químicos, físicos e biológicos. O solo ainda depende da interação de fatores como clima, relevo e material de origem (Lima, Lima e Melo, 2007; Rodrigues, 2018; Jorge, 2021).

No processo de formação do solo a rocha matriz passa por um processo de decomposição pelo intemperismo que fragmentam esses grandes pedaços de rochas em pedaços cada vez menores, até tamanhos em que seus minerais sejam solubilizados. Esse processo de fragmentação forma os horizontes do solo, que constitui camadas com características distintas que formam o perfil de solo (Jorge, 2021) (Figura 2). Para os horizontes encontrados no solo temos as seguintes características principais:

- **Horizonte O:** Camada mais superficial e em contato com a atmosfera que se apresenta rica em matéria orgânica. Por ser uma camada que normalmente está coberta protege o solo da erosão;
- **Horizonte A:** Camada abaixo do horizonte O e que possui intensa atividade biológica e é rico em matéria orgânica e minerais. É nessa área que há maior desenvolvimento das raízes e de onde elas tiram os nutrientes.
- **Horizonte B:** Área abaixo do horizonte A e que acumula material lixiviado das camadas superiores. Plantas de raízes mais profundas também utilizam essa camada como fonte de nutrientes.
- **Horizonte C:** O horizonte que apresenta contanto com a rocha matriz e que está em processo de decomposição inicial, ou seja, é uma área de transição entre o solo e a rocha matriz.
- **Rocha Mãe/matriz:** Rocha que dá origem ao solo.

Figura 2 'Processo de formação do solo



Fonte: Mundo educação, 2024.

Quanto ao material de formação existem três grandes grupos de rocha, as magmáticas, sedimentares e metamórficas e os componentes que podem ser encontrados em maior quantidade são oxigênio, cálcio, silício, potássio, alumínio, sódio, ferro, magnésio. O solo ainda pode ser classificado de acordo com o diâmetro dos grãos em argila, silte, areia e cascalho (Reichert, 2009; Schroeder, 2017; Jorge, 2021).

O solo possui inúmeras funções no meio ambiente sendo elas o suporte para o crescimento das plantas, purificação e conservação da água no ecossistema, ciclagem de nutrientes, habitat de vários organismos, regulação climática, sequestro de carbono, por tanto a conservação do solo é necessária para a manutenção da biodiversidade, produção de alimento, qualidade da água e combate as mudanças climáticas. A partir das diferentes composições do solo em diversos climas submetidos a diferentes fatores bióticos e abióticos temos a formação de diferentes tipos de solo que estão intimamente ligados com determinadas paisagens (Lima, Lima e Melo, 2007).

2.3 CARBONO NO SOLO: ORIGEM E FUNÇÃO NA MITIGAÇÃO DO EFEITO ESTUFA

O carbono pode ser encontrado no solo de diferentes formas sendo elas as formas inorgânicas, com a presença do carbonato, bicarbonato e o dióxido de

carbono, e na forma orgânica, presente com ácidos graxos, polissacarídeos aminoácidos e outros. Quanto a sua incorporação no solo o mesmo pode ocorrer de três formas (Oliveira, Reato e Roig, 2015):

- I. **Humificação:** onde o material decomposto de vegetais e animais geram acúmulo de carbono orgânico;
- II. **Agregação:** Onde há um arranjo das partículas do solo que se agregam por floculação ou cimentação;
- III. **Sedimentação:** Onde há o depósito e acúmulo de sedimentos que podem ser da mesma área ou de outras.

Para que o solo esteja saudável e possa desempenhar sua função é necessário que haja a conservação de sua natureza físico-química e biológica que pode ser alcançada a partir da conservação do material vegetal na sua superfície. O carbono orgânico no solo (COS) está diretamente relacionado à fertilidade, produção, proteção do meio, conservação dos ecossistemas. Esse incremento de matéria orgânica junto a uma baixa movimentação do solo garantem o aumento do armazenamento do carbono o que acaba contribuindo para a formação de agregados do solo, aumento da biodiversidade, aumento da CTC, na quantidade de nutrientes disponíveis, no pH e na capacidade de retenção de umidade, (Lourenço, 20217; Costa *et al*, 2021). Com isso a presença de matéria orgânica e conseqüentemente de carbono no solo é um bom indicador de qualidade do solo, o que acaba por garanti a saúde do ecossistema.

Uma das principais funções do solo é o sequestro de carbono, que é um dos principais responsáveis pelo efeito estufa no planeta que a partir do seu aquecimento ocasiona as mudanças climáticas. Cada hectare de terra consegue absorver de 150 a 200 toneladas de carbono e as principais causas de perda desse CO₂ no solo são a lixiviação, erosão e respiração dos microrganismos presentes no solo. O CO₂ que é perdido pela erosão do solo para a atmosfera contribui para o superaquecimento do planeta. O preparo do solo para os diversos usos envolvendo desmatamento, queima e o revolvimento podem lançar até 81,3g CO₂ m⁻² em algumas horas. É preciso combater essas práticas que desgastam o solo para prevenir então o lançamento do CO₂ na atmosfera (Machado, 2005; Laurenço,2017).

Segundo relatório de 2022 do IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) que reuniu 278 cientistas de 65 países estimou cenários para a próxima década com relação ao aumento da temperatura global. Esse aumento está ligado ao aumento dos gases do efeito estufa e podem trazer problemas de cunho econômico,

social e natural como perda da biodiversidade, escassez hídrica, inundações, aumento de incêndios.

A conservação do carbono no solo e aumento da matéria orgânica são essenciais para a mitigação das mudanças climáticas, uma vez que o sequestro de carbono auxilia na diminuição dos gases do efeito estufa na atmosfera, melhora da qualidade do solo, aumentando a capacidade de retenção de água e nutrientes e consequentemente aumentando a fertilidade do solo, preservação dos recursos hídricos, que são de extrema importância principalmente em áreas de clima seco, proteção da biodiversidade, garantido a sobrevivência de animais e plantas, principalmente os que são endêmicos e é essencial para a garantia de melhora na qualidade de vida das pessoas que moram na região (Machado, 2005; ONU, 2018; Alves, Peloso e Amaral, 2024).

Em seu trabalho, intitulado “Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global”, Machado (2005) mostra que o solo é um grande sumidouro de carbono e podem reduzir os efeitos desse gás de efeito estufa quando o solo é bem manejado, porém atividades antrópicas negativas no solo acabou por liberar grandes toneladas do gás na atmosfera, principalmente por conta dos desmatamentos para a posterior ocupação da área por agricultura ou pasto. No trabalho também é observado que as taxas de adição do carbono no solo dependem ainda do tipo de vegetação, clima, relevo da área e até da taxa de decomposição dos elementos orgânicos. Portanto, para que o solo continue retendo carbono, é necessário que haja uma boa cobertura vegetal sobre ele e que não sofra processos de revolvimento. A perda do carbono do solo traz inúmeros malefícios ao ambiente.

Abreu *et al* (2024) mostra que os diferentes usos e ocupação do solo, que alteram as características do solo, podem ocasionar no aumento da emissão de CO₂ na atmosfera. O artigo traz principalmente os problemas ocasionados pela conversão dos solos em áreas de pastagens e que além da liberação do CO₂ pela desagregação do solo pode haver aumento da liberação de N₂O. Vemos ainda a importância de entender a dinâmica desses gases e trazer formas de manejo mais eficiente para as atividades antrópicas.

A quantificação de carbono é uma boa forma de monitorar a qualidade da área, se está saudável ou não, é através dessa quantificação em diferentes níveis de degradação do solo que podem ser desenvolvidas estratégias mais assertivas para a recuperação de áreas degradadas.

2.4 PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DO SOLO E SUAS IMPLICAÇÕES

O conceito de qualidade do solo, historicamente, esteve ligado ao conceito de fertilidade deste. Este conceito era basicamente ligado ao desenvolvimento agrícola. Nos últimos anos, ele foi sofrendo alterações e começou a ter critérios mais rigorosos, também voltados a outras atividades que não as agrícolas. Para a definição de qualidade de solo, neste ponto, é levado em consideração a boa estruturação e a capacidade de manter a diversidade de organismos e a promoção da saúde das plantas e animais (Lousada, 2011; Silva *et al*, 2021).

A qualidade do solo é definida por um conjunto de características que atuam isoladas ou conjuntamente na caracterização de um ambiente e podem ser avaliadas considerando a capacidade de suprir nutrientes para as plantas, capacidade de sustentar o crescimento e desenvolvimento de raízes e capacidade de resistir à erosão para reter água para as plantas (CASALINHO *et al.*, 2007; Sobucki, 2019).

O rápido crescimento populacional no mundo trouxe consigo um modelo econômico insustentável que acarretou a diminuição da qualidade dos solos. O mal uso desse recurso, que antigamente era tido como inesgotável, trouxe inúmeros problemas como perda de produção pela redução da fertilidade do solo, perda da qualidade da água, que antes era filtrada pelo solo, perda de ecossistemas que dependiam de processos relacionados ao solo como a ciclagem de nutrientes, perda de corpos d'água pelo assoreamento provocado pela erosão e aporte do solo, entre outros (Guerra e Jorge, 2014).

O solo possui inúmeros serviços ecossistêmicos e a perda de um desses serviços pode causar grandes problemas para o meio ambiente e para o ser humano. As atividades antrópicas que impactam o solo levam a alguns tipos de degradações como as listadas por Figueiredo e Nunes (2015), que são erosão, diminuição da matéria orgânica, diminuição da biodiversidade, contaminação do solo e da água, impermeabilização e compactação do solo, salinização, cheias e deslizamentos.

Algumas das principais atividades antrópicas que causam perda do solo são o desmatamento, queimadas, agricultura intensiva, agropecuária, mineração, poluição e as atividades decorrentes dos processos de urbanização. A erosão é uma das principais formas de degradação do solo, ela pode ocorrer de forma natural, onde a água e o vento, ao longo de muitos anos, atuam no processo de desgaste da superfície, e pode ocorrer de forma não natural, onde há a intervenção antrópica

ocasionando um rápido e expressivo desgaste da superfície (Jorge, 2021).

A preocupação com a saúde do solo é relativamente recente, com início no final da década de 80 para 90, com uma maior visão da importância da sua qualidade para a plena função dos ecossistemas (Mendes et al, 2018). Essa preocupação cresceu em meio a degradação ambiental no mundo pelo avanço industrial e do crescente processo de urbanização.

A ocupação urbana, na maioria das vezes sem planejamento, trouxe problemas de drenagem pela impermeabilização do solo, diminuição da vegetação e das áreas de infiltração da água no solo, acúmulo de resíduos contaminando os solos e as águas, aumento da temperatura, compactação do solo, aumento de enchentes e outros. Dentro do meio urbano os solos realizam a função de fonte de materiais, principalmente para a construção civil, sustento alimentício para a população, área de descarte de material e área para infiltração das águas, suporte para a vegetação, reservatório arqueológico (Pedron *et al*, 2004; Santos, Rufino e Filho, 2017; Guilherme *et al*, 2020; Bastos, Sant'Ana e Lima, 2020).

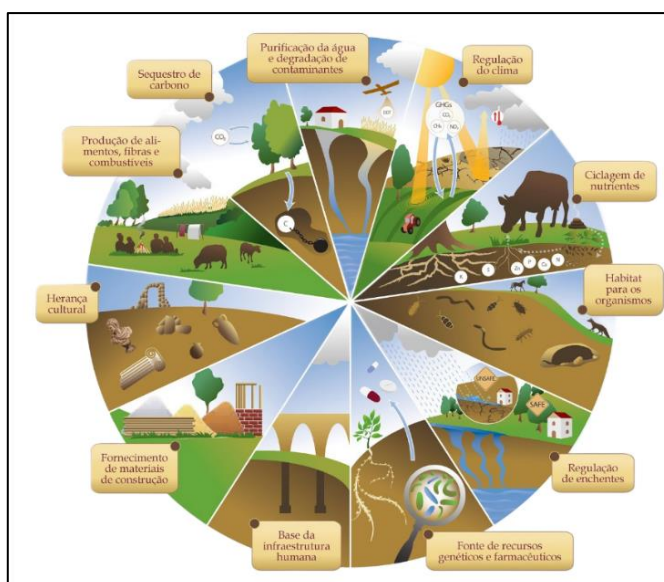
No ambiente urbano o solo recebe o nome de solo antrópico, e se caracteriza como um solo que já sofreram pela ação antrópica e que diferente dos solos naturais não desempenham plenamente as suas funções. Porém, mesmo com as interferências antrópicas esses solos ainda possuem funções importantes. Com isso já se observa hoje uma preocupação com a incorporação do solo na paisagem urbana de uma forma saudável (Bastos, Sant'Ana e Lima, 2020; NEPAR, 2023).

Algumas das principais modificações que pode ser observado nos solos na área urbana são apontadas por Bastos, Sant'Ana e Lima (2020), sendo elas as alterações químicas do solo, provocadas pela introdução de compostos no solo em grandes quantidades como é o caso do material proveniente do descarte de resíduos sólidos, adubação, escoamento de produtos químicos, contaminações com necrochorume e outros, alterações físicas a partir da compactação do solo, onde há um aumento da densidade do solo, a degradação e remoção dos horizontes do solo, principalmente por obras da construção civil como aplainamento do solo, a adição de materiais sobre o solo, principalmente quando há o interesse em aterrar uma área adicionando na área inclusive resíduos de construção civil, imperializando o solo, reduzindo a capacidade do solo de infiltrar e reter a água causando problemas de aumento de escoamento das águas pela bacia alterando a sua dinâmica fluvial, e causando alterações biológicas causando a diminuição da biodiversidade,

principalmente dos organismos decompositores e podendo ocasionar a proliferação de organismos patogênicos.

Para que possa ser evitado a perda do solo é necessário a adoção de medidas que respeitem os ambientes naturais como a adoção de práticas sustentáveis que devolvam e mantenha o solo com todas as suas funções ecológicas (Figura 3). Para isso é necessário medidas como, promover o controle da erosão do solo, conservar a vegetação, acabar com as práticas de queimadas no solo, acabar com a poluição com a correta destinação dos resíduos sólidos e promover a conscientização da população da importância dos solos. Além disso é de grande importância trazer a responsabilidade do cuidado com o solo para todos para que seja possível uma gestão integrada e compromissada com a saúde do solo.

Figura 3 - Funções do solo



Fonte: FAO, 2015.

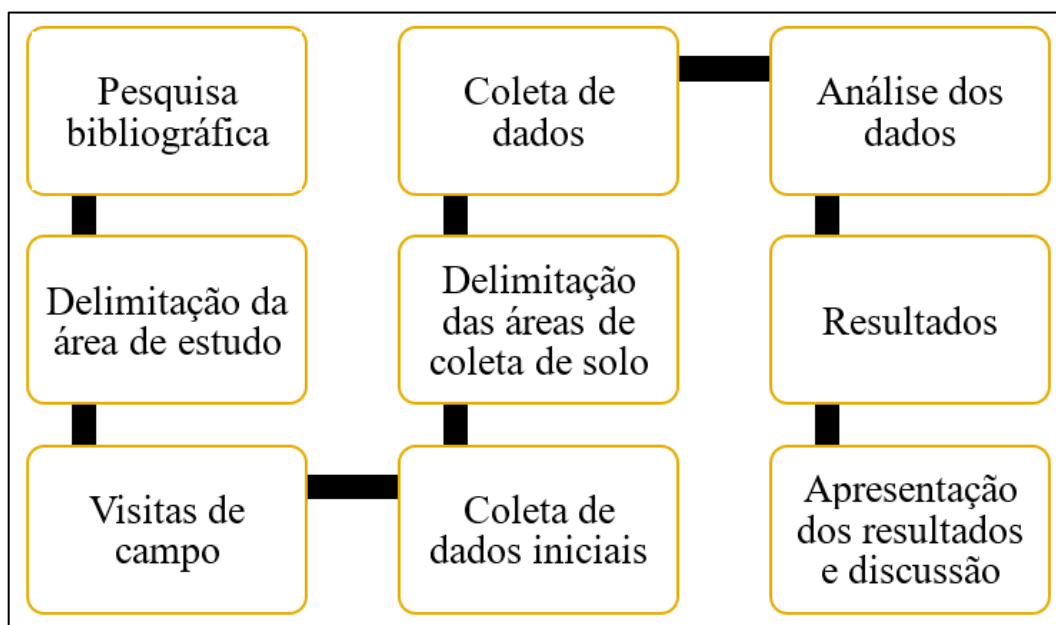
3 METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de uma pesquisa aplicada, do tipo exploratória investigativa, onde serão utilizados vários tipos de procedimentos como a pesquisa bibliográfica, a documental, de campo e experimental. A pesquisa exploratória investigativa garantiu maior compreensão do problema proporcionando a geração de dados que poderão ser utilizados para a solução destes.

O processo metodológico contou com uma etapa de levantamento bibliográfico, que perdurou durante toda a pesquisa para que fosse criada a base para a escrita do trabalho, a fase de coleta de dados em campo, realizada após a seleção de 6 áreas

de importância para a pesquisa e onde foram realizadas uma análise observando não só o estado do solo na área como também as características ambientais em cada uma e a etapa de análise dos dados coletados com posterior discussão dos resultados obtidos (Figura 4).

Figura 4 - Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Autora, 2023.

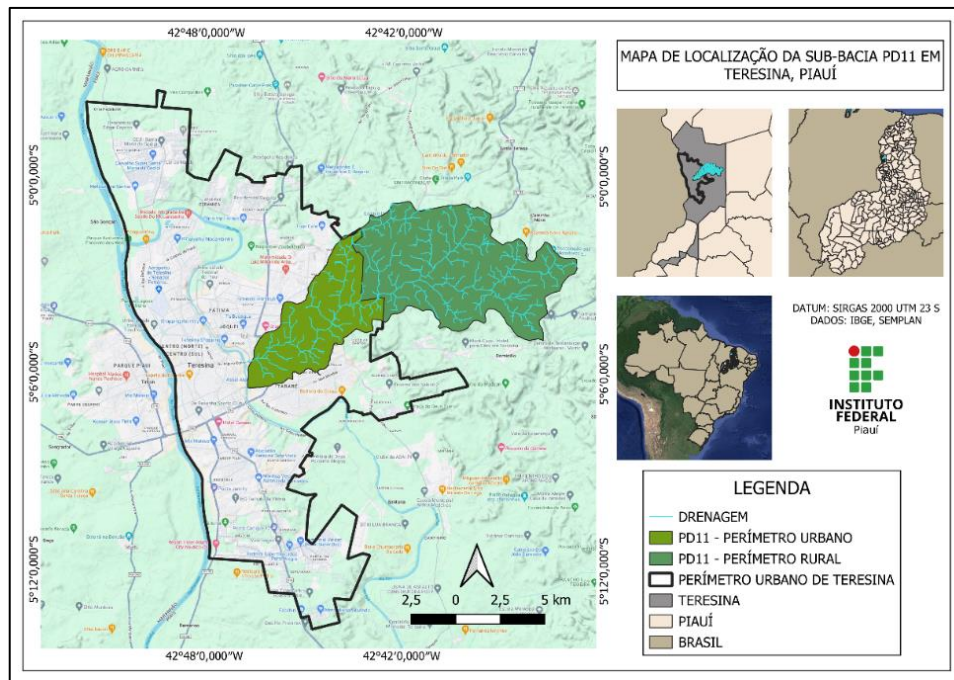
3.1 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no trecho urbano do riacho Itararé, também conhecido como Riacho Mandacarú, situado no município de Teresina, localizado na região centro-norte do estado do Piauí, no nordeste brasileiro. O riacho Itararé, corpo d'água principal da sub-bacia PD11, a maior do município com cerca de 9 ha de extensão sendo sua maior área na zona urbana do município, e abastece o rio Poti pela sua margem direita (Figura 5) (SEMAM, 2023).

Localizado na zona sudeste e leste da cidade o riacho, antes chamado de Mandacarú, acabou sendo chamado pelo nome de um dos bairros mais antigos da cidade, e que hoje é um dos mais populosos, o Bairro Itararé, que até hoje passa por expansão com o crescimento de comércios e serviços, conjuntos habitacionais, condomínios e outros. O nome Itararé tem origem Tupi e significa uso subterrâneo das águas de um rio através de rochas calcárias. O bairro foi criado em 1977 pela COHAB (Companhia de Habitação do Piauí) visava abrigar pessoas que moravam em áreas de risco. O bairro ainda é chamado de Dirceu I e II (Araújo, 2015; Amorim e Neto, 2019;

Santos, 2019).

Figura 5 - Área do Riacho Itararé, Teresina-PI



Fonte: Autora, 2024.

3.1.1 Contextualização Geológica

O município apresenta-se inserido quanto ao seu contexto geológico na Bacia do Parnaíba que possui cerca de 600.00km²e é dividida em três super sequências deposicionais. Para a cidade de Teresina destacamos o grupo balsas, que é dividido em quatro formações, a Piauí, Pedra de Fogo, Sambaíba e Motuca. Destas quatro formações Teresina se encontra inserida na Formação Pedra de Fogo de idade Kunguriano (Permiano) comprovada pela presença de fósseis como o réptil *Captorhinus aguti*. A formação Pedra de Fogo é formada pelos membros Sílex Basal, Médio e Superior ou Trisidela (Góes & Feijó, 1994; Faria JR, 1979; Cisneros *et al* 2015; Cisneros *et al*, 2020; Silva Neta, 2022).

3.1.2 Clima

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima de Teresina é tipo AW- tropical de savana com chuvas de verão. No que se refere à precipitação pluviométrica, o período chuvoso inicia no mês de janeiro e prolonga-se até o mês de maio e sendo a temperatura média anual de 27.9°. O trimestre em que ocorrem os maiores eventos chuvosos corresponde aos meses de fevereiro, março e abril. Ainda

que registre totais anuais relativamente altos (1.361, 3 mm), estes valores ficam prejudicados por causa de sua distribuição temporal concentrada e irregular (Tabela 1) (Oliveira, 2023). As temperaturas nessa região são altas e podem variar de 22°C até 40°C (Lima et al, 2021).

Tabela 1 - Dados Climatológicos de Teresina - Média dos anos de 1991 até 2021

mês	Indicadores		
	Temperatura média (°C)	Chuva (mm)	Umidade (%)
Jan	26.6	237	79
Fev	25.9	287	84
Mar	25.8	328	86
Abr	25.9	272	86
Mai	26.6	132	78
Jun	27.6	19	62
Jul	28.6	12	51
Ago	29.1	3	44
Set	30.3	4	43
Out	30.7	17	45
Nov	30.1	42	52
Dez	28.6	98	64

Fonte: Adaptado de Climate Date, 2024.

3.1.3 Hidrografia

A cidade de Teresina está dentro da Bacia Hidrográfica do Parnaíba que possui uma área de drenagem de 344.112 km². Dois dos principais rios dessa bacia banham a cidade, o Rio Poti e o Rio Parnaíba, principal rio da bacia (Lima, 2016). O Rio Parnaíba percorre toda a extensão da cidade sendo um divisor natural com a cidade de Timon (Maranhão). Dentro do município existem outros efluentes dos dois rios, que foram rodeados pelas construções da cidade, e que desaguam na área urbana e pelo mal sistema de drenagem da cidade acabam por vezes contribuindo para alagamentos em várias ruas, causando problemas econômicos e socioambientais (Lima, 2011). Os vários afluentes que alimentam os dois rios principais do município formam um total de 68 sub-bacias, sendo 20 na margem direita do Parnaíba e 48 divididos entre as margens esquerda e direita do rio Poti. Muitas desses corpos d'água

se encontram sob galerias ou estão descaracterizados pela infraestrutura urbana (Lima, 2020).

Pelo relevo e a hidrografia da região foram estabelecidas três macrobacias para o perímetro urbano da cidade, sendo que uma delas contribuem ao rio Parnaíba e as outras duas o Poti. Essas 3 ainda se dividem em diversas sub-bacias que foram divididas de acordo com suas características.

3.1.4 Solo

Com relação ao solo pode-se verificar que há a presença de 5 tipos, sendo eles o Latossolo amarelo, Argissolo Vermelho Amarelo, Chernossolos, Neossolo Litólico e Neossolo Flúvico. Deste o que está mais presente no município são os do tipo Latossolo Amarelo (45%), seguido pelos Argissolos (46%) (Quadro 2) (Aquino e Ferreira, 2022).

Quadro 2 - Características dos solos do município de Teresina

Tipo de solo	Área correspondente (%)	Características
Latossolo Amarelo	45,38%	Solo profundos, não saturados com material proveniente da alteração de arenitos e material areno-argiloso. Apresenta alta resistência à erosão, porém pode colapsar devido intervenções antrópicas.
Argissolo Vermelho Amarelo	34,18%	É a segunda classe de solo predominante sendo eles solos com pouca profundidade e que apresentam argila com baixa atividade. São solos pouco resistentes a erosão devido a capacidade expansiva da argila presente.
Chernossolo	14,41%	Localizados apenas no limite sudeste do município este solo é argiloso, com argila 2:1 que se apresenta em áreas de relevo ondulado. São solos que são facilmente erodidos devido a característica expansiva da argila.
Neossolo Litólico	Sem expressão significativa	Geralmente aparecem associados aos Argissolos Vermelho Amarelo, são rasos e apresentam contato lítico com o solo. Aparecem nas áreas com maior inclinação no relevo.
Neossolo Flúvico	3,9%	Localizado principalmente por toda a extensão das margens dos rios Parnaíba e Poti se apresenta como um solo proveniente de sedimentos areno argilosos com

		argila de baixa atividade e pouca pedregosidade. Podem apresentar problema de compactação do solo e expansão devido a argila presente.
--	--	--

Fonte: Adaptado de Aquino e Ferreira, 2022.

3.1.5 Características ambientais do Riacho Itararé

- **Vegetação**

Segundo o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDOT), esta sub-bacia é naturalmente propensa a alagamentos devido o seu relevo que vai de plano à ondulado. Quanto a vegetação a área se encontra em uma zona de transição entre cerrado e caatinga e apresenta em grandes áreas a vegetação típica de mata de cocais. Algumas das espécies nativas que podem ser encontrada na área são o Angico Branco (*Anadenanthera colubrina*), Maria Mole (*Senecio brasiliensis*), Acácia Azul (*Acacia saligna*), Macaúba (*Acrocomia aculeata*), Embaúba (*Cecropia sp.*), Xixá (*Sterculia apetala* (Jacq.) H. Karst) e o Babaçu (*Attalea speciosa*). Também é possível encontrar algumas espécies exóticas como Azeitona (*Olea europaea* L), Bambu (*Bambusoideae*), Flamboyant (*Delonix regia*) e a Mangueira (*Mangifera indica*). Essa área apresenta ainda uma boa porção de vegetação densa seguida por uma porcentagem menor de vegetação campestre e de solo exposto de acordo com o seu mapa de uso e ocupação do solo (Silva e Gomes, 2021).

- **Características da dinâmica hidrológica**

O riacho se apresenta hoje como um corpo de água efêmero (classificação de acordo com o PDOT), porém, estudos realizados em 2023 pela Secretaria do Meio Ambiente de Teresina mostram que o riacho apresenta um comportamento perene, porém devido a sua descaracterização com estreitamento do canal e descontinuação do seu curso pela infraestrutura urbana algumas áreas apresentam diminuição da vazão da água podendo até mesmo secar em alguns trechos.

- **Solo**

O riacho apresenta ainda várias áreas de veredas que são caracterizadas pela presença de solo hidromórfico (Figura 6) e vegetação típica dessas áreas com a presença da espécie *Mauritia flexuosa* (Buriti) (Lei nº12.651/2012; PDDUrb, 2012; Medeiros, Cavalcanti E Duarte, 2020; Silva e gomes, 2021; Marques E Valadares, 2021).

A bacia apresenta predominantemente Latossolo, que como característica se apresentam como solos profundos, com pouca matéria orgânica, bem drenados e com

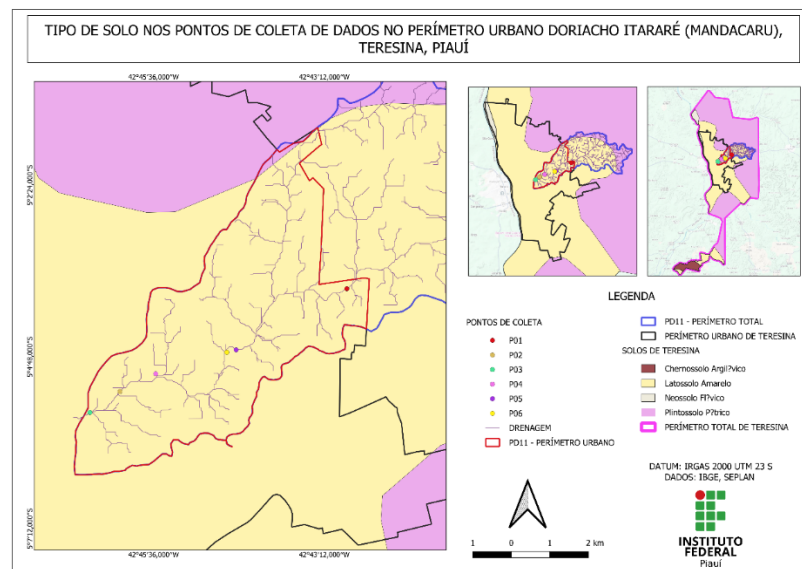
textura média a argilosa que vai aumentando com a profundidade. Eles são solos ácidos e que possuem uma baixa CTC (Troca de cátions) (EMBRAPA, 2018) (Figura 7).

Figura 6 - Presença de solo Hidromórfico no Riacho Itararé



Fonte: Autora, 2023.

Figura 7 - Tipos de solo das áreas de coleta



Fonte: Autora, 2023.

- **Uso e ocupação do solo**

Em seu trabalho Silva e Gomes (2021) mostram as consequências das modificações do uso e ocupação do solo ao redor da área do Riacho culminando na alteração da sua vazão e do seu canal além das perdas das suas áreas de inundação o que acaba por provocar grandes enchentes em algumas regiões por onde passa. Muitas famílias têm que lidar com problemas de alagamentos causados pela grande

vazão do riacho atrelado a diminuição do seu canal, que acaba transbordando e inundando áreas mais baixas e sem contenção para as águas.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

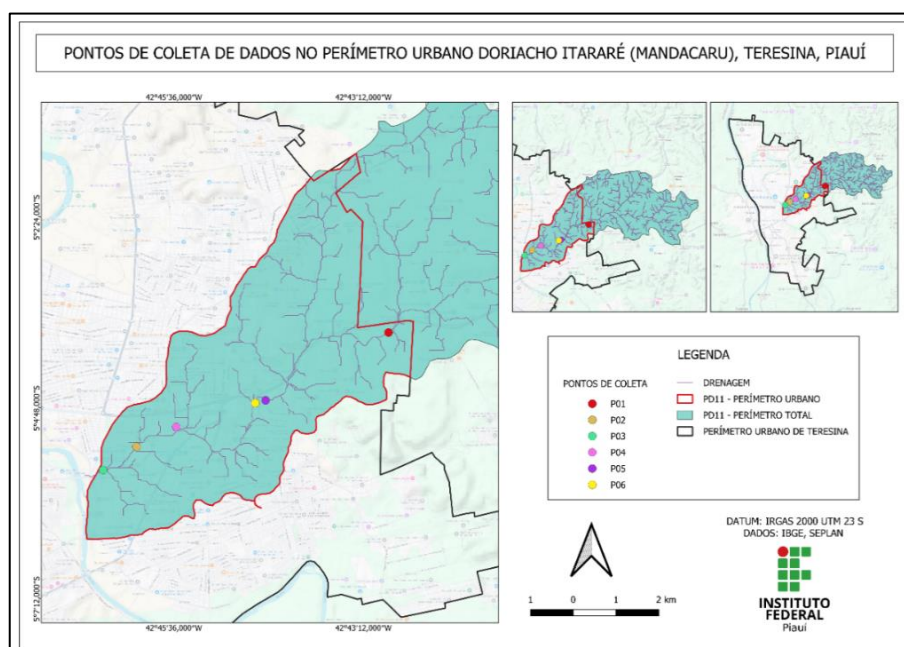
3.2.1 Pesquisa Bibliográfica

Nesta etapa da pesquisa, que durou toda a sua execução, foram coletados dados para o embasamento da discussão. A pesquisa foi realizada por meio de sites acadêmicos seguros onde devem ser coletados artigos, dissertações, teses, livros e monografias. Também foram utilizadas informações de sites oficiais.

3.2.2 Coleta de dados

Para o reconhecimento da área do riacho e compreensão dos problemas ambientais que pode ser encontrado no local foram feitas visitas de campo em alguns pontos do riacho. Para o estudo foram escolhidas então 6 áreas distribuídas ao longo do trecho urbano do riacho (Figura 8). Parte dos pontos se localizam na zona sudeste do município (Pontos 6 e 5), parte na zona leste (pontos 1, 2, 3, 4).

Figura 8 - Localização das áreas de coleta dentro da Sub-bacia PD11



Fonte: Autora, 2023.

Em cada ponto foram realizadas coletas de solo para a análise de matéria orgânica, serrapilheira e densidade e análise química (Quadro 3). Foram realizadas coletas tanto no período seco como chuvoso totalizando 13 amostras de solo no

período seco e 9 no período chuvoso, 8 amostras de densidade no período seco e 8 no período chuvoso e 11 amostras de serrapilheira no período seco e 6 no período chuvoso. A coleta de amostra de solo simples foi realizada a uma profundidade de 0-10 cm de profundidade. No período seco alguns pontos a coleta ficaram inviabilizada por conta de alagamento das áreas de coleta.

Quadro 3 - Quantidade de mostras coletadas nos períodos seco e chuvoso

PERÍODO	PONTO	SERRAPILHEIRA	DENSIDADE	SOLO
SECO	P1	3	x	3 amostras
	P2	1	3	3 amostras
	P3	x	x	X
	P4	3	2	3 amostras
	P5	3	1	3 amostras
	P6	1	1	1 amostra
CHUVOSO	P1	2	2	2 amostras
	P2	x	2	2 amostras
	P3	x	x	x
	P4	1	1	2 amostras
	P5	2	2	2 amostras
	P6	1	1	1 amostra

Fonte: Autora, 2024.

Para a coleta do material foram utilizados materiais do Laboratório de Solos, Água e Esgoto (SOLAE) do Campus Teresina Central do Instituto Federal do Piauí (Figura 9). O material coletado foi analisado no SOLAE quanto a densidade, MOP (Matéria orgânica particulada) e serrapilheira e parte do material foi enviado para o laboratório de solos da FUNCEME para a análise química do solo.

Figura 9 - Material utilizado para coleta de solo



Fonte: Autora, 2023.

3.2.2.1 Qualidade Ambiental

Para a qualificação ambiental das áreas foram utilizados como critérios de avaliação diversos aspectos considerando o meio físico, biológico e social (Quadro 4). Foram observadas fragilidades em cada setor como as principais supressão da vegetação, liberação de esgoto, poluição por resíduos sólidos, erosão, assoreamento, construções indevidas e outros. A partir dos dados coletados foi feito uma matriz de impactos com os parâmetros que colocam em risco a qualidade do ambiente. A tabela conta com a presença ou ausência de um parâmetro e o seu grau de gravidade (baixo, médio, alto). Estes parâmetros servem para avaliar as características do ambiente quanto a intervenções decorrentes de atividade antrópica e que podem influenciar na qualidade do solo. Esses parâmetros foram observados tanto no período chuvoso como no período seco.

Quadro 4 - Parâmetros para análise ambiental

Meio	Indicadores
Físico	Desmatamento, presença de resíduos sólidos, presença de despejo de efluentes, solo exposto, resíduo químico, ponto de inundação, compactação do solo, Assoreamento
Biológico	Fitofisionomia, diversidade de espécies, presença de espécies invasoras, Eutrofização.
Social	Ocupação humana da APP

Fonte: Autor, 2024.

As áreas puderam ainda ser agrupadas em 3 grupos de acordo com o que foi observado de fragilidades em capa área:

- Grupo 1: bem preservada, onde a vegetação nativa e primária deve prevalecer e há pouca ou nenhuma interferência antrópica.
- Grupo 2: intermediária, com uma vegetação já impactada pelas ações antrópicas ao redor.
- Grupo 3: pouco preservada, vegetação bastante impactada pela ação antrópica ao redor.

3.2.2.2 Análise de laboratório

Para a análise da qualidade do solo na área é preciso conhecer a quantidade de matéria orgânica (MO). Quanto maior a presença de MO maior deve ser a ação biológica no solo. A MO influencia em diversos parâmetros como a CTC (Capacidade

de troca catiônica), na agregação do solo, no armazenamento de água, fonte de Carbono e Nitrogênio. Também pode ser realizada a determinação de carbono do solo e a biomassa através da serrapilheira.

De acordo com o manual de métodos de análise de solo da Embrapa (2017) e o manual de análise de laboratório do SOLAE temos então a seguinte metodologia escolhida para coleta e análise do solo. Os valores completos e mais informações das tabelas se encontram o anexo deste documento.

3.2.2.3 Metodologias para análise de densidade

Para a determinação da densidade do solo será feito a coleta com anel volumétrico que consistem em um cilindro de aço com volume conhecido ($93,03 \text{ cm}^3$). Para o procedimento primeiro se anota o volume que o anel comporta, esse anel será colocado no solo com cuidado para evitar compactação do mesmo e rodado para que fique com o seu espaço completo com o solo (EMBRAPA, 2017) (Figura 10). É retirado com cuidado para não perder o conteúdo e é nivelado a quantidade de solo que o cilindro comporta.

Figura 10 - Coleta de densidade do solo



Fonte: Autora, 2023.

Com muito cuidado para não revolver o material o cilindro foi colocado em uma estufa à 150°C até que o solo estivesse completamente seco (Figura 11). Por fim o seu volume foi pesado para que realizar o cálculo de densidade:

$$D_s = \frac{M_{ss}}{V}$$

Sendo,

D_s: densidade do solo (g cm⁻³)

M_{ss}: massa do solo seco (g)

V: volume do solo (cm³)

Figura 11 - Análise de densidade



Fonte: Autora, 2024.

3.2.2.4 Metodologia para análise da matéria orgânica particulada (MOP)

Para a realização da análise de matéria orgânica particulada foi separado 50g do total de solo coletado em campo (Figura 12 e 13). A pesagem foi realizada em uma balança de precisão e posteriormente misturado com 200ml de água.

Após a mistura o material foi mexido por 1 minuto a cada 3h por 24h para que a matéria orgânica pudesse ficar na superfície da mistura. Após o tempo determinado o material sobrenadante foi coletado e levado para a estufa para secagem a uma temperatura de 150° até que todo o material estivesse seco.

Após a secagem o material foi levado até o laboratório de alimentos do Instituto Federal do Piauí para pesagem em uma balança analítica. O valor da pesagem em g do material deverá ser convertido em porcentagem através do seguinte cálculo:

$$50 \times = 100 \times \text{peso em g}$$

Então para 50g de solo terá um valor x de porcentagem de matéria orgânica. O valor resultante deve ser comparado aos demais valores das áreas, sendo o comparativo feito com a área em mais bem estado de preservação.

Figura 12 - Coleta de solo simples



Fonte: Autora, 2024.

Figura 13 - Análise de MOP



Fonte: Autora, 2024.

3.2.2.5 Metodologia para a análise química do solo

Para a análise química do solo foi enviado 50g de cada amostra de solo coletada para o laboratório de solos da FUNCEME, onde foram realizadas análises

para extrair os dados de pH, acidez trocável (Al+3), fósforo, potássio, cálcio, magnésio e o carbono orgânico total. Para a análise o laboratório utilizou a metodologia empregada no manual de métodos de análise de solo da EMBRAPA (1997), a aplicada por Bremner (1982) e Yeomans e Bremner (1988).

3.2.2.6 Metodologia para a análise de serrapilheira

Para a estimativa da biomassa da serrapilheira, formada por matéria vegetal morta, foram selecionados quadrados de 1 x 1 m e coletado todo o material que se encontrava dentro deste (Figura 14).

Após a coleta o material foi levado para o laboratório SOLAE onde foi realizada a pesagem do material (Figura 15). Para estimar esta biomassa em t/há (1ha = 10.000 m²), deve-se utilizar a seguinte equação:

$$\times = \text{Peso da serrapilheira} \times 10.000$$

Figura 14 - Material para coleta da serrapilheira



Fonte: Autora, 2023.

Figura 15 - Análise de serrapilheira



Fonte: Autora, 2024.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

Durante a visita nos pontos foram observados o estado de conservação das áreas e os impactos negativos causados por ações antrópicas, chegando a seguinte avaliação.

- **Área 01 - (5°3'50.80"S; 42°42'52.96"O)**

A área 01 localizada no condomínio Vila Imperial que se encontra nas margens da BR365 encontra-se de médio para bom estado de preservação mostrando poucas interferências na área de margem do riacho (Figuras 16, 17 e 18).

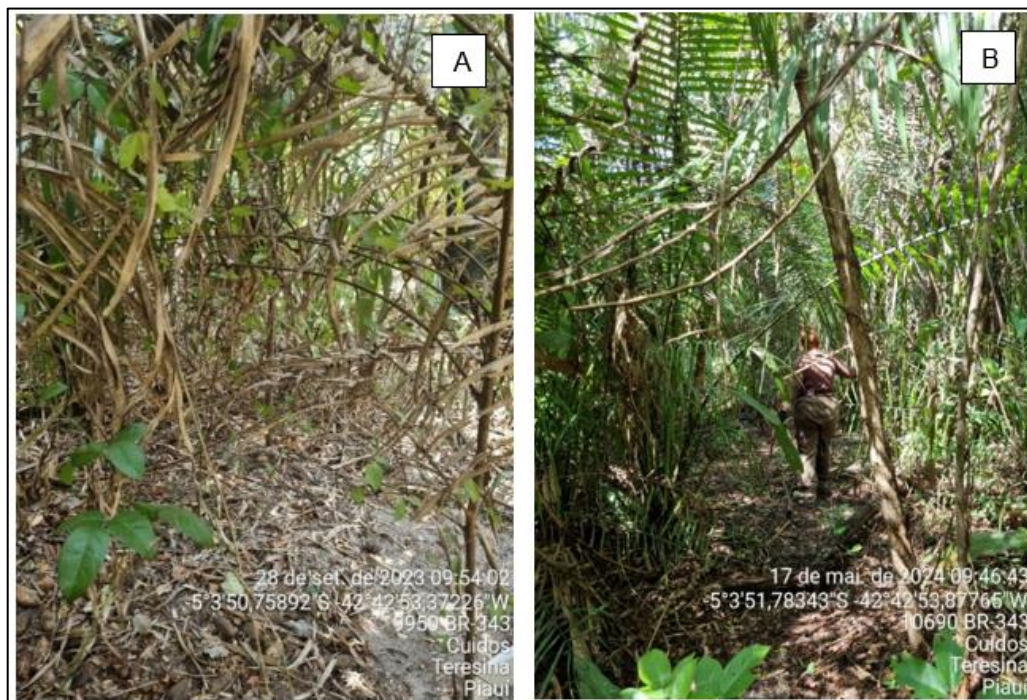
Foi observado presença de cobertura vegetal nativa em quase toda a área, com exceção de um trecho cuja falta de vegetação, deixando o solo desprotegido, deixa o trecho do riacho suscetível a assoreamento do corpo hídrico uma vez que por meio de escoamento superficial da água das chuvas o solo da área pode passar por um processo de erosão laminar. No final período chuvoso é possível observar que a área fica coberta por gramíneas e algumas plantas invasoras que se estendem por todo o solo desprotegido.

O processo de assoreamento pode causar estreitamento do canal e com o tempo a descontinuidade dele. No trecho desmatado também foi observado uma obra de drenagem que consiste no aumento do canal formando uma bacia de contenção para segurar a vazão do riacho no período chuvoso impedindo que ele extravase para

dentro da área do condomínio.

Nesse ponto não foi observado a presença de resíduos sólidos nem de despejo de efluentes. Havia, porém, vestígios de gado nas áreas onde a vegetação estava menos densa.

Figura 16 - Área de vegetação nativa da área 01 no período seco



Fonte: (A) Autora, 2023; (B) Autora, 2024.

Figura 17 - Obra de drenagem em trecho do riacho na área 01 no período seco (A) e no período chuvoso (B)



Fonte: (A) Autora, 2023; (B) Autora, 2024.

Figura 18 - Canal do riacho na área 01 no período seco (A) e no período chuvoso (B)



Fonte: Autora, 2024.

- **Área 02 - (5°5'16.46"S; 42°46'5.89"O)**

Á área 02, localizada na avenida Fernando Pires Leal, foi identificada como a área mais problemática por possuir inúmeros problemas que colocam em risco a qualidade do ambiente. Dentre os impactos observados temos desmatamento e invasão da APP, solo desprotegido, compactação do solo, grande quantidade de resíduo sólido descartado, poluição do solo e da água, queimadas, presença de plantas invasoras, possível eutrofização da água pelo excesso de resíduo orgânico (Figuras 19, 20, 21, 22 e 23).

Nessa área há um contêiner de descarte de resíduos o que fez com que houvesse o encorajamento para o descarte na área que acabou se transformando em um lixão. Dentre os resíduos foi possível observar restos de podas, animais mortos, resíduos domésticos e restos de construção. Para a retirada da grande quantidade de resíduos são utilizadas escavadeiras que além de retirar o lixo acaba raspando e revolvendo o solo. Esse solo exposto, contaminado e desagregado é facilmente carregado para o riacho por escoamento superficial.

Outra importante questão é o fato de a área ser uma vereda, que deveria ter uma app de 50m de acordo com o código florestal. As áreas de veredas possuem solos saturados na maior parte do ano e são importantes áreas de recarga de aquíferos. A poluição do solo desta área significa a poluição dos aquíferos presentes na área, bem como o desmatamento acaba comprometendo a recarga hídrica uma vez que compromete a capacidade do solo de infiltrar a água.

Neste ponto foram realizadas 3 coletas de solo no período chuvoso, porém no

período chuvoso só possível realizar 2 coletas pois a água havia inundado a área onde foi realizada a terceira coleta. A área inundada chega até área de solo exposto, formando alguns caminhos de água por entre o lixo. Essa área que no período seco apresenta focos de queimada, no período chuvoso é coberto por uma vegetação rasteira e uniforme.

Figura 19 - Contêiner de coleta de resíduos na APP do riacho



Fonte: Autora, 2023.

Figura 20 - Grande quantidade de resíduos na área 02 no período seco (A) e no período chuvoso(B)



Fonte: (A) Autora, 2023; (B) Autora, 2024.

Figura 21 – Foco (A) e vestígios (B) de queimada na APP na área 02



Fonte: Autora, 2023.

Figura 22 - Escavadeiras fazendo a raspagem do solo para retirada de resíduos na área 02



Fonte: Autora, 2024.

Figura 23 - Área 02 inundada e coberta por vegetação invasora



Fonte: Autora, 2024.

- **Área 03 - (5°5'34.64"S; 42°46'29.67"O)**

A área 03 fica localizada Rua 1, no Bairro São João, próximo à Avenida dos Ipês e se encontra em processo de expansão imobiliária, com um conjunto de habitações sendo construídas em uma área que deveria ser a APP do riacho, inclusive por fazer parte de uma área de vereda (Figuras 24, 25, 26, 27 e 28).

Essa área sofre não só com o desmatamento da área de app que está sendo substituída por plantas invasoras como também é observado o processo de soterramento com resíduos de construção civil. Foi possível também observar bocas de esgotos sem tratamento sendo lançados na área do riacho. Em uma altura é possível encontrar uma oficina que retira e joga água não tratada no riacho.

O desmatamento e impermeabilização do solo nesta área compromete a recarga hídrica do aquífero além de causar um grande aumento de vazão da água que escoar pela bacia podendo causar inundações nas áreas mais baixas.

A grande quantidade de resíduos da construção civil depositados pode causar além do assoreamento da área a perda da qualidade ambiental por conter resíduos perigosos que contaminam o meio e por ser uma área suscetível a proliferação de vetores de doenças comprometendo a saúde humana. Esses resíduos possuem potencial de contaminação do solo causando por consequente contaminação da

vegetação e do aquífero. Além disso um solo contaminado dificulta o crescimento de plantas, causando perda de biodiversidade.

Figura 24 - Casas invadindo a área de APP na área 03



Fonte: Autora, 2024.

Figura 25 - Resíduos de construção civil na área 03



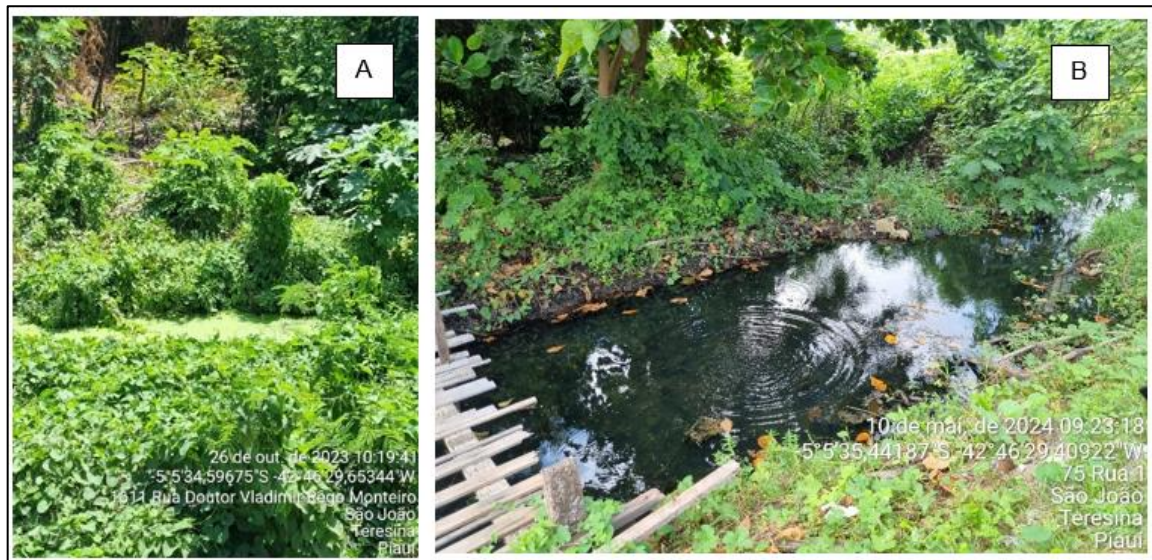
Fonte: Autora, 2024.

Figura 26 - Soterramento da área de vereda no ponto 03



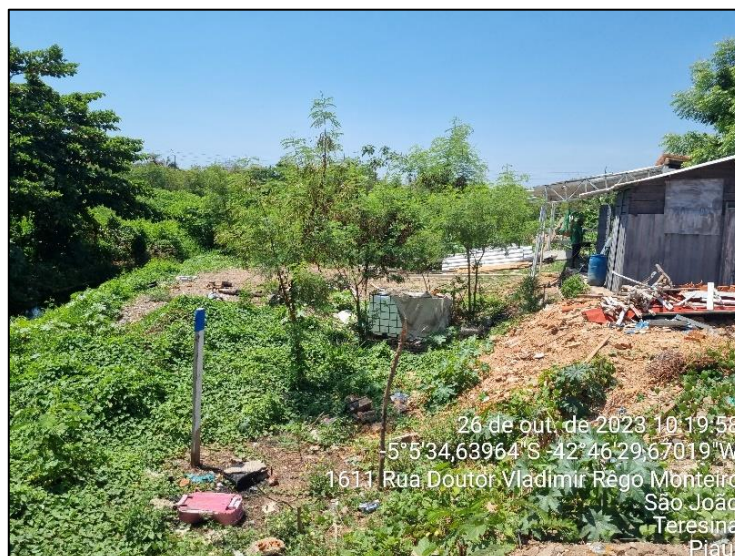
Fonte: Autora, 2024.

Figura 27 - Canal do riacho na área 03 no período seco (A) e no período chuvoso (B)



Fonte: (A) Autora, 2023; (B) Autora, 2024.

Figura 28 - Oficina ilegal na APP na área 03



Fonte: Autora, 2023.

- **Área 04 - (5°5'2.11"S; 42°45'34.20"O)**

O ponto 04 está localizado no Recanto das Palmeiras, no Bairro Livramento, e se apresenta como a área em mais bem estado de preservação dentro do perímetro urbano. Esta área apresenta uma exuberante mata nativa, formada principalmente por Palmeiras na parte mais afastada do leito do riacho e com o canal em natura apresentando uma grande vazão (Figuras 29, 30, 31 e 32). A única intervenção humana observada neste ponto foi um canal de efluente doméstico que pode ser observado de uma casa que está localizada próximo à mata nativa que margeia o riacho.

Nesta área a APP com mata nativa respeita o seu limite imposto pela lei. Foi observado uma grande vazão do riacho mesmo no período seco e pode ser observado pelo estado do solo que grandes porções da área ficam inundadas nos períodos mais chuvosos do ano. Devido a vegetação espessa no período chuvoso não foi possível chegar em um dos pontos em que foi realizado coleta no período seco. O solo se apresenta com bastante cobertura vegetal e se encontrava bastante úmido mesmo no período seco.

Essa área de grande importância se encontra ameaçada e embora esteja bem preservada em boa parte do seu entorno é possível observar a pressão provocada pela expansão urbana.

Figura 29 - Riacho Itararé na área 04 no período seco (A) e no período chuvoso (B)



Fonte: (A) Autora, 2023; (B) Autora, 2024.

Figura 30 - Vegetação nativa na área 04



Fonte: Autora, 2024.

Figura 31 - Palmeiras na área 04



Fonte: Autora, 2024.

Figura 32 - Canal de efluente doméstico no ponto 04



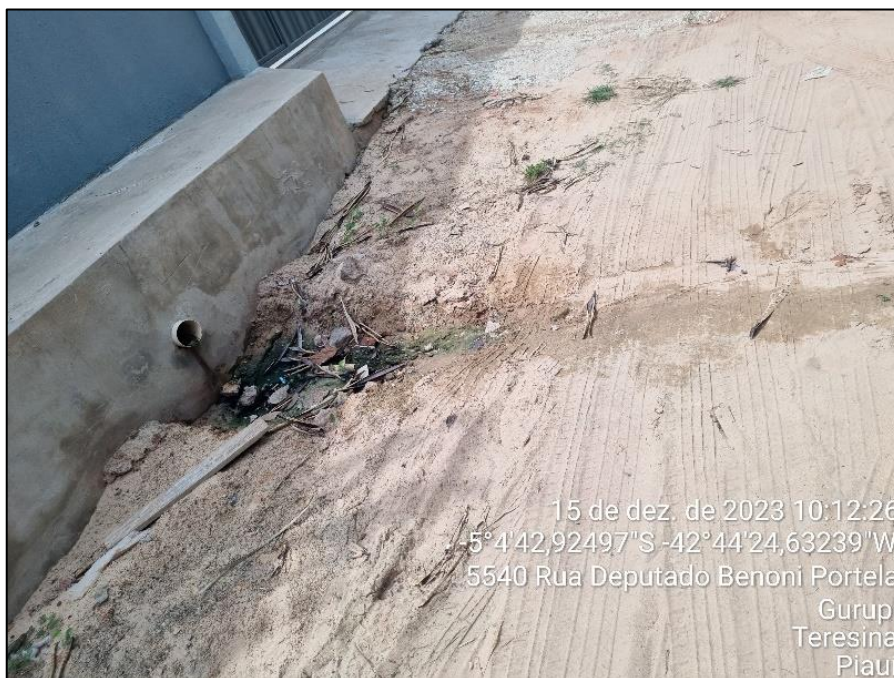
Fonte: Autora, 2023.

- **Área 05 - (5°4'42.03"S; 42°44'26.32"O)**

A área 05 está localizada na Rua Deputado Benoni Portela, no Bairro Gurupi, e apresenta problemas como invasão da APP do riacho, presença de resíduos sólidos, principalmente os da construção civil, despejo de efluentes domésticos, desmatamento, assoreamento do corpo hídrico e contaminação do solo e corpo hídrico (Figuras 33, 34, 35, 36, 37 e 38).

A área apresenta parte de sua APP tomada pela expansão imobiliária onde é possível observar inúmeras casas construídas e em construção na área que deveria ter vegetação nativa. Por ser uma área de crescimento imobiliário muito do resíduo que se encontra descartado de forma irregular no solo da app é da construção civil o que pode causar problemas de contaminação do solo e consequentemente da água, além de impedir o crescimento de plantas. Com o tempo esse material que é despejado pode acabar por soterrar a área acabando com a biodiversidade do local. Além dos resíduos de construção civil também pode ser observado resíduos domésticos.

Figura 33 - Efluentes domésticos sendo despejados na área 05



Fonte: Autora, 2024.

Figura 34 - Resíduos químicos de efluentes domésticos na área 05



Fonte: Autora, 2024.

Figura 35 - Resíduos sólidos na área 05



Fonte: Autora, 2023 e 2024.

Figura 36 - Expansão imobiliária na área de APP no ponto 05



Fonte: Autora, 2023.

Nessa área ainda há uma boa cobertura vegetal formada por espécies nativas e exóticas que acabam por formar uma boa camada de cobertura vegetal no solo durante o período seco. Nesse ponto a vazão do riacho não é alta e o canal é estreito o que pode deixar a área mais suscetível ao soterramento e descontinuidade do corpo hídrico. O solo da área se encontra úmido mesmo no período seco, porém na porção mais afastada da margem do riacho e mais próximo as casas a umidade do solo podem ser causadas pelos efluentes domésticos ou resíduos líquidos das construções.

Nesta área não foi possível chegar ao terceiro ponto de coleta que foi realizado no período seco pois está se encontrava inundada.

Figura 37 - Vegetação da área 05 no período chuvoso



Fonte: Autora, 2024.

Figura 38 - Área do terceiro ponto inundada (A) e seca (B) no ponto 05 no período chuvoso



Fonte: Autora, 2024.

- **Área 06 - (5°4'44.09"S; 42°44'34.15"O)**

A área 06 fica localizada Deputado Benoni Portela, próximo à avenida Tote Oliveira, no Bairro Gurupi, atrás da Pousada Girassol. Nessa área é possível observar ainda a presença de uma vegetação nativa e há uma predominante presença da espécie Macaúba (Figura 39).

Nessa área foi observado principalmente despejo de efluente proveniente da pousada na proximidade que se encontra dentro do limite da APP do riacho, despejo de resíduo sólido doméstico e queimadas. Além disso foi observado soterramento de parte do leito do riacho com material proveniente de uma obra de drenagem de desvio do riacho que foi realizada na BR343 na região. A obra ainda modificou a vazão do riacho na área que agora está recebendo uma quantidade de água que não era comum para a área causando a descaracterização da área (Figuras 40, 41 e 42).

Os resíduos sólidos e líquidos contaminam não só o solo como a água. A presença de queimadas na região também deixa o solo pobre e a longo prazo pode causar a infertilidade do solo que ficará propício a erosão causando ainda mais assoreamento do corpo hídrico, além de poder vir ser a causa de perda de biodiversidade na área.

Figura 39 - Vegetação no ponto 06



Fonte: Autora, 2023.

Figura 40 - Efluente sendo despejado na APP na área 06



Fonte: Autora, 2024.

Figura 41 - Foco de queimada na APP na área 06



Fonte: Autora, 2024.

Figura 42 - Inundação em ponto assoreado na área 06



Fonte: Autora, 2024.

No abaixo, estão listadas as principais ameaças encontradas nos pontos que foram visitados durante a coleta de dados do trabalho.

Quadro 5 - Principais ameaças encontradas nas áreas visitadas.

SETOR	COORDENADA	AMEAÇAS ANTRÓPICAS	DETALHAMENTO
PONTO 1	5°3'50.80"S ; 42°42'52.96"O	• ASSOREAMENTO; • INVASÃO DA APP.	Nesta área é possível observar que uma parte da APP do riacho foi invadida pela construção de um condomínio causando principalmente assoreamento do corpo hídrico no ponto o que pode causar a descaracterização do canal hídrico.
PONTO 2	5°5'16.46"S ; 42°46'5.89"O	• DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS; • DESMATAMENTO; • ASSOREAMENTO; • EROSÃO.	Nesta área foi observado uma grande quantidade de resíduos sólidos despejados de forma inadequada no solo causando a poluição do mesmo e da água do riacho. Além disso a área encontrasse desmatada deixando o solo exposto e suscetível a erosão. Assoreamento do corpo hídrico pela erosão laminar do solo.
PONTO 3	5°5'34.64"S ; 42°46'29.67"O	• INVASÃO DA APP; • DESMATAMENTO; • DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS; • LIBERAÇÃO DE EFLUENTE NÃO TRATADO.	Nesta área foi observada a construção de várias casas de forma irregular na APP do riacho. Houve um grande desmatamento da área e soterramento de parte do riacho por resíduos da construção civil. Foi observado canais de esgoto direcionados para o riacho e a presença de uma oficina lava jato que retira e joga água no riacho.
PONTO 4	5°5'2.11"S ; 42°45'34.20"O	• LIBERAÇÃO DE EFLUENTE NÃO TRATADO	Esta é a área mais preservada dos locais visitados, sendo está a área de comparação de qualidade. Única intervenção humana observada foi um canal que vai de uma casa até a APP do riacho que contém água residual da casa.
PONTO 5	5°4'42.03"S ; 42°44'26.32"O	• DESCARTE DE RESÍDUO SÓLIDO INADEQUADO; • INVASÃO DA APP; • LIBERAÇÃO DE EFLUENTE NÃO TRATADO.	Área rodeada por casas recentemente construídas e que se encontram ou muito próximas ou dentro do perímetro da APP. Nesse ponto foi observado principalmente o descarte de resíduos sólidos inadequados sendo a maior parte resíduos da construção civil. Além disso foram observados várias bocas de esgotos nas portas da casa cuja água, devido ao relevo do terreno, iam diretamente para a área de APP.

PONTO 6	5°4'44.09"S ; 42°44'34.15"O	- LIBERAÇÃO DE EFLUENTE NÃO TRATADO; - INVASÃO DA APP; ASSOREAMENTO.	Área se encontra atrás de um motel onde foi observado pelo menos 1 cano que despeja efluentes que vão para a área de APP do riacho. Foi possível observar que houve invasão da área que deveria ser de APP além de assoreamento do riacho pelo despejo de resíduos de construção civil causando uma descaracterização com o desvio do caminho natural da água do riacho.
----------------	--------------------------------	---	--

Fonte: Autora, 2024.

A matriz de impacto presente no quadro 6 foi baseada na proposta de Leopold et al (1971), com algumas alterações para que se enquadre na realidade do local. A matriz possui um eixo para os pontos visitados e outro para os impactos encontrados, onde cada impacto é qualificado como Presente (P), Ausente (A) ou Não Observado (N.O), bem como é avaliado de acordo com a sua significância onde a cor azul aponta baixa grau de perigo, a cor lilás médio grau de perigo e a cor laranja alto grau de perigo.

Quadro 6 - Matriz de impacto

PONTOS	IMPACTOS NEGATIVOS OBSERVADOS									
	Desmatamento recente	Resíduos sólidos	Despejo de efluentes	Invasão da APP	Solo exposto	Ponto de eutrofização	Resíduos químicos	Ponto de inundação	Compactação do solo	Assoreamento
P01	P	A	A	P	P	A	A	A	A	P
P02	P	P	A	P	P	P	P	P	P	P
P03	P	P	P	P	P	P	P	N. O	P	P
P04	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A
P05	A	P	P	P	A	N. O	P	P	P	P
P06	A	P	P	P	A	P	P	P	P	P

LEGENDA: A – Ausente, P – Presente, N.O – não observado.

Grau de perigo:

Alto: Área muito degradada, com comprometimento da funcionalidade do ecossistema. Apresenta desmatamento em grande escala, erosão acentuada, perda de biodiversidade e comprometimento da qualidade da água.

Médio: Área significativamente degradada com início de processos danosos ao meio e a funcionalidade do ecossistema.

Baixo: Pequenas alterações que não comprometem significativamente das funções do ecossistema.

Fonte: Autora, 2024

4.2 ANÁLISE DE DENSIDADE

A densidade determina a massa de uma determinada quantidade de solo. Ela ajuda a compreender o grau de compactação do solo (decréscimo do espaço poroso), que influencia diretamente na retenção de umidade do solo, no crescimento das raízes e na disponibilidade de nutrientes (Richart *et al*, 2005; Araújo *et al*, 2012; Devichio, 2024). Um solo de alta densidade, compactado impede a penetração das raízes, diminui os espaços porosos onde há trocas gasosas e retenção de água e deixa o solo mais suscetível à erosão.

Nas tabelas 3 e 4 podemos observar a densidade das amostras de solo das áreas visitadas no período seco e chuvoso. Observamos que a maioria das áreas apresentaram densidade abaixo de 1 no período seco, com exceção dos pontos P06 e para o período chuvoso observamos que todos com pontos, com exceção do P05 deram densidade acima de 1. A densidade do solo pode ser afetada pela textura do solo (argiloso, arenoso, siltoso) sendo os solos arenosos os que possuem maior densidade (Pereira, Locatelli e Souza, 2016).

Tabela 2 - Densidade do período seco

AMOSTRA	PESO EM g	DENSIDADE (MÉDIA)
P2.1	85 g	0,66 g/cm ³
P2.2	58 g	
P2.3	42 g	
P4.2	99 g	0,93 g/cm ³
P4.3	76 g	
P5.2	66 g	0,70 g/cm ³
P6	127 g	1,36 g/cm ³

Fonte: Autora, 2024.

Tabela 3 - Densidade do período chuvoso

AMOSTRA	PESO EM g	DENSIDADE (MÉDIA)
P1.1	87 g	1,15 g/cm ³
P1.2	128 g	
P2.1	155 g	1,4 g/cm ³
P2.2	118 g	

P4.2	110 g	1,18 g/cm ³
P5.1	87 g	0,92 g/cm ³
P5.2	85 g	
P6	107 g	1,15 g/cm ³

Fonte: Autora, 2024.

Os latossolos amarelos, classe de solo na qual a área de estudo está inserida, apresenta textura argilosa e muito argilosa. A literatura traz diferentes valores para considerar se uma área está em estado crítico de compactação para latossolos. Locatelli et al (2009) trouxe que para Latossolos amarelos o valor considerado crítico é acima de 1,20 g/cm³, a partir deste valor pode haver o impedimento do crescimento das raízes. Sá e Júnior (2005) traz que valores acima 1,10 g/cm³ já caracteriza um solo compactado. Reinert *et al.* (2008) propôs diferentes valores de densidade de acordo com o tipo de solo de acordo com índices de intervalo hídrico ótimo chegando a diferentes valores de acordo com a textura do solo sendo 1,30 a 1,40 Mg m⁻³ para solo argiloso, 1,40 a 1,50 Mg m⁻³ para solos intermediários e 1,70 a 1,80 Mg m⁻³ para solos arenosos. Não há um consenso sobre os valores limites pois o padrão vai depender das características da área.

Levando em conta os valores apresentados nas literaturas e o valor apresentado para o ponto mais preservado, P04, podemos observar que apesar de apresentar muitos valores acima de 1g/cm³ os pontos apresentam não apresentam uma densidade elevada, porém os pontos P02 e P06 apresentam valores que acendem um sinal de atenção.

O ponto P02 apresentam uma grande área desmatada onde o solo fica completamente desprotegido. No período seco há um constante revolvimento do solo para a retirada de resíduos solos por meio de escavadeiras, esse revolvimento acaba reduzindo a densidade do solo nas camadas superficiais do solo deixando-o mais areado. No período chuvoso o solo desprotegido sofre o impacto das chuvas fazendo com que o solo seja perdido a porção superficial por erosão laminar e a parte inferior fique mais compactada (Donagemma, Viana e Andrade, 2007).

O ponto P06 apresenta valores mais elevados de densidade, principalmente no período seco. Essa área apresenta alguns impactos pela intervenção antrópica, como queimadas, despejo de efluentes e alguns desmatamentos. Esses fatores podem ter alterado o solo da região, e mesmo que a área apresente uma cobertura vegetal

relativa o solo apresenta os sinais de degradação. Uma das explicações para o aumento da densidade é a perda do solo superficial por erosão laminar que acaba deixando exposto o solo mais profundo e mais compactado. A baixa quantidade de umidade no solo também deixa o solo mais denso pela menor quantidade de espaço entre os poros que no período chuvoso é mais expansivo pelo preenchimento com água.

4.3 ANÁLISE DE SERRAPILHEIRA

O acúmulo de serrapilheira (folhas, galhos, frutos, flores, restos animais) é uma das principais formas de reposição de matéria orgânica e por tanto de nutrientes no solo além de melhorar a sua qualidade física e química (Pimentel *et al.*, 2023). O acúmulo de serrapilheira é um indicador ambiental, quanto maior o acúmulo de material melhor a proteção do solo e maior será a reposição de nutrientes na área (Barbosa e Farias, 2006; Moreira, 2021; Oliveira, 2023). A serrapilheira atua em vários processos ecossistêmicos e na manutenção do ecossistema sendo uma das principais importância a proteção do solo contra processos erosivos, protegendo o solo contra o impacto da chuva e ajudando a manter a umidade ajudando a deixar o solo mais estruturado (Campos et al, 2008).

A queda e consequente acúmulo desse material proveniente da vegetação presente na área está ligada ao processo de senescência das plantas que pode variar de acordo com o tipo de vegetação e fatores ambientais como a disponibilidade hídrica, tipo de solo, temperatura do meio (Sousa, 2003).

Para esta análise temos que no período seco o ponto 6 produz mais serrapilheira por hectare seguido dos pontos 5 e 2 (Tabela 5) e no período chuvoso o ponto 4 produziu maior quantidade de serrapilheira seguido pelo ponto 1 e o 5 (Tabela 6).

Tabela 4 - Serrapilheira do período seco

AMOSTRA	PESO EM KG	MÉDIA	KG/Ha
P.1.1	1.150 kg	1.283 kg	12.830 Kg/Ha
P.1.2	1.500 kg		
P.1.3	1.200kg		
P.2	1.800 kg	1.800 kg	18.000 Kg/Há
P.4.1	900 g	1.633 kg	16.330 Kg/Há

P.4.2	2.100 kg		
P.4.3	1.900 kg		
P.5.1	2.300 kg	1.816 kg	18.160 Kg/Há
P.5.2	1.250 kg		
P.5.3	1.900kg		
P.6	2.250 kg	2.250 kg	22.500 Kg/Ha
TOTAL	18.25 kg	8,782 kg	87.820 Kg/Ha

Fonte: Autora, 2024.

Tabela 5 - Serrapilheira do período chuvoso

AMOSTRA	PESO EM KG	MÉDIA	KG/Ha
P.1.1	2.600 kg	1.975 kg	19.750 Kg/Ha
P.1.2	1.350 kg		
P.4.1	2 kg	2 kg	20.000 Kg/Ha
P5.1	1.400 kg	1.500 kg	15.000 Kg/Ha
P.5.2	1.600 kg		
P.6	1.300 kg	1.300 kg	13.000 Kg/Ha
TOTAL	10,25 Kg	6,775 kg	67,750 Kg/Ha

Fonte: Autora, 2024.

O maior acúmulo apresentado no período seco pode ser atribuído as condições do ambiente como a umidade e a temperatura (Oliveira, 2023). Nos períodos mais secos a vegetação tem maior perda de folhas que no período chuvoso, isso se deve a senescência das folhas no período mais quente em contrapartida com o brotamento de novas folhas no período mais úmido. No período chuvoso também é possível observar uma maior presença de galhos, frutos e material reprodutivo das plantas. Os dados mostram que a temperatura e precipitação são um importante fator para a precipitação da serrapilheira. Em períodos mais secos há uma menor taxa de decomposição dos materiais pela diminuição da atividade dos organismos decompositores. Além disso a baixa quantidade de chuva diminui a perda do material acumulado do solo pelo escoamento com a água, permitindo que ele permaneça mais tempo no solo (Henriques *et al*, 2016; Pimentel *et al*, 2021).

Os pontos P04 e P06 fazem parte do grupo 3, estando representados como os mais preservados dentre as áreas visitadas. Nestes dois pontos a produção de

serrapilheira foi alta tanto no período seco quanto no chuvoso, porém o P04 apresentou um maior acúmulo no período chuvoso enquanto o P06 apresentou um maior valor no período seco. Essas duas amostras se encontram em área de maior adensamento vegetacional, menor interferência antrópica e com um solo mais protegido e com maior umidade. No ponto P04 no período chuvoso só foi possível realizar coleta em um dos pontos pois os outros se encontravam alagados.

A diminuição dos valores em algumas áreas no período chuvoso pode ser dada ao fato de que neste período há o maior arraste do material superficial e maior atividade dos organismos decompositores. Outro fator importante é o estágio sucessional, uma vegetação jovem necessita de uma maior absorção de nutrientes, já plantas mais desenvolvidas depositam mais material pelo envelhecimento de suas folhas e galhos, por tanto, áreas em que, por exemplo, a vegetação está se recuperando de uma interferência e apresenta muitas plantas jovens, podem produzir uma grande quantidade de serrapilheira para suprir as necessidades nutricionais (Campo *et al*, 2008). O relevo também pode contribuir para o acúmulo uma vez que área com depressões e mais baixas do relevo podem receber e acumular o material que vem junto com as águas da chuva. Áreas mais planas podem também acumular bastante material pela baixa suscetibilidade de arraste do material depositado. Esses fatores podem ser algumas das explicações do porquê os P04 e P01 apresentaram um maior acúmulo de serrapilheira no período chuvoso.

O ponto P02 produziu no período seco 1.800 kg de serrapilheira, porém não foi possível realizar nova coleta no período chuvoso neste ponto pois a área se encontrava alagada. Este ponto apresentou apenas 1 espécie vegetacional, compatível com uma gramínea baixa (Figura 43).

Figura 43 - Serrapilheira do ponto P02 no período seco



Fonte: Autora, 2024.

A área de APP do riacho apresenta uma produção significativa de serrapilheira e que varia de acordo com o período do ano com os maiores valores observado no período seco, onde as condições climáticas propiciam o seu acúmulo. Apesar disso algumas áreas como o ponto P6 e P1 apresentara uma baixa quantidade em comparação com as outras áreas. Foi observado ainda nessas áreas a necessidade de uma diversidade na vegetação, com diferentes espécies e diferentes extratos arbóreos.

A serrapilheira é muito importante na conservação do solo pois além de proteger contra impactos, ajudar na conservação da temperatura e umidade ela ajuda na reposição de matéria orgânica no solo e consequentemente na reposição de nutrientes. A preservação da vegetação nessas áreas então é de grande importância para garantir a produção de biomassa garantindo a saúde do solo e qualidade do ambiente.

4.4 ANÁLISE DA MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA (MOP)

A matéria orgânica particulada (MOP) é uma porção da matéria que ainda está nos estágios iniciais de decomposição e ainda apresenta visualmente as características morfológicas do material depositado, pode variar de 0,053 e 2mm. Essa fração orgânica é sensível as alterações no solo e é a partir da fragmentação dela que temos a matéria orgânica mineral em sua forma coloidal que pode ser absorvida pelas plantas (Rossi *et al*, 2012; Amendola, 2017; Oliveira, 2023; Bezerra,

2023).

Na tabela 2 é possível observar a média em g da quantidade de MOP em cada solo coletado nos pontos e a porcentagem de MOP para 50g de solo. Para entender o estado do solo com relação ao solo tomaremos por base o resultado dado pelo ponto P04 que segundo a análise ambiental é o ponto menos impactado.

Para o ponto P04 temos o valor de 3,36% de MOP no período seco e 0,11% no período chuvoso. No período seco então é observado uma grande quantidade de matéria orgânica particulada já no período chuvoso essa quantidade diminui drasticamente. Essa queda pode ser causada por fatores ambientais da área que alteram a dinâmica da matéria orgânica como a perda da matéria orgânica pelo escoamento superficial das águas das chuvas, lixiviação da matéria para camadas mais profundas do solo o que diminui a quantidade de matéria orgânica nas camadas mais superficiais do solo, aumento da decomposição da matéria orgânica no período mais úmido e consequente aumento de nutrientes disponíveis para as plantas (EMBRAPA, 2004; Costa, Silva e Ribeiro, 2013). No período seco há uma menor decomposição da matéria orgânica e maior acúmulo no solo uma vez que o material não é escoado ou lixiviado e há uma lenta degradação do material.

Tabela 6 - Matéria orgânica particulada

Período	Ponto	Média (g)	Porcentagem (%)
SECO	P1	0,1042	0,2084
	P2	1,3746	2,7492
	P4	1,6807	3,3614
	P5	0,09605	0,1921
	P6	0,0225	0,0450
CHUVOSO	P1	0,0972	0,1944
	P2	Irrelevante	Irrelevante
	P4	0,05585	0,1117
	P5	0,01985	0,0397
	P6	0,0143	0,0286

Fonte: Autora, 2024.

O ponto P02 é o que mais se aproxima em questão de matéria orgânica do ponto P04 no período seco, porém se apresenta como a área mais degradada dentre

as áreas visitadas. O ponto P02 é caracterizado como uma grande área desmatada onde há grande acúmulo de resíduos sólidos. Muitos desses resíduos são orgânicos como restos de poda e domésticos em grandes quantidades. Esse material em grande quantidade com diferentes composições e tamanhos no período seco acaba tendo uma decomposição mais lenta e por tanto acumula MOP. O constante aporte de resíduos compensa, em questão de deposição de MOP, a falta do aporte por meio da vegetação. No período chuvoso só foi possível realizar 1 coleta de solo uma vez que as outras áreas se encontravam alagadas. Na área em que foi coletado o MOP se mostrou irrelevante, mostrando que a área não consegue reter matéria orgânica nesse período no ponto onde foi coletado. Isso pode ocorrer pelo fato de todo o material orgânico particulado na área ser escoado superficialmente com a água da chuva até o riacho. Isso mostra que a grande quantidade de MOP no ponto P02 semelhante ao ponto P04 não indica que a área também esteja preservada e sim que há um grande acréscimo de matéria orgânica de forma não natural e que pode trazer problemas para a área como a sua contaminação e eutrofização do riacho (Bezerra, 2023).

Os demais pontos apresentaram baixo valor de MOP quando comparados ao ponto P04 porém observasse apenas uma pequena variação entre os períodos seco e chuvoso em cada uma das áreas e sugeri uma baixa dinâmica da matéria orgânica. Todas as áreas apresentam baixa quantidade de MOP no período chuvoso. O Ponto P06 apresentou um grande déficit de matéria orgânica tanto no período seco quanto no chuvoso indicando que o solo pode estar degradado e necessita de uma maior reposição de matéria orgânica.

4.5 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

A análise química do solo traz informações mais precisas sobre o estado de fertilidade do solo, quantificando os elementos químicos essenciais para o desenvolvimento das plantas. Os principais macronutrientes necessários para o crescimento das plantas são N (Nitrogênio), P (Fósforo), K (Potássio), Ca (Cálcio), Mg (Magnésio), S (Enxofre) e os micronutrientes são Fe (Ferro), B (Boro), Zn (Zinco), Cu (Cobre), Mo (Molibdênio), Cl (Cloro), Ni (Níquel). A análise química do solo avalia principalmente a disponibilidade de P, K, Ca, Mg e os excessos de Al (Alumínio) e H (Hidrogênio) que podem causar toxidez (Borges e Souza, 2011). Para o presente trabalho os dados levantados foram de Ca, Mg, K, Na (Sódio), P, N, MO (Matéria orgânica), C (Carbono), pH (Potencial Hidrogeniônico), Al, além de entregar dados de

saturação de bases (V), H +Al (Acidez potencial), Saturação por alumínio (m) e a Capacidade de Troca Catiônica (CTC).

O trabalho tem o objetivo de trazer valores químicos do solo dessa região para que sirvam de parâmetro para comparações futuras para compreender se o estado do ambiente está com uma pior ou melhor qualidade. Para a presente análise, no entanto será levado em consideração os valores encontrados no ponto P04 que será tratado como um ambiente controle pois foi o ambiente que apresentou mais bem estado de preservação.

As tabelas 7 e 8 trazem os valores das bases trocáveis, Ca, Mg e K presentes nos períodos seco e chuvoso nos pontos visitados. As bases trocáveis são formadas por cátions que estão ligadas a partículas do solo (coloides) por uma ligação fraca, o que faz com que ele possa ser trocado por outros elementos ficando assim disponível para a absorção pelas plantas. Essas bases trocáveis então influenciam na CTC do solo (Ronquim, 2010; Silva, 2018; Batista *et al*, 1018).

Tabela 7 - Análise de Ca, Mg, e K do solo no período seco

Área		PARÂMETRO (Cmolc/Kg)					
		Ca		Mg		K	
P1	P1.1	5,5	2,60	2,60	0,90	0,15	0,11
	P1.2	2,60	2,10	2,10	1,50	0,08	0,08
	P1.3	7,10	3,90	2,90	2,10	0,12	0,12
P2	P2.1	4,40		1,60		0,09	
	P2.2	9,50		3,40		0,60	
	P2.3	2,60		1,90		0,27	
P4	P4.1	2,80		0,80		0,47	
	P4.2	3,90		1,60		0,18	
	P4.3	3,90		2,10		0,20	
P5	P5.1	10,50		5,10		0,35	
	P5.2	2,10		0,90		0,12	
	P5.3	4,90		2,10		0,18	
P6	P6.1	6,40		1,60		0,13	

Legenda: Ca – Cálcio, Mg – Magnésio, K – Potássio.

Fonte: Autora, 2024

Tabela 8 - Análise de Ca, Mg, e K do solo no período chuvoso

Área		PARÂMETRO (Cmolc/Kg)		
		Ca	Mg	K
P1	P1.1	2,10	1,90	0,10
	P1.2	1,90	0,90	0,10
P2	P2.1	2,20	1,60	0,06
	P2.2	1,10	0,90	0,02
P4	P4.1	3,10	1,40	0,01
	P4.2	2,90	1,90	0,12
P5	P5.1	4,90	1,80	0,18
	P5.2	2,40	2,30	0,20
P6	P6.1	6,40	1,10	0,10

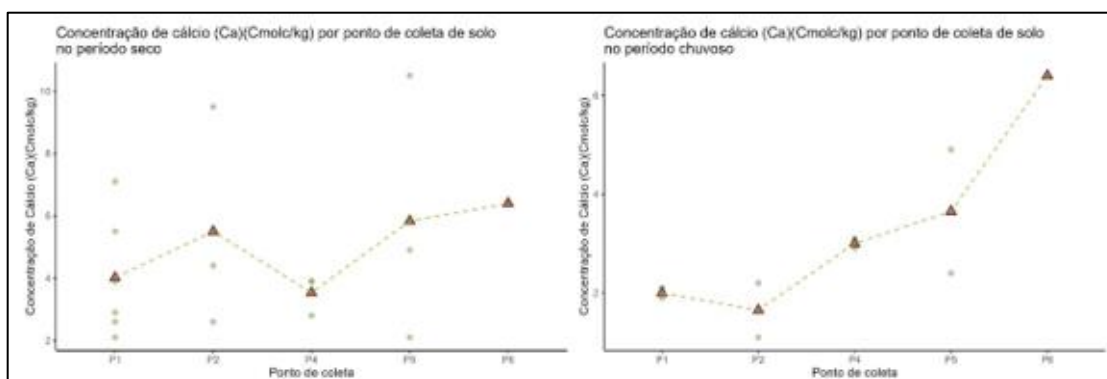
Legenda: Ca – Cálcio, Mg – Magnésio, K – Potássio.

Fonte: Autora, 2024

Com relação aos valores de Ca, que é importante para o crescimento das raízes e formação da parede celular, temos que, no período seco, para o ponto P1 os valores variam de 2,10 a 7,10, no P2 varia de 2,60 a 9,20, no P04 de 2,80 a 3,90, em P05 de 2,10 a 10,50 e em P06 temos o valor de 6,40. Os pontos P05 e P02 apresentam alta disponibilidade de cálcio, ainda mais se comparado com a área P04, já pontos como P01 apresentam baixa quantidade de Ca (Figura 44). A alta quantidade desse elemento nos pontos P02 e P05 pode ser dado ao fato de serem áreas de incremento de matéria orgânica por meio da disposição inadequada de resíduos sólidos na área (Sarah, 2015; Silva, 2018; Silva *et al*, 2020). Altos níveis de Ca podem ser um problema pois podem competir com a absorção de outros nutrientes, que nessa análise se apresentaram em menor quantidade (Leonardo *et al*, 2008). Como já mencionado antes, no período seco há uma menor decomposição da matéria orgânica, o que pode levar a uma diminuição do Ca, por tanto, áreas como o P04 e P01 podem apresentar uma diminuição da quantidade de Ca pela baixa disponibilidade de MO nesse período atrelada a baixa atividade microbiana.

No período chuvoso temos valores que variam de 1,10 a 6,40 Cmol/Kg, sendo o maior valor encontrado no ponto P06 e o menor no ponto P2.2. No período chuvoso o aumento do fluxo de água pode levar a lixiviação das bases trocáveis para as áreas mais profundas do solo, isso pode levar o aumento da acidez do solo e aumentar ainda mais a perda dessas bases.

Figura 44 - Análise de Ca no solo

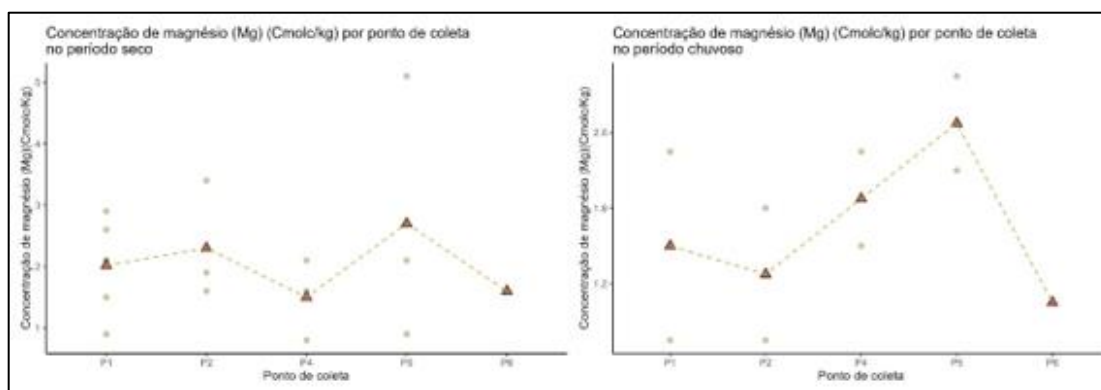


Fonte: Autora, 2024.

O Magnésio auxilia na produção de clorofila e na síntese de açúcar e lipídeos (Sarah, 2015). Na tabela 7 observamos que os valores mais altos foram observados nos pontos P02 e P05 e levando em consideração a média dos valores temos também um elevado valor em P06 (Figura 45). Seguindo os resultados encontrado anteriormente observamos que essas são as áreas onde há uma maior disponibilidade de matéria orgânica por descarte inadequado de resíduos. Algumas literaturas consideram alto o valor de Mg acima de 1,5 Cmolc/kg. O ponto P04, apresentou valores que variam de 0,80 e 2,10 Cmolc/Kg, o que já poderia se considerar um valor alto de Mg que assim como o alto valor de Ca também pode influenciar na absorção de outros nutrientes (Lange *et al*, 2021).

Já no período chuvoso, na tabela 8, temos valores que variam de 0,90 a 2,30, apresentando uma grande queda nos pontos P01, P02 e P05 porém mantendo valores mais próximos da média do período seco nos pontos P04 e P06. Isso pode se dar ao fato de que apesar de no período seco os pontos P02 e P05 terem uma maior introdução de matéria orgânica aumentando a quantidade das bases no período chuvoso o solo mais exposto desses pontos apresentam uma maior capacidade de perda delas.

Figura 45 - Análise de Magnésio

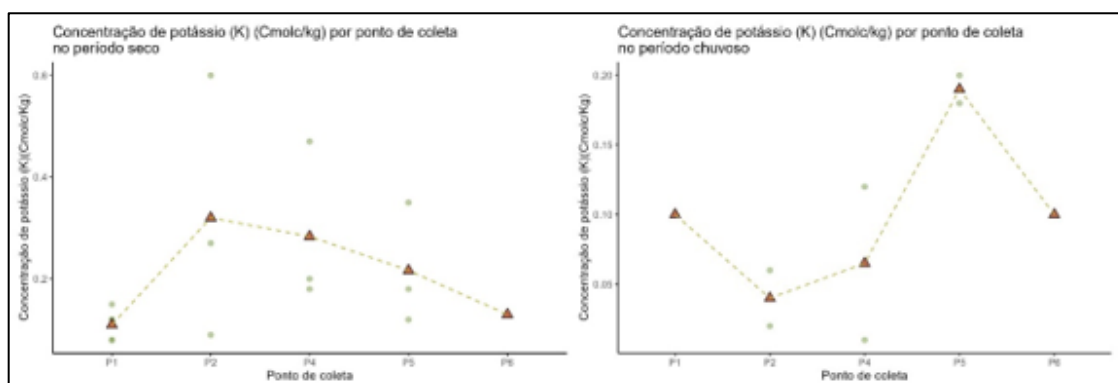


Fonte: Autora, 2024.

A figura 45 mostra a média dos valores de potássio da tabela 7 e 8, onde vemos novamente valores elevados e muito acima da média no período seco para o ponto P02 seguido pelo ponto P04 e P05 enquanto os pontos P01 e P06 apresentaram valores muito baixo. Para o potássio alguns valores de referência apontam que abaixo de 0,10 os valores estão muito baixos e que 0,60 ou mais indicam um valor alto de P. Levando em consideração esses valores e a área mais preservada (P04) embora alguns pontos apresentem valores bem baixos todos estão dentro do limite (Silva, 2018). Os baixos níveis de potássio também podem estar ligados a baixa quantidade de matéria orgânica, principalmente nos pontos P01 e P06.

No período chuvoso os valores de K se encontram bem mais baixo que no período seco principalmente nos pontos P02 e P04 (Figura 46). Essa queda dos valores pode estar relacionada a lixiviação, uma vez que o K é mais suscetível a lixiviação, e o aumento da acidez do solo. Além disso por se apresentar em menor quantidade pode haver uma competição com o Ca e o Mg o que afeta a presença do potássio.

Figura 46 - Análise de Potássio



Fonte: Autora, 2024.

As tabelas 9 e 10 trazem os valores de pH, Al e N. Esses valores estão relacionados a acidez e salinidade do solo e são importantes para a disponibilidade de nutrientes para as plantas. O pH indica a quantidade de hidrogênio no solo e dependendo da sua quantidade o solo pode ser dado como ácido (pH baixo) ou básico (pH alto). Solos muito ácidos podem interferir na quantidade de bases trocáveis. O Alumínio pode ser perigoso para o desenvolvimento das plantas, isso é devido a sua toxicidade que está diretamente relacionada ao pH do solo. Em solos ácidos o Al fica solúvel e pode ser absorvido pelas plantas, então quanto mais ácido for o solo maior o será a quantidade de Al disponível (Ronquim, 2010; Silva, 2011; Sobral *et al*, 2015; Teixeira *et al*, 2017).

Tabela 9 - Análise de pH, Al e Na do solo no período seco

Área		PARÂMETRO					
		pH		Al (Cmolc/Kg)		Na (Cmolc/Kg)	
P1	P1.1	5,9	6	0,20	0,30	0,04	0,04
	P1.2	6,1	6,4	0,25	0	0,04	0,04
	P1.3	6,3	6	0,10	0,15	0,04	0,04
P2	P2.1	7,7		0		0,08	
	P2.2	5,1		0,30		0,28	
	P2.3	3,9		1,50		0,17	
P4	P4.1	5,4		0,30		0,60	
	P4.2	5,3		0,35		0,07	
	P4.3	5,9		0,20		0,05	
P5	P5.1	6,1		0,15		0,66	
	P5.2	6,1		0,20		0,42	
	P5.3	5,8		0,25		0,05	
P6	P6.1	6,2		0,10		0,42	

Legenda: pH - Potencial Hidrogeniônico; Al - Alumínio; Na – Sódio.

Fonte: Autora, 2024.

Tabela 10 - Análise de pH, Al e Na do solo no período chuvoso

Área		PARÂMETRO		
		pH	Al ((Cmolc/Kg))	Na ((Cmolc/Kg))
P1	P1.1	5,3	0,01	0,02
	P1.2	5,1	0,02	0,01
P2	P2.1	5,7	0,02	0,04
	P2.2	4,5	0,01	0,02
P4	P4.1	4,7	0,01	0,01

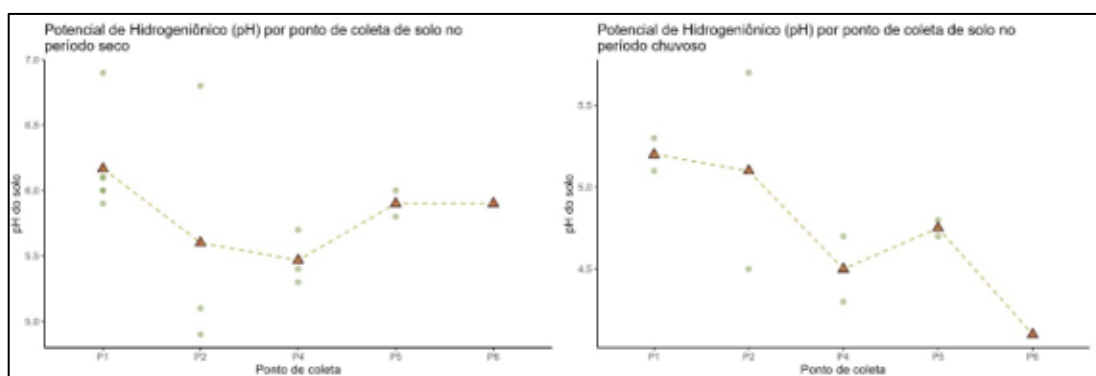
	P4.2	4,3	0	0,02
P5	P5.1	4,7	0,02	0,02
	P5.2	4,8	0,01	0,01
P6	P6.1	4,1	0,02	0,02

Legenda: pH - Potencial Hidrogeniônico; Al - Alumínio; Na – Sódio.
Fonte: Autora, 2024.

Para o pH no período seco temos valores que variam do 3,9 ao 7,7 sendo o pH mais alto em P01 e o mais baixo em P04 (Figura 47). O valor de pH irá indicar o nível de acidez do solo, valores até 5 indicam uma acidez mais elevada, 7 indica valores neutros e acima disso o solo é alcalino. Assim tempo que em média todas as áreas se encontram acima ou no limite do nível de acidez, porém áreas como o P02 apresentaram partes com acidez elevada e outras com perfil alcalino, essa diferença pode ser dada pelo fato de o ponto P01.1 receber mais MO que o ponto P01.3. O ponto P04 apresenta valores bem próximos ao nível de acidez elevada. O ideal seria que o solo chegasse ao limite de 7, atingindo a neutralidade (Oliveira *et al*, 2005; Silva, 2018; Batista *et al*, 2018).

No período chuvoso o pH diminui e o solo apresenta uma característica ácida em todos os pontos, sendo a maior diminuição nos pontos P04 e P06. Essa condição ácida no período chuvoso pode se dar não só por características do solo da região como pela lixiviação das bases trocáveis e aumento de H^+ . No período chuvoso há ainda maior decomposição da matéria orgânica acaba liberando ácidos (Cosme, 2024).

Figura 47 - Análise do pH do solo



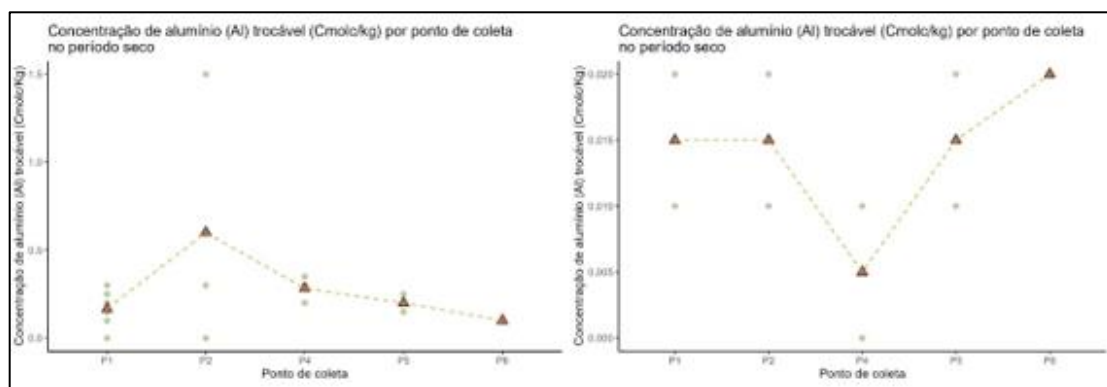
Fonte: Autora, 2024.

O alumínio trocável apresentou valores que variam de 0 a 1,5. Em solos mais ácidos esse íon se encontra em maior abundância (Figura 48). É o que vemos então quando comparamos os dados de pH e os de Al, os solos mais próximos de 7

apresentam uma menor quantidade de alumínio, enquanto os solos mais ácidos, como o do ponto P02 apresentam uma maior quantidade de Al. No ponto P02.1 com o pH de 7,7 o Al chega a ser 0.

No período chuvoso vemos uma grande queda no Al disponível chegando a quase zerar em áreas em que antes se apresentava alta, como é o caso do ponto P02 e P04. Como já mencionado a quantidade de Al está muito ligada ao pH do solo, onde o Al aumenta nas condições ácidas, porém houve diminuição do Al pode estar relacionada a baixa oscilação na quantidade de Ca e Mg no solo que, mesmo tendo havido uma queda ainda apresentam médias semelhantes ao período seco em vários pontos além do aumento da atividade de organismos decompositores que incrementam o solo com MO (Oliveira, 2018). A maior média no período chuvoso foi no ponto P06.

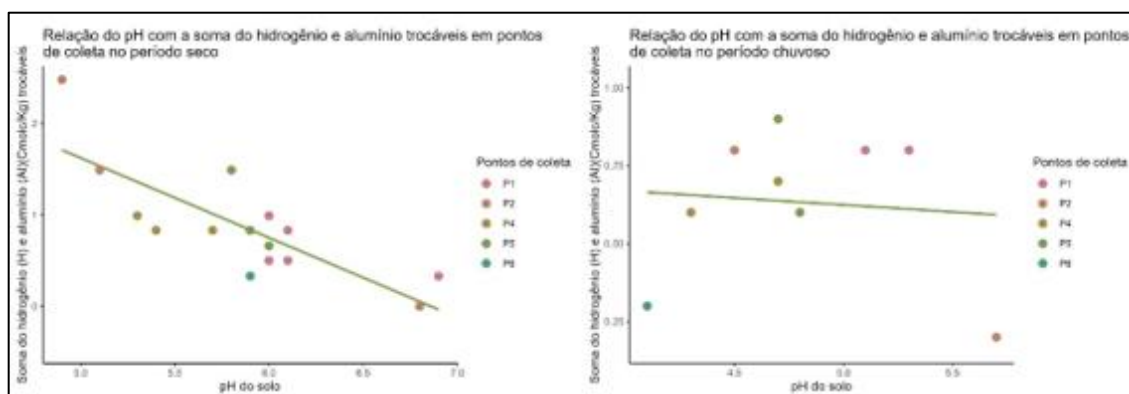
Figura 48 - Análise de Alumínio do solo



Fonte: Autora, 2024.

Na figura 49 vemos a relação entre o pH e H+Al no período seco e no período chuvoso, que indica a acidez potencial do solo. No período seco vemos que à medida que o pH do solo aumenta o H+Al diminui em uma relação inversamente proporcional forte. Já no período chuvoso vemos uma relação fraca entre o pH e o H+Al, a tendência mostra pouca a quase nenhuma relação. Isso indica que algum fator ambiental no período chuvoso influenciando nessa relação.

Figura 49 - Relação do pH com H+Al

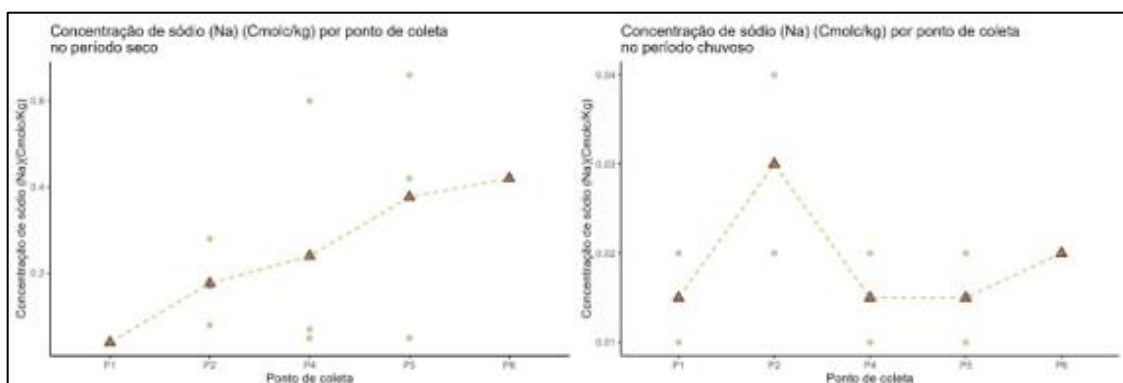


Fonte: Autora, 2024.

A análise de sódio indicou para o período seco uma variação que vai do 0,66 ao 0,04 sendo a maior concentração encontrada no P06 e a menor no ponto P01. No período chuvoso vemos que há uma diferença nos valores com uma diminuição da concentração de Na em quase todos os pontos, com exceção do ponto P01 que permaneceu estável. O Na está muito ligado ao processo de salinização do solo, que é muito perigoso para o desenvolvimento da vegetação, podendo causar compactação do solo, desequilíbrio nutricional e menor crescimento das plantas. O processo de salinização dos solos é muito comum em áreas de clima árido e semiárido e pode ocorrer de forma natural ou por ação antrópica (Pedrotti *et al*, 2015).

No período seco temos os maiores picos de sódio nos pontos P05 e P06, já no chuvoso o pico está no ponto P02. No período seco a maior quantidade de sódio pode ser atribuída a maior evaporação da água no solo, aumentando a concentração desses sais nas camadas superficiais. Já no período chuvoso há uma queda pela diluição desses sais na água e a lixiviação desses para as camadas mais profundas. Áreas desmatadas, como o P02 podem apresentar um aumento na quantidade de sódio pois, por conta da compactação do solo, são áreas com menos taxa de lixiviação, por tanto a drenagem deficiente acaba sendo um fator importante para definir a concentração do Na (Pedrotti *et al*, 2015) (Figura 50).

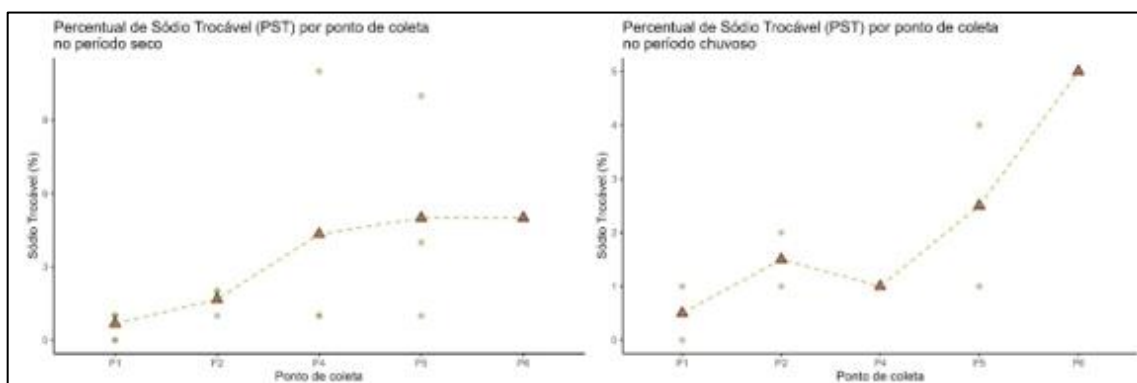
Figura 50 - Análise de sódio do solo



Fonte: Autora, 2024.

Na figura 51 temos o percentual de sódio trocável no período seco e no período chuvoso. Observamos que esses valores são maiores no período seco pela maior quantidade de Na presente no solo. O PST quando elevado pode afetar a qualidade do solo e o desenvolvimento das plantas (Amorim *et al*, 2010; Pedrotti *et al*, 2015). Apesar de alguns pontos como o P04 apresentar picos acima de 9 os valores para um PST elevado é acima de 15. Solos com PST mais elevada são mais ácidos e, portanto, precisam de correção para aumentar o H^+ (Silva *et al*, 2020).

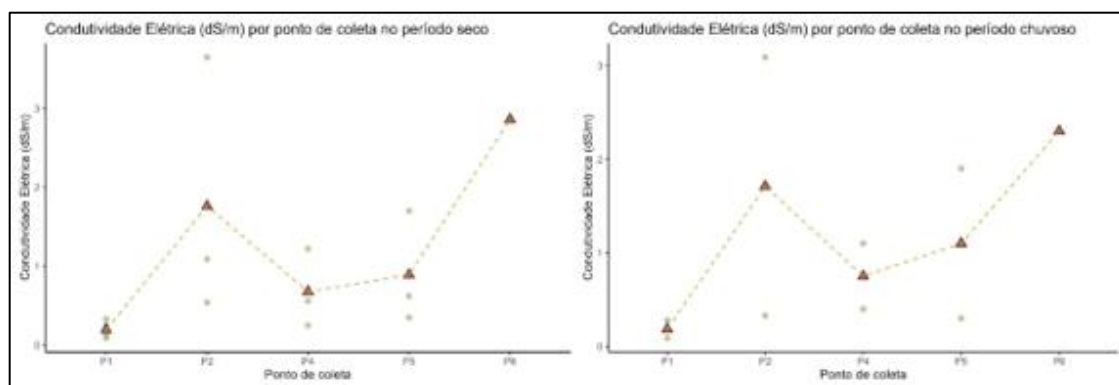
Figura 51 - Análise do percentual de sódio trocável do solo



Fonte: Autora, 2024.

A quantidade de Na e a PST está ligada ainda com a condutividade elétrica (CE) do solo, que é a capacidade de condução de corrente elétrica e ela vai variar em função da quantidade de sais dissolvidos no solo (Figura 52) (Carvalho, 2015). Nos dois períodos a condutividade elétrica foram similares, sem grandes diferenças significativas.

Figura 52 - Análise de condutividade elétrica do solo



Fonte: Autora, 2024.

As tabelas 11 e 12 trazem os valores de matéria orgânica, fósforo e nitrogênio no solo no período seco e chuvoso. A matéria orgânica (MO) é um elemento imprescindível para a saúde do solo e vem de restos vegetais e animais em vários níveis de decomposição, é ela a principal fonte de carbono no solo. A MO é uma das formas de verificar a qualidade do solo, quanto maior for a MO maior será a quantidade de nutrientes no solo (Costa *et al*, 2021). A MO é um dos maiores indicadores de qualidade do solo e é fonte dos elementos essenciais para o desenvolvimento da vegetação (Cunha, Mendes e Giongo, 2015; Carvalho, 2015; Vogado, 2020). O fósforo (P) é importante para o desenvolvimento das raízes e frutos e rigor das plantas e dentre os macronutrientes essenciais é o que é necessário em menor quantidade. Pode ser incrementado no solo de forma orgânica ou inorgânica e fatores como o pH e a condutividade elétrica podem influenciar na quantidade de P no solo (Villar, 2007; Reichert, 2009; Batista *et al*, 2018). O nitrogênio (N) é um macronutriente necessário para o desenvolvimento das plantas e sua maior função é na síntese de proteína. O N no solo é adquirido por meio da água das chuvas, pela fixação do nitrogênio existente na atmosfera por meio de microrganismos fixadores de nitrogênio e principalmente pela decomposição da matéria orgânica (Villar, 2007; Pereira, 2017).

Tabela 11 - Análise de MO, P e N do solo no período seco

Área		PARÂMETRO					
		MO (g/Kg)		P (mg/kg)		N (g/Kg)	
P1	P1.1	13,76	9,83	11	10	0,85	0,64
	P1.2	11,07	8,17	8	8	0,69	0,48
	P1.3	14,79	11,07	12	10	0,92	0,68
P2	P2.1	4,24		23		0,25	
	P2.2	47,17		18		2,89	

	P2.3	34,14	22	2,26
P4	P4.1	14,27	22	0,89
	P4.2	10,14	21	0,65
	P4.3	20,48	22	1,26
P5	P5.1	23,58	23	1,52
	P5.2	21,10	12	1,35
	P5.3	14,17	37	0,89
P6	P6.1	9	11	0,56

Legenda: MO - Matéria orgânica, P – Fósforo, N – Nitrogênio.
Fonte: Autora, 2024.

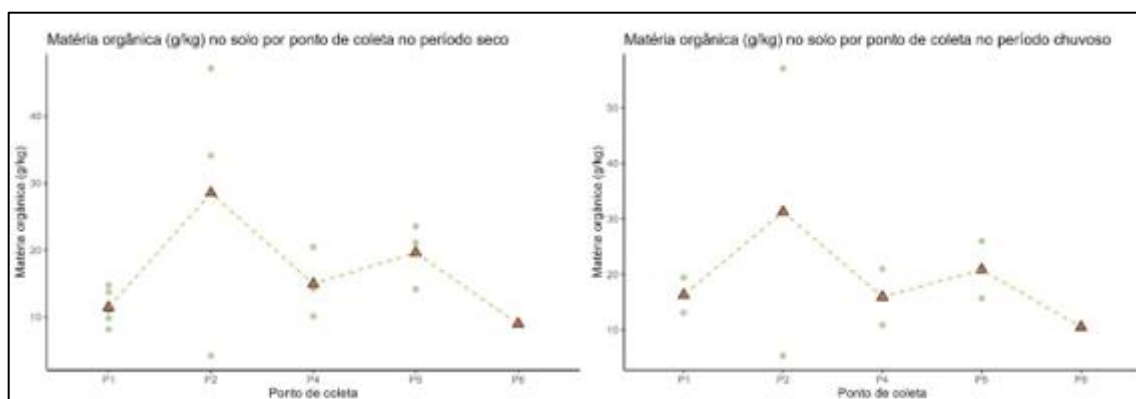
Tabela 12 - Análise de MO, P e N do solo no período chuvoso

Área		PARÂMETRO		
		MO (g/Kg)	P (mg/kg)	N (g/Kg)
P1	P1.1	19,44	8	0,90
	P1.2	13,07	9	0,70
P2	P2.1	5,33	19	0,32
	P2.2	57,10	18	3,90
P4	P4.1	10,84	19	0,84
	P4.2	20,98	20	1,34
P5	P5.1	15,65	30	1,10
	P5.2	25,97	23	1,80
P6	P6.1	10,49	10	0,90

Legenda: MO - Matéria orgânica, P – Fósforo, N – Nitrogênio.
Fonte: Autora, 2024.

A matéria orgânica no período seco apresentou valores que variam de 8,17 a 47,17, sendo os maiores valores apresentados nos pontos P02 e P05 e os valores mais baixos apresentados no ponto P06. No período chuvoso vemos um aumento da MO no solo, principalmente no ponto P02, área que sempre há um grande acréscimo de matéria orgânica pelos resíduos descartados. Os dois períodos mostram uma grande quantidade de matéria orgânica em P02 e P05 com uma maior quantidade no período chuvoso. O aumento da MO também está ligado ao aumento da atividade microbiana que atua na decomposição e acúmulo da MO e da maior umidade do solo. Apesar de haver aumento da MO não houve diferença significativa entre os dois períodos (Figura 53). O incremento da MO no solo ajuda na diminuição do pH do solo e no incremento de bases trocáveis.

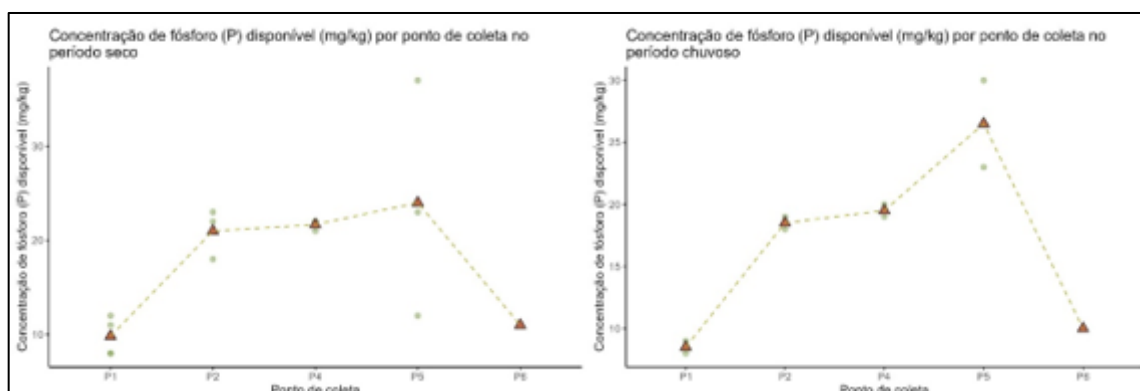
Figura 53 - Análise da matéria orgânica do solo



Fonte: Autora, 2024.

Na análise de fósforo vemos valores que variam de 8 até 37 no período seco e 0 a 30 no período chuvoso. Tanto no período seco quanto no chuvoso os maiores valores de fósforo foram observados no ponto P05 e os menores no ponto P01. Não houve grandes variações nos valores apresentando apenas uma pequena queda no período chuvoso. A baixa quantidade de fósforo nos pontos P01 e P06 tanto no período chuvoso como no período seco pode se dar por fatores como a uma menor carga de matéria orgânica, a acidez do solo, pois solos ácidos tem uma maior capacidade de adsorver o fósforo, perdas por lixiviação (Barbosa et al, 2015; Cardoso et al, 2015; Melo e Mendonça, 2019) (Figura 54).

Figura 54 - Análise de fósforo no solo

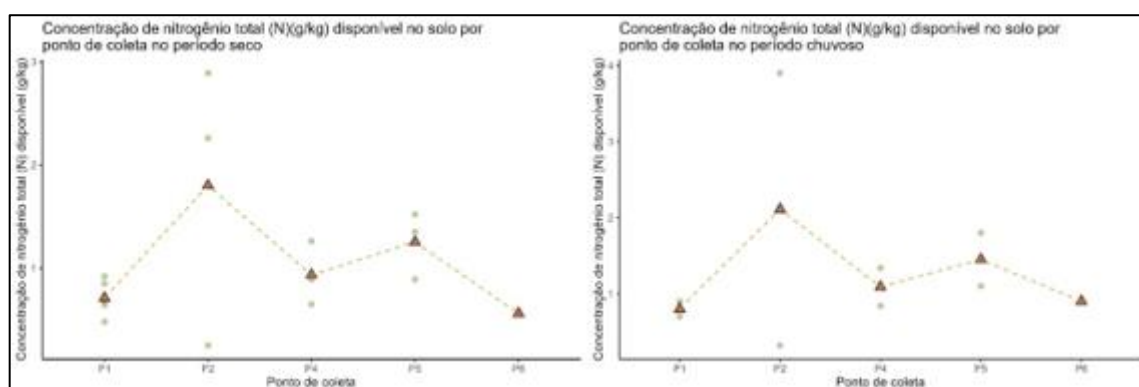


Fonte: Autora, 2024.

Com relação ao nitrogênio no solo foi observado valores que vão de 0,25 a 2,89 no período chuvoso, sendo os valores mais altos observados no ponto P01 e valores de 0,70 a 3,90 no período chuvoso sendo o mais baixo o ponto P01 e o mais alto no ponto P02. É percebido uma queda nos valores no período chuvoso, porém os dados permanecem sem grandes variações de um período para o outro. O nitrogênio é

afetado pelo pH do solo, portanto solos mais ácidos apresentam uma diminuição do N disponível. Períodos de menos atividade de decompositores também causa uma diminuição da quantidade de N no solo disponível para as plantas. Áreas com uma menor cobertura vegetal podem ter problemas com a lixiviação do nutriente para camadas mais profundas do solo. A grande quantidade de N no ponto P02 provavelmente se dá pelo fato do grande acréscimo de MO por meio dos resíduos sólidos que são despejados na área (Figura 55).

Figura 55 - Análise de nitrogênio do solo



Fonte: Autora, 2024.

O carbono é um dos maiores parâmetros de qualidade do solo. O carbono no solo é proveniente dos processos de fotossíntese, onde o CO_2 é absorvido da atmosfera e transforma em compostos orgânicos que são incorporados no solo quando o material vegetal cai sob o solo e é decomposto, o que garante o solo o título de sumidouro de carbono, e da decomposição da matéria orgânica em geral. O carbono no solo pode variar de acordo com o tipo de solo, vegetação, clima e uso do solo. O carbono irá atuar nos fatores físicos, atuando na melhor estruturação do solo, biológicos, atuando como fonte de energia para os microorganismos e químicos do solo, atuando na CTC, disponibilidade de nutrientes e variação de pH (Pulrolnik, 2009; Romão, 2012; Parron *et al*, 2015; Iwata, 2015). A tabela 13 traz os valores de carbono no solo das áreas visitadas.

Tabela 13 - Análise de carbono do solo

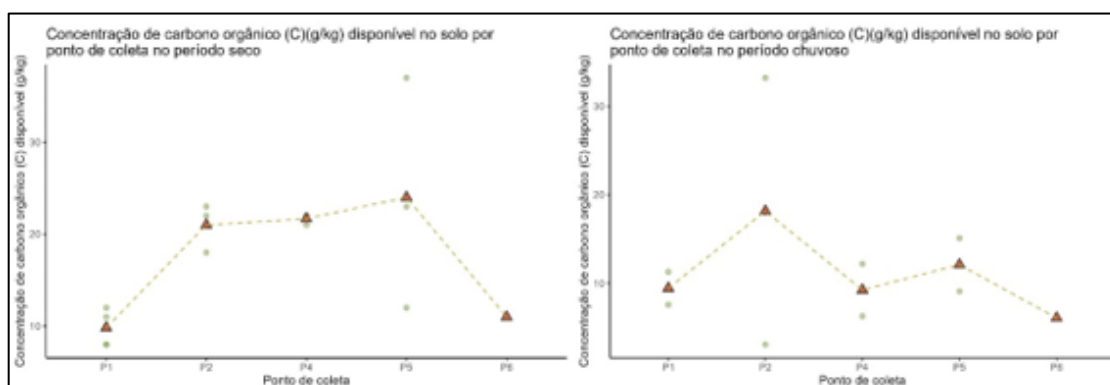
Área		PARÂMETRO		
		C (g/kg)		
		Período seco		Período chuvoso
P1	P1.1	7,98	5,70	11,30
	P1.2	6,42	4,74	7,60

	P1.3	8,28	6,42	X
P2	P2.1	2,46		3,10
	P2.2	27,36		33,20
	P2.3	19,80		x
P4	P4.1	8,28		6,30
	P4.2	5,88		12,20
	P4.3	11,88		X
P5	P5.1	13,68		9,10
	P5.2	12,24		15,10
	P5.3	8,22		x
P6	P6.1	5,22		6,10

Fonte: Autora, 2024.

A análise mostra que o carbono no solo possui valores que variam de 2,46 até 27,36 no período seco e de 3,10 até 12,20 no período chuvoso. O maior valor de C foi registrado no período chuvoso, sendo o maior índice encontrado no ponto P02 com o valor de 33, 20. Porém analisando a média de carbono em todos os pontos vemos uma maior concentração de carbono no período seco (Figura 56). Isso pode ocorrer por fatores como a diminuição da matéria orgânica no solo no período chuvoso como já foi observado, essa diminuição pode ser causada pela lixiviação da MO, isso atrelado a uma menor atividade microbiana no período seco contrastando com uma maior atividade de organismos decompositores no período chuvoso, podem ser as causas da maior média de C no período seco e menor no chuvoso.

Figura 56 - Análise da concentração de carbono do solo

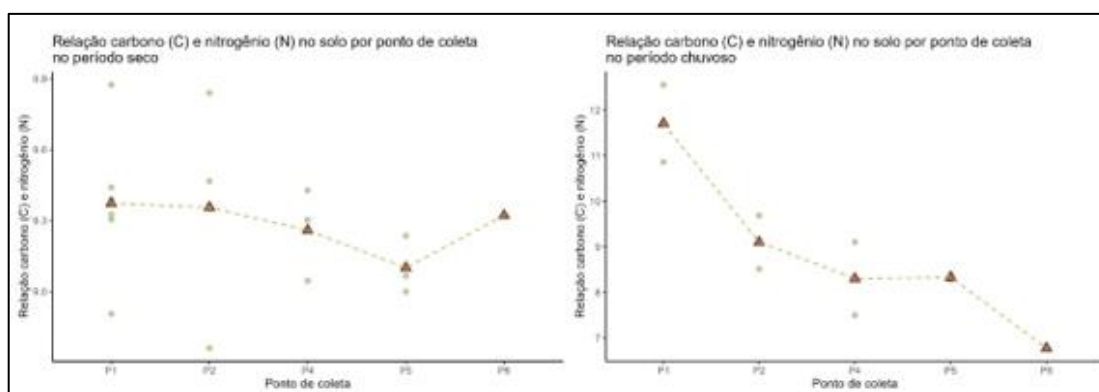


Fonte: Autora, 2024.

A relação C:N, relação da quantidade de carbono e nitrogênio, possuem papel na disponibilidade de nutrientes no solo. Na figura 57 vemos a relação entre o carbono e o nitrogênio no solo e observamos que há uma diferença entre os períodos seco e

chuvoso. As principais diferenças são observadas no ponto P01, com valores maiores no período chuvoso, e P06 que no período seco apresenta valores médios acima de 9 porém no período chuvoso os valores caem para abaixo de 7. No período chuvoso há uma maior diferença C:N entre os pontos. Pensando que essa relação é estar atrelada a quantidade de matéria orgânica disponível no solo vemos que no período chuvoso essa relação cai, o que condiz com o padrão que essas áreas vêm apresentado de diminuição da matéria orgânica nesse período. Já no período seco vemos que a diferença entre os pontos é menos acentuada podendo indicar uma maior presença de matéria orgânica no solo que não foi decomposta ou perdida pela água da chuva.

Figura 57 - Análise da relação carbono e nitrogênio do solo



Fonte: Autora, 2024.

Em conclusão para a análise apresentada temos que o ponto P02 apresentou significativamente os maiores valores de matéria orgânica e níveis significativos de nitrogênio e fósforo em ambos os períodos. Apesar de ser uma análise aparentemente favorável à qualidade do solo é preciso lembrar que essa área também apresentou valores irrelevantes de MOP no período chuvoso e pouca diversidade em serrapilheira, além de já ter sido constatado que a área é um lixão, com uma grande área desmatada e solo exposto, o que indica que toda a matéria orgânica ou pelo menos a maior parte é proveniente dos restos de resíduos descartados inadequadamente como resíduos domésticos e restos de poda. Grande parte da área está desmatada e precisa de um trabalho de reflorestamento para retornar a um equilíbrio natural de matéria orgânica no solo.

O ponto P06 apesar de ter se apresentado como uma área relativamente vegetada, com diferentes extratos arbóreos e não apresentar tantos resíduos e outros impactos antrópicos foi observado que no quadro geral se apresenta como uma das

áreas de menor qualidade do solo, apresentando os menores valores de matéria orgânica no solo em ambos os períodos e baixos valores de pH indicando uma acidez do solo. Por conta dessas características foi possível perceber a influência na baixa quantidade de Ca, Mg e K no solo.

O ponto P04, indicado como o mais bem preservado dentre as áreas selecionadas, apresentou valores satisfatórios quanto as bases trocáveis, quantidade de MO e N, P e outros, mostrando uma oscilação leve entre os períodos seco e chuvoso. Os valores dos períodos são condizentes com as características próprias de cada um. Com isso o ponto mostra uma qualidade do solo moderada com boas condições para o desenvolvimento da vegetação com uma boa atividade de organismos decompositores bem como um bom estoque de MO e C no solo.

O ponto P01 também apresenta características estáveis, embora menores do que se possa considerar adequado para o solo. Comparado com o ponto P04 essa área possui uma baixa quantidade de matéria orgânica, porém essa ainda é uma área com uma qualidade do solo moderada, apresentando uma boa relação C:N e valores de pH equilibrados que auxiliam em uma maior retenção de nutrientes no solo.

O ponto P05 também apresentou altos níveis de matéria orgânica, N, bases trocáveis e outros, porém a área enfrenta algumas questões como o descarte de resíduos sólidos e a entrada de efluentes não tratados, o que podem ser fatores para o aumento da carga de MO no solo, não podendo ser então um indicativo de área de solo saudável. Além disso há uma necessidade de aumento da variedade arbórea da área para o incremento natural de matéria orgânica no solo.

Essa análise mostra a importância de conhecer as características ambientais da área e atrelar esse conhecimento com a análise química na hora de decidir sobre o estado de preservação do solo de uma área.

4.6 SUGESTÕES PARA MANEJO E RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS

A IN nº14 de 2024 do IBAMA traz a definição de área degradada como “Área impossibilitada de retornar por uma trajetória natural, a um ecossistema que se assemelha a um estado previamente conhecido.” Sendo assim a área degradada é um local que sofreu tantas alterações que não consegue retornar ao seu estado natural ou se recupera de forma muito lenta e acaba necessitando de uma intervenção antrópica para a sua recuperação (Almeida, 2016).

Diferente de uma área perturbada, ou seja, que sofreu impactos, mas ainda

consegue se recuperar naturalmente, a área degradada precisa de um trabalho de recuperação para ter condições de ter novamente um equilíbrio ambiental dinâmico que se não igual pelo menos próximo ao que existia antes.

Com base nos dados levantados para as áreas podemos então apontar algumas estratégias para a melhoria da qualidade ambiental nessas áreas, principalmente no que diz respeito aos solos, de acordo com as necessidades de cada área.

Algumas das estratégias que podem ser utilizadas para nas áreas são:

- **Controle de lixiviação:** A principal forma de conter a lixiviação dos nutrientes é aumentando a matéria vegetal que protege o solo, por tanto é necessário aumentar a cobertura vegetal do solo com o plantio de espécies que possam proteger o solo durante todo o ano.
- **Plantio:** Com a retirada da vegetação nativa há uma invasão do ambiente por espécies invasoras e exóticas que podem prejudicar a qualidade do ambiente, além disso a retirada da vegetação causa exposição do solo e consequente compactação, o que diminui a infiltração da água no solo e erosão, causando rachaduras no solo e a sua perda resultando em assoreamento do corpo d'água pelo arraste do solo junto com a água das chuvas. Para evitar isso é necessário o reflorestamento dessas áreas desmatadas, preferencialmente com espécies nativas e que sejam características da região. Para isso é preciso a criação de um viveiro que faça mudas com sementes de árvores de áreas que ainda se encontram preservadas. Algumas áreas mais degradadas, como o ponto P02 é preciso o plantio de espécies pioneiras para que se torne mais fácil o processo de sucessão ecológica (Almeida, 2016). Além de ajudar a proteger o solo o reflorestamento das áreas desmatadas ajuda no aumento da matéria orgânica no solo. O aumento da matéria vegetal e matéria orgânica no solo também irá contribuir para uma melhor estrutura do solo e equilíbrio do pH.
- **Combate às espécies invasoras:** Espécies invasoras causam muitos problemas para o ambiente e quanto o solo essas espécies podem vir a trazer problemas como alterar a quantidade de nutrientes do solo, alterar a fauna da região expulsando espécies já existentes e podendo substituir por espécies que causam danos ao meio, mudar o pH do solo, competir com as espécies nativas ameaçando a sobrevivência delas (Matos e Pivello, 2009). Com isso o recomendado seria a troca de espécies invasoras e/ou exóticas por espécies

nativas da região.

- **Controle do fogo:** Um dos impactos observados em alguns pontos foi o foco de queimadas nas áreas de APP. Dentre os danos causados no solo pode ser citado a perda de CO₂ para atmosfera, poluição, perda de biodiversidade e problemas de saúde. Além dos danos ambientais também há os danos sociais e econômicos (Tavares, 2018; Jesus et al, 2020; Alves e Homma, 2020).
- **Eliminação de esgotos não tratados:** Em muitos pontos foram observados o derramamento de esgotos não tratados. Esses resíduos podem contaminar o solo e a água sendo um risco para o meio ambiente e a saúde humana. É importante uma ação que vise a localização de todos os esgotos que são lançados em direção à APP e que eles sejam retirados.
- **Adubação:** Algumas áreas apresentaram baixa matéria orgânica e baixo nível de nutrientes essenciais para o desenvolvimento da vegetação. A adubação, processo que visa a reposição de nutrientes no solo, é uma forma de remediar a deficiência do solo restituindo o que foi perdido (Devechio, 2024). Existem inúmeras formas de adubação do solo para diferentes etapas do crescimento das plantas. No caso do plantio em áreas desmatadas recomendasse a adubação de base, que irá fornecer à planta o necessário no seu desenvolvimento inicial (Silva e Farias, 2004). Para a reposição de matéria orgânica em áreas vegetadas, mas que apresentam baixa quantidade de MO recomenda-se a adubação por poda, onde os restos das podas de árvores são cortados em pedaços menores e colocados sob o solo, garantindo não só a reposição de MO como também protege o solo e ajuda a reter umidade (Corrêa e Nunes, 2009).
- **Controle de erosão:** Com a implementação de barreiras de contenção nas áreas onde há falta de vegetação para evitar a perda do solo e assoreamento do corpo hídrico.
- **Remoção dos resíduos:** Um dos principais problemas observados na área é a quantidade de resíduos sólidos encontrados e que podem contaminar o solo. Para isso é preciso que seja feito a limpeza dessas áreas de APP retirando os resíduos sólidos além de investigar as fontes de poluição. É preciso um trabalho de conscientização da população sobre os riscos do descarte inadequado de resíduos sólidos para o meio e para a saúde. É preciso investigar o porquê da população está lançando resíduos nessas áreas e se for

o caso de necessidade implantar pontos de coleta de resíduos sólidos longe das APP nas áreas em que apresentarem maior foco de descarte inadequado.

- **Educação Ambiental:** É necessário a sensibilização da comunidade sobre a importância das áreas de preservação permanente na proteção do copo hídrico, sensibilizar sobre a importância do riacho e sobre a importância do solo como um fator importante para o equilíbrio ambiental da área. Para isso cabe os órgãos ambientais responsáveis a construção e distribuição de cartilhas para a comunidade que vive próxima à essas áreas, apresentação de palestras com formas de conservar o local, envolver a comunidade durante as práticas de plantio, remoção de resíduos e outros, levar material educativo para as escolas da região.
- **Monitoramento:** É necessário o constante monitoramento das áreas de APP do riacho, principalmente no que diz respeito a invasão dessas áreas, sendo necessário a notificação e retirada de qualquer construção que possa vir a causar danos neste ambiente. No processo de monitoramento é preciso contar com visitas técnicas, constante análises da área para verificar os padrões de qualidade ambiental além de verificar se as atividades de recuperação para as áreas degradadas estão realmente tendo o efeito positivo esperado.
- **Correção de acidez do solo:** Solos com pH baixo são solos ditos ácidos. Essa acidez interfere na qualidade do solo pois interfere na quantidade de bases trocáveis do solo, na atividade dos microorganismos e outros. Para que o problema seja remediado e o solo possa atingir um patamar de neutralidade com valores entre 6 e 7 é necessário que seja realizado a correção do solo. Essa correção pode ser realizada principalmente com o incremento de matéria orgânica no solo ou em caso mais extremos pode ser realizada a calagem do solo.

No quadro 7 a seguir temos quais as melhores estratégias a serem utilizadas em casa ponto de acordo com a análise das características ambientais da área e química do solo e o nível de urgência de cada ação sendo elas alta (vermelho), média (amarelo), baixa (azul).

Quadro 7 - Estratégias para melhoria da qualidade ambiental das áreas visitadas

ÁREA	AÇÕES											
	Monitoramento	Remoção de resíduos	Plantio	Controle de lixiviação	Correção da acidez	Controle de erosão	Remoção de conflitos com a APP	Educação Ambiental	Controle de queimadas	Combate às espécies invasoras	Adubação	Eliminação de esgoto não tratado
P01												
P02												
P03												
P04												
P05												
P06												

Fonte: Autora, 2025.

No quadro 8 temos o importante papel das APP para a saúde do solo e auxiliando nas suas funções ecossistêmicas. Vemos que a APP contribui de forma significativa para a qualidade do solo, por tanto a sua preservação está intimamente conectada com a qualidade do solo. Os benefícios que essas áreas trazem mostram a importância de uma estratégia de recuperação para as áreas mais afetadas.

Quadro 8 - Importância das Áreas de Preservação Permanente para as funções ecossistêmicas do solo

Função do solo	Papel da APP	Atuação/Benefícios
Sequestro de carbono	Incremento do CO ₂ no solo	Através da cobertura da vegetação o CO ₂ atmosférico é absorvido, armazenado na biomassa e depois, após os processos de decomposição o carbono fica retido no solo, auxiliando não só na melhor qualidade do solo como ajuda a mitigar as mudanças climáticas causadas pelo aquecimento global.
Regulação do clima		
Resiliência climática	Proteção e recuperação de áreas degradadas	A vegetação da APP auxilia na recuperação e estabilidade da estrutura física, biológica e química do solo, auxiliando na rápida adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

Purificação da água	Auxilia na maior infiltração da água no solo	A vegetação das áreas de APP ajuda a água a infiltrar no solo e a medida que infiltra a água é purificada antes de retornar para os aquíferos. Além disso a vegetação auxilia na diminuição do escoamento superficial, mitigando o problema de alagamentos e enchentes e protegendo os corpos hídricos de assoreamento.
Recarga hídrica		
Regulação de enchentes		
Habitat	Proteção do solo e fonte de alimento	A vegetação da APP protege o solo, principalmente quando a vegetação está densa e saudável, ajuda a aerar o solo e é fonte de alimento, promovendo um ambiente perfeito para a fauna que vive no solo. O aumento desses organismos também ajuda a melhorar a saúde do solo.
Ciclagem de nutrientes	Fonte de matéria orgânica	A APP são uma importante fonte de matéria orgânica no solo o que auxilia da estrutura e fertilidade do solo. A decomposição dessa matéria auxilia no retorno de nutrientes aumentando a fertilidade do solo e consequentemente aumentando o desenvolvimento das plantas. Com a maior disponibilidade de matéria orgânica há também uma maior atividade microbiana melhorando a ciclagem de nutrientes. Essa matéria orgânica auxilia na redução da acidez do solo deixando o pH em níveis mais aceitáveis para o desenvolvimento das plantas.
Local de desenvolvimento das plantas		
Regulação climática	Redução da temperatura	A vegetação e serrapilheira ajudam a diminuir a temperatura e a reter umidade no ambiente, auxiliando na regulação da temperatura e mitigando efeitos climáticos extremos.

Fonte: Autora, 2025.

5 CONCLUSÃO

A pesquisa, realizada em vários pontos da sub-bacia PD11, na APP do riacho Itararé, em Teresina, mostrou pontos importantes sobre o estado de preservação do solo dessa área.

A análise mostra que ações antrópicas que impactam negativamente essa área estão contribuindo para a degradação da qualidade sendo percebida principalmente pela perda de matéria orgânica, acidez do solo e diferenças nas bases trocáveis do solo. Isso atrelado a questões físicas como aumento da densidade, desmatamento, disposição inadequada de resíduos sólidos e de efluentes não tratados comprometem a capacidade do solo de executar plenamente suas funções no ecossistema. As alterações encontradas podem comprometer o crescimento da vegetação, causar erosão e assoreamento do corpo hídrico e perda da biodiversidade do local, além de aumentar os problemas de escoamento das águas já observados na área que causam alagamentos por toda a sub-bacia.

O trabalho traz a importância de se adotar medidas corretivas nas áreas mais degradadas de acordo com as necessidades que foram encontradas em cada ponto, incentivando um uso e manejo sustentável das áreas visando reverter e evitar os problemas causados pela degradação. Além disso foi possível observar o grande papel das Áreas de Preservação Permanente na conservação das funções ecossistêmicas do solo.

É importante frisar que as medidas só podem ser efetivas com o apoio da sociedade e do poder público e privado. Políticas públicas, estudos e iniciativas de conservação que traga também o envolvimento da população são cruciais para garantir a proteção contínua dessas áreas garantindo a sua continuidade no futuro.

O presente estudo trouxe os primeiros dados sobre o estado geral do solo na APP do riacho e espera-se que esses dados sirvam para a realização de tomadas de decisão sobre a gestão dessas áreas bem como servir de base de dados para trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

- ABREU, N. L., RIBEIRO, E. S. C., SOUSA, C. E. S., MORAES, L. M., OLIVEIRA, J. V. C., FARIA, L. A., RUGGIERI, A. C., CARDOSO, A. S., FATURI, C., RÊGO, A. C., SILVA, T. C., Land use change and greenhouse gas emissions: na explanation about the mais emission drivers. **Animal Science**. V.25. 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cab/a/NDzFnKKntQLXqGd3hF6mTnj/?lang=en>. Acesso em: 12 de dez. 2024
- ALMEIDA, D. S. Conceitos Básicos. In: Recuperação Ambiental da Mata Atlântica. **Editus**, 3. ed. rev. e ampl. p. 24 – 30, Bahía, 2016. Disponível em: https://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2016/recuperacao_ambiental_da_mata_atlantica_nova.pdf. Acesso em: 07 de jan.2025.
- ALMEIDA, D. S. Alguns princípios de sucessão natural aplicados ao processo de recuperação. In: Recuperação Ambiental da Mata Atlântica. **Editus**, 3. ed. rev. e ampl. p. 48 – 75, Bahía, 2016. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/8xvf4/pdf/almeida-9788574554402-06.pdf>. Acesso em: 07 de jan. 2025.
- ALVES, R. N.B., HOMMA, A. K.O. O fogo na agricultura da Amazônia, in: Roça sem fogo, da tradição das queimadas à agricultura sustentável na Amazônia. **Embrapa**, Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1119758/1/LivroRocasemfogop3742.pdf>. Acesso em: 18 de jan. 2025.
- ALVES, J. R., PELLOSO, M. F., AMARAL, H. F. Dinâmica do carbono no solo em sistemas agrícolas. In: Agricultura em Bases Agroecológica e Conservacionista. **Editora Atena**, v.2, 2024. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/download-post/87246>. Acesso em: 20 de nov. de 2024.
- AMENDOLA, D. F. Caracterização da matéria orgânica do solo e sua influência nas propriedades físico-químicas no sistema Latossolo-Gleissolo. **Dissertação**, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/df928d3a-e03d-4678-978f-e41d6d7fe67c/content>. Acesso em: 16 de dez. 2024.
- AMORIM, J. R. A., CRUZ, M. A. S., RESENDE, R. S., BASSOI, L. H., FILHO, J. G. S. Espacialização da porcentagem de sódio trocável do solo em perímetro irrigado Califórnia, em Canindé de São Francisco, Sergipe. **EMBRAPA**, Aracajú, 2010. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/884891/1/bp61.pdf>. Acesso em: 07 de jan. de 2025.
- AQUINO, A. E. B., FERREIRA, S. R. M. Contribuição à cartografia geotécnica no município de Teresina-PI. Editora Dialética, São Paulo, 2022. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=tY56EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=Tipo+de+solo+teresina&ots=MPjKCfsJKa&sig=egqWg_vr7fat8r8rQfTQivxJwr0#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 24

de nov. 2024.

ARAÚJO, E. A., KER, J. C., NEVES, J. C. L., LANI, K. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, v.5, n.1, p.187-206, **Grarapuava**, 2012. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/viewFile/1658/1686>. Acesso em: 12 de nov. 2024.

ARAÚJO, Cristina Cunha. De Itararé a Dirceu Arcoverde: o “começo” da história de um bairro. 2015. Disponível em: http://www.encontro2014.historiaoral.org.br/resources/anais/8/1394369994_ARQUIVO_cristinaartigo.pdf. Acesso em: 16 de jan. 2025.

BARBOSA, J.H. C., FARIAS, S. M. Aporte de serrapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na reserva biológica de poços das antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, 57 (3): 461-476, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/t9RHtPXZyvNwfWsyRdn/?format=pdf>. Acesso em: 20 de dez. 2024.

BARBOSA, N. C., ARRUDA, E. M., BROD, E., PEREIRA, H. S. Distribuição vertical do fósforo no solo em função dos modos de aplicação. **Biosci. J.**, v.31, n.1, p.87-95, Uberlândia, 2015. Disponível em: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/11/963686/distribuciao-vertical-do-fosforo-no-solo-em-funcao-dos-modos-de_eQzKKi1.pdf. Acesso em: 08 de jan. 2025.

BARRETO, N. P., FERRZ, L. R. S., CAMPOS, A. C., ARAÚJO, A. S., COSTA, P. S. Importância da ciência do solo: histórico, conceito e definições. **Anais, I Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido**. Paraíba. 2016. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/23892>. Acesso em: 11 de dez. 2024.

BASTOS, S. B., SANT'ANA, S. P., LIMA, M. R. O solo na paisagem urbana: uma abordagem para professores da educação básica. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020. Disponível em: https://issuu.com/solonaescola/docs/solos_urbanos. Acesso em: 14 de jan. 2025.

BATISTA, M.A., INOUE, T.T., ESPER NETO, M., and MUNIZ, A.S. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S., and GOTO, R., comps. *Hortaliças-fruto*. Maringá: **EDUEM**, pp. 113-162, 2018.

BATISTA, E. W. W., NETO, O. F., PEREZ, C. S. Unidades de conservação: Um desafio da política ambiental brasileira. **Revista Gestão em Foco**, Ed. nº15, 2023. Disponível em: <https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2023/09/08.-UNIDADES-DE-CONSERVA%C3%87%C3%83O-ARTIGO.pdf>. Acesso em: 13 de jan.2025.

BEZERRA, R. A. Carbono oxidável de solos sob diferentes graus de degradação do estado do Ceará. Monografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/78054/3/2023_tcc_rabezerra.pdf. Acesso em:

16 de dez. 2024

BORGES, A. L., SOUZA, L. S. Análise química do solo, interpretação e recomendações de calagem e adubação numa perspectiva agroecológica. In: TOFANEL, M. B. D.; SILVA, T. O. Manejo Ecológico e Conservação dos Solos e da Água no Estado de Sergipe. 1. ed. São Cristóvão: **Editora UFS**, 2011. Disponível em:
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/902748/1/ANALISEQUIMICASOLOANALUCIABORGES.pdf>. Acesso em: 06 de jan. 2025

BRASIL. Lei 12.651 de 25 de maio de 2012. Disponível em:
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm . Acesso em: 15 de mai. 2023.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Disponível em:
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 15 de mai. 2023.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Instrução Normativa nº14**, 1º de julho de 2024. Disponível em:
<https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=139412#:~:text=Estabelece%20procedimentos%20para%20elabora%C3%A7%C3%A3o,%20apresenta%C3%A7%C3%A3o,biomas%20e%20suas%20respectivas%20fitofisionomias>. Acesso em: 07 de jan. 2025.

BREMNER, J. M., MULVANEY, C. S. Nitrogen total. In: Methods of soil analysis: Chemical and microbiological Properties. American Society of Agronomy. Agronomy monograp, v.2, p.595-624, 1982.

CARDOSO, A. A. S., SANTOS, J. Z. L., TUCCI, C. A. F., FARIAS, E. P., MOURA, R. P. M. Influência da acidez e do teor de fósforo do solo no crescimento inicial do mogno. **Pesq. flor. bras.**, v.35, n.81, p.1-10, Colombo, 2015. Disponível em:
<https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/667/404>. Acesso em: 08 de jan. 2025.

CARVALHO, R. C. P. P. Análise geo-ambiental em áreas de disposição de resíduos sólidos: um estudo do aterro controlado de Teresina (PI). **Tese de doutorado**, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em:
<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/29352/1/TESE%20Rita%20de%20C%C3%A1ssia%20Pereira%20Santos%20Carvalho.pdf>. Acesso em: 08 de jan. 2025.

CASALINHO, H. D., MARTINS, S. R., SILVA, J. B., LOPES, A. S. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. **R. Bras. Agrociência**, v.13, n.2, p.195-203, Pelotas, 2007. Disponível em:
<https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/article/view/1361/1346>. Acesso em: 21 de nov. 2024.

CAMPOS, E. H., ALVES, R. R., SERATO, D. S., RODRIGUES, G. S. S. C., RODRIGUES, S. C. Acúmulo de serrapilheira em fragmentos de mata mesofítica e Cerrado stricto sensu em Uberlândia – MG. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia. 20 (1): 183 – 203, 2008. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/sn/a/LF7ZxQcht47V5kwy7pV8QvG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 de dez. 2024.

CISNEROS, J. C.; MARSICANO, C., ANGIELCZYK, K. D.; SMITH, R. M. H.; RICHTER, M.; FRÖBISCH, J.; KAMMERER, C. F. & SADLEIR, R. W. New Permian fauna from tropical Gondwana. **Nature Communications**, v. 6, n. 7686, 2015.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/283498788_New_Permian_fauna_from_tropical_Gondwana. Acesso em: 18 de jan. 2025.

COELHO, B. G. S. Evolução histórica e tendências das áreas naturais protegidas: de sítios sagrados aos mosaicos de unidades de conservação. **Diversidade e Gestão**, v.2, n.2. 2018. Disponível em: <https://itr.ufrj.br/diversidadeegestao/wp-content/uploads/2019/02/Breno-Herrera.pdf>. Acesso em: 10 de out. 2023.

COSTA, E. M., SILVA, H. F., RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17, Goiânia, 2013. Disponível em:

<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/materia%20organica.pdf>. Acesso em: 16 de out. 2024.

COSTA, T. G. A., IWATA, B. F., SOUZA, W. S., ROCHA, I. L., SILVA, A. C. R., MAIA, E. P. V., FERREIRA, P. F. A., NASCIMENTO, C. A. J., ALVES, A. S. Influence of management on maintenance and dynamics of carbon in the soil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**. v.12, nº1, 2021. Disponível em:

<https://sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2021.001.0002/2439>. Acesso em: 11 de nov. 2024.

COSME, A. L. Acidificação do solo – O que é, causas, consequências e soluções.

Ecos, 2024. Disponível em: <https://123ecos.com.br/docs/acidificacao-do-solo/>.

Acesso em: 05 de jan. 2025.

CUNHA, T. J. F., MENDES, A. M. S., GIONGO, V. Matéria orgânica do solo. In: NUNES, R. R., REZENDE, M. O.O. Recurso solo: propriedades e usos. São Carlos, 2015. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1034986/1/Tony2015.pdf>.

Acesso em: 08 de jan. 2025.

DEVICHIO, F. F. S. Apostila de adubos e adubação. Faculdade de zootecnia e engenharia de alimentos da USP, São Paulo, 2024. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8156272/mod_resource/content/1/Apostila%20de%20Adubos%20e%20Aduba%C3%A7%C3%A3o%202024.pdf. Acesso em: 08 de jan. 2025.

DEVICHIO, F. F. S. Apostila de solos. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP, São Paulo, 2024. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8126888/mod_resource/content/2/Apostila%20de%20Solos%202024.pdf. Acesso em: 12 de nov. 2024.

DONAGEMMA, G. K., VIANA, J. H. M., ANDRADE, A. G. Propriedades físicas do

solo influenciadas por sistemas de preparo e manejo: uma revisão. **EMBRAPA**, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/339504/3/doc1002007propriedadesfisicas.pdf>. Acesso em: 18 de out. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. **EMBRAPA**, 5ª edição, Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1094003/2/SiBCS2018ISBN9788570358004.pdf>. Acesso em: 25 de out. 2023.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. **EMBRAPA**, Rio de Janeiro, 1997. Acesso em: 20 de jun. 2022.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise do solo. 3ªed, Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>. Acesso em: 20 de jan. 2023.

ESPINDOLA, C. R. Histórico das pesquisas sobre solos até meados do século XX, com ênfase no Brasil. **Revista do Instituto Geológico**, 39 (2), São Paulo, 2018. Disponível em: <https://revistaig.emnuvens.com.br/riq/article/view/593/575>. Acesso em: 11 de dez. 2024.

FARIA Jr., L. E. C. Estudo sedimentológico da Formação Pedra de Fogo – Permiano-Bacia do Maranhão. **Dissertação de mestrado**, Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, p. 57, 1979. Disponível em: <https://www.repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/8387>. Acesso em 18 de jan. 2025.

FIGUEIREDO, T., NUNES, F. F. L. Proteção do solo e combate à desertificação: oportunidade para as regiões transfronteiriças. Instituto Politécnico de Bragança, Portugal, 2015. Disponível em: https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/17231/1/Alexandre_2015_Fun%C3%A7%C3%B5es_usos_e_degrada%C3%A7%C3%A3o_do_solo.pdf. Acesso em: 12 de dez. 2024.

FRANCO, J. L. A.; SCHITTINI, G. M.; BRAZ, V. S. História da conservação da natureza e das áreas protegidas: panorama geral. **Historiæ**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 233–270, 2016. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/hist/article/view/5594>. Acesso em: 18 de mar. 2023

GOMES, F. V. S., SANTOS, A. M. F., GUERRA, R. G. P., QUEIROZ, L. R., MENEZES, M. O. T., MORO, M. F. Representatividade ecológica e extensão total de áreas protegidas pelas unidades de conservação no estado do Ceará, Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 34, n. 1, 6 set. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/dCqqp6RdYnyqNqF7PKg74Jv/>. Acesso em: 22 de mar. 2023.

GÓES A. M. O. & FEIJÓ F. J. Bacia do Parnaíba. Rio de Janeiro, **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 8, p. 57-68, 1994.

GUERRA, A. J. T., JORGE, M. C. O. Degradação dos solos no Brasil. **Bertrand Brasil**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em:
<https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/solos/livros/DEGRADACAO%20DOS%20SOLOS%20NO%20BRASIL.pdf>. Acesso em: 12 de dez. de 2024

GUILHERME, A. P., BIUDES, M. S., MOTA, D. S., MUSIS, C. R. Relationship between soil cover type and surface temperature. **Sociedade & natureza**, v.32, p.515-525, Uberlândia, 2020. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/sn/a/XrSYLdsT98ghGVPFGyYR8Lt/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 14 de jan. 2025.

HASSLER, M. L. A importância das unidades de conservação. **Sociedade & Natureza**, V.17, Uberlândia, 2005. Disponível em:
<https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/download/9204/5666/0>. Acesso em: 18 mar. 2023

HENRIQUES, I. G.N., SOUTO, J. S., SOUTO, P. C., SANTOS, W. S., HENRIQUES, I. G. N., LIMA, T. S. Acúmulo, deposição e decomposição de serrapilheira sob a dinâmica vegetacional da Caatinga em unidade de conservação. **Revista Verde**, v.11, n.1, p.84-89, 2016. Disponível em:
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7258127.pdf>. Acesso em: 20 de dez. 2024.

IWATA, B. F. Adição de resíduos orgânicos em um argissolo sob sistema agroflorestal no seminário cearense. **Tese de doutorado**, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. Disponível em:
https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/36504/3/2015_tese_bfiwata.pdf. Acesso em: 08 de jan. 2025.

JESUS, A. G., PARENTE, T. G., CANÇADO, A. C., GOMES, H. Prática da agricultura da queima nas atividades agropecuárias e suas implicações no estado do Tocantins. **Revista de Políticas Públicas**, v.24, UFMA, Maranhão, 2020.

JORGE, M. C. O. Solos: conhecendo sua história. **Oficina de textos**. 1ª edição. São Paulo. 2021. Disponível em:
https://www.udesc.br/arquivos/cav/documentos/Cartilha_Solos_final_16670734260958_3251.pdf. Acesso em: 11 de dez. 2024.

LANGE, A., CAVALLI, E., PEREIRA, C. S., CHAPLA, M. V., FREDDI, O. S. Relações cálcio: Magnésio e características químicas do solo sob cultivo de soja e milho. **Naita**, v.9, n.3, p. 294 – 301, 2021. Disponível em:
<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/11526>. Acesso em: 05 de jan. 2025.

LAURENÇO, V. R. Predição digital do carbono orgânico do solo no bioma Caatinga auxiliado por sensoriamento remoto. **Trabalho de Conclusão de Curso**, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em:
<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/31131>. Acesso em: 07 de out. 2024.

LACOTELLI, M., MARCOLAN, A., VIEIRA, A. H. Avaliação de densidade de solos

associados a sistemas agroflorestais nos municípios de Cacaulândia e Rio Crespo, Rondônia. **XXXII Congresso Brasileiro de Ciências do solo**, Fortaleza, 2009.

Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/257147/1/Proci09.00041.pdf>.

Acesso em: 18 de nov. 2024.

LEITE, L. F. C. Matéria orgânica do solo. **EMBRAPA**, Teresina, 2004. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/68879/1/Doc97.pdf>. Acesso

em: 16 de dez. 2024.

LEONARDO, M., BROETTO, F., BOAS, R. L. V., MARCHESE, J. A., TONIN, F. B., REGINA, M. Estado nutricional e componentes da produção de pimentão conduzidas em sistema de fertirrigação durante indução de estresse salino em cultivo protegido. **Fitotecnia**, 67 (4), Bragantia, 2008. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/brag/a/dvVqnsNLyS6498KN5yqPRH/?lang=pt>. Acesso em:

05 de jan. 2025.

LIMA, I. M. M. F. O relevo de Teresina, PI: Compartimentação e dinâmica atual. **IX ENANPEGE**. GOIÂNIA, 2011. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/profile/Iracilde-](https://www.researchgate.net/profile/Iracilde-Lima/publication/308697215_O_RELEVO_DE_TERESINA_PI_COMPARTIMENTACAO_E_DINAMICA_ATUAL/links/57ebbf408ae93b7fa955c62/O-RELEVO-DE-TERESINA-PI-COMPARTIMENTACAO-E-DINAMICA-ATUAL.pdf)

[Lima/publication/308697215_O_RELEVO_DE_TERESINA_PI_COMPARTIMENTACAO_E_DINAMICA_ATUAL/links/57ebbf408ae93b7fa955c62/O-RELEVO-DE-TERESINA-PI-COMPARTIMENTACAO-E-DINAMICA-ATUAL.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Iracilde-Lima/publication/308697215_O_RELEVO_DE_TERESINA_PI_COMPARTIMENTACAO_E_DINAMICA_ATUAL/links/57ebbf408ae93b7fa955c62/O-RELEVO-DE-TERESINA-PI-COMPARTIMENTACAO-E-DINAMICA-ATUAL.pdf). Acesso em: 15 de

nov. 2024.

LIMA, I. M. M. F. Teresina: relevo, os rios e a cidade. **Revista Equador**, v.5, n.3, p.357-397, 2016. Disponível em:

[file:///D:/Users/user/Documentos/TERESINARELEVOERIOS_20167%20\(1\).pdf](file:///D:/Users/user/Documentos/TERESINARELEVOERIOS_20167%20(1).pdf).

Acesso em: 15 de nov. 2024.

LIMA, V. C., LIMA, M. R., MELHO, V. F. O solo no meio ambiente: Abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007. Disponível em:

http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/solo_escola/solo_meio_ambiente.pdf. Acesso em: 20 de nov. 2024.

LIMA, S. M. S. A., LOPES, W. G. R., FAÇANHA, A. C. Alterações na cobertura do solo em Teresina, Piauí, Brasil. **Revista Sociedade e Natureza**, v.33, Minas Gerais, 2021. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/sn/a/PCWjqGHTrk5z9K7vDyxHHNM/?format=pdf&lang=pt>.

Acesso em: 08 de out. 2024

LIMA, I. M. M. F. Áreas verdes urbanas e os rios de Teresina, Piauí, Brasil. **Revista da Academia de Ciências do Piauí**. Ano 1, Nº 1, 2020. Acessado em: 12/08/2023.

Disponível em: <https://periodicos.ufpi.br/index.php/acipi/article/download/705/672>.

Acesso em: 12 de ago. 2023.

LOCATELLI, M., MARCOLAN, A., VIEIRA, A. H. Avaliação de densidade de solos associados a sistemas agroflorestais nos municípios de Cacaulândia e Rio Crespo, Rondônia. **XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do solo**, Fortaleza, 2009.

Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/710575/1/cpafro-14107.pdf>. Acesso em: 20 de dez. 2024.

LOURENÇO, V.R. Predição digital do carbono orgânico do solo no bioma Caatinga auxiliado por sensoriamento remoto. **Monografia**, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível:

https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/31131/1/2017_tcc_vrlourenco.pdf. Acesso em: 20 de out. 2017.

LOUSADA, B. M. S. Eficácia de indicadores de qualidade do solo em reservas legais, na área de proteção de mananciais de Córrego Quinze, Distrito Federal. **Dissertação**. Universidade de Brasília – Instituto de geociências. Brasília, 2011. Disponível em:

http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/8751/1/2011_BrunoMaiaSorianoLousada.pdf. Acesso em: 20 de nov. 2024.

MACHADO, P. L. A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Quím. Nova**, 28 (2), 2005. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/qn/a/CB6Dn3MwxgLYNcdmwjYmvZF/>. Acesso em: 12 de dez. 2024.

MARETTI, C. C. Comentários sobre a Situação das Unidades de Conservação no Brasil. **Revista de Direitos Difusos**, v. 5, p. 633-652, 2001. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/271853184_Comentarios_sobre_a_Situacao_das_Unidades_de_Conservacao_no_Brasil_Sao_Paulo. Acesso em: 04 de out. 2023.

MARETTI, C., CATAPAN, M., ABREU, M., OLIVEIRA, J. Áreas Protegidas: Definições, Tipos e Conjuntos - reflexões conceituais e diretrizes para gestão, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Claudio-Maretti/publication/271842251_Areas_Protegidas_Definicoes_Tipos_e_Conjuntos_-_reflexoes_conceituais_e_diretrizes_para_gestao/links/54d3efe10cf246475804791a/Areas-Protegidas-Definicoes-Tipos-e-Conjuntos-reflexoes-conceituais-e-diretrizes-para-gestao.pdf. Acesso em: 18 de out. 2023.

MARQUES, R. G.G.; VALLADARES, G. S. Qualidade dos solos urbanos em áreas verdes de Teresina (PI). **Revista Equador**, Vol. 10, nº1, Piauí, 2021. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/download/12743/7477>. Acesso em: 09 de out. 2024.

MATOS, D.M. S., PIVELLO, V. R. O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de ambientes terrestres – alguns casos brasileiros. **Cienc. Cult.** v.61, n.1. São Paulo, 2009. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252009000100012&script=sci_arttext&tlng=es. Acesso em: 07 de jan. 2025.

MEDEIROS, R. Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v.9, n.1, 2006. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/asoc/a/C4CWbLTKrTPGzcN68d6N5v/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 de out. 2023.

MEDEIROS, R. M.; CAVALCANTI, E. P.; DUARTE, J. F. M. Classificação climática de Köppen para o estado do Piauí, Brasil. **Revista Equador**, Vol. 9, nº3, Piauí, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/viewFile/9845/6335>. Acesso em: 09 de out. 2024.

MELO, F. M., MENDONÇA, L. P. C. Avaliação da disponibilidade de fósforo em solo argiloso com diferentes teores de matéria orgânica. **Revista multidisciplinar - FINOM**, ano XIII, v. 18, 2019. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/270307635.pdf>. Acesso em: 08 de jan. 2025.

MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G., JÚNIOR, F. B. R., LOPES, A. A. C. Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo. **EMBRAPA**, Circular Técnica38, Distrito Federal, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1110832/1/CircTec38le daMendes.pdf>. Acesso em: 14 de jan. 2025.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE GOIÁS. Instrução Técnica nº16/2020. Goiânia, 2020. Disponível em: https://www.mpggo.mp.br/portal/arquivos/2020/04/30/13_54_24_950_2020001706507_Instru%C3%A7%C3%A3o_T%C3%A9cnica_016_2020_201800417584_APPS.pdf. Acesso em: 15 de ago. 2024.

MOREIRA, J. W., RODIGUES, Y, S. F. Acúmulo de biomassa de serrapilheira em área de restauração florestal do Cerrado. Ver. Ciênc. **Agroamb**. V.19, n.1. 2021. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/5435/4460>. Acesso em: 20 de dez. 2024.

MUNICÍPIO DE TERESINA, Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação, Plano Diretor de Drenagem Urbana de Teresina – 2010Lei nº3.888, de 26 de setembro de 1983.

NEPAR. Habitantes precisam enxergar o solo na paisagem urbana. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. 2023. Disponível em: <https://sbcs-nepar.org.br/2023/01/31/habitantes-precisam-enxergar-o-solo-na-paisagem-urbana/>. Acesso em: 14 de jan. 2025.

NUNES, M. U. C. Compostagem de resíduos para produção de adubo orgânico na pequena propriedade. **EMBRAPA**, Aracajú, 2009. Disponível em: http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/ct_59.pdf. Acesso em: 08 de jan. 2025.

OLIVEIRA, I. P., COSTA, K. A. P., SANTOS, K. J. G., MOREIRA, F. P. Considerações sobre a acidez dos solos de cerrado. **Revista Eletrônica Daculdade Montes Belos**, v.1, n.1, p. 01-12, Goiás, 2005. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/213856/1/refmb-2005.3.pdf>. Acesso em: 08 de jan. 2025.

OLIVEIRA, A. S. A matéria orgânica na redução do efeito tóxico do alumínio. **Trabalho de conclusão de curso**, Universidade Tecnológica do Paraná, Pato

Branco, 2018. Disponível em:

https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/13978/1/PB_COAGR_2018_2_03.pdf. Acesso em: 06 de jan. 2025.

OLIVEIRA, A. B. Método baseado em *Machine Learning* e *Deep Learning* para a segmentação da matéria orgânica particulada em imagens de microtomografia de raios x de agregados de solo. **Dissertação**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP), 2023. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/f880e45e-2b98-4be7-84fc-b0786f7ddc59/content>. Acesso em: 16 de dez. 2024.

OLIVEIRA, E. S., REATTOS A., ROIG, H. L. Estoques de carbono do solo segundo os componentes da paisagem. **Cadernos de ciência e tecnologia**, v.32, n1/2, Brasília, 2015. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1036784/1/Estoquesdecarbo nodosolo.pdf>. Acesso em: 07 de out. 2024.

OLIVEIRA, E. L. Análise da serrapilheira em áreas de mata ciliar na ARIE florestal da Cicuta. **Dissertação de mestrado**. Universidade Federal Fluminense. Volta Redonda, 2023. Disponível em: <https://pgta.uff.br/wp-content/uploads/sites/249/2023/07/PGTA-099.Elaine-Lopes-de-Oliveira.pdf>. Acesso em: 20 de dez. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Mapa de agência da ONU mostra quantidade de reservas de carbono nos solos do mundo. 2018. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/78831-mapa-de-ag%C3%Aancia-da-onu-mostra-quantidade-de-reservas-de-carbono-nos-solos-do-mundo#:~:text=Aumentar%20a%20quantidade%20de%20carbono,em%20mudan%C3%A7%C3%A3o%20disse%20Semedo>. Acesso em: 20 de dez. 2024.

PARRON, L. M., GARCIA, J. L., OLIVEIRA, E. B., BROWN, G. G., PRADO, R. B. Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma mata atlântica. **EMBRAPA**, Brasília, 2015. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1024472/1/LuciliaLivroServicosAmbientaisCap7.pdf>. Acesso em: 08 de jan. 2025.

PEDRON, F. A., DALMOLIN, R. S. D., AZEVEDO, A. C., KAMINSKI, J. Solos urbanos. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1647-1653, Santa Maria, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/LV4s9XfSnSL7wB5XVFJs4HF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 de jan. 2025.

PEDROTTI, A., CHAGAS, R. M., RAMOS, V. C., PRATA, A. P. N., LUCAS, A. A. T., SANTOS, P. B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **REGET/UFSM**, v.19, n.2, p.1308-1324, Santa Maria, 2015. Disponível em:

<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/47736279/sucesso-libre.pdf?1470171054=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCausas+e+consequencias+do+processo+de+sa.pdf&Expires=1736808651&Signature=LeGaN15rwD3MfkAWGDCiZkY6ogfXfx7oQ69KOW1ogSilZLi8aQeUFtVECNxLTKTxQneqphwsxpqV6ESqVL-bq5~zNrPTtdrDuyzcfSie~xSeH1VLQISVTCfq4~qxC94lxU6dPuVdd423VI07LROgscs>

d56d0xxnjZafRMRLegBGc2ujyirPCV370qCRE-QxZ~29zYQE2f5JPz8yicHkkm1Nhr6pB-8Z82wcrZ~rT7LEUC6RTSvHyDvGw9IShyQuXWYw7Lme46nTAKBruQibD~5AVzLw9yKS1b4h6DVcqg13Px8TgN~pUjHNd44zgHyVgwT0wJclS7iTHRlZg~9FSUQ_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 06 de jan. 2025.

PEREIRA, G. E. S., LOCATELLI, M., SOUZA, R. C. Compactação, densidade e fertilidade do solo na área de preservação permanente do Igarapé dos Tanques, Porto Velho/RO. **Enciclopédia Biosfera**, Centro científico conhecer, v.13,n.23, Goiânia, 2016. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2017&as_yhi=2024&q=Densidade+latossolo&btnG=. Acesso em: 16 de nov. 2024.

PEREIRA, L. O. V. Dinâmica de nitrogênio no contínuo solo-planta em área alterada e cultivada com Fabaceae arbóreas submetidas à fertilização mineral. **Dissertação de mestrado**, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, 2017. Disponível em: https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/5143/1/Luis_Pereira.pdf. Acesso em: 08 de jan. 2024.

PÉREZ, D. V., BREFIN, M. L. M., POLIDORO, J. C. Solo, da origem da vida ao alicerce das civilizações: uso, manejo e gestão. **Pesc. Agropec. Bras.** v.51, n.9, Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/ccj4byz7WScxx6PgQDXVVzJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 de dez. 2024.

PESSOA, T. M. Teresina, uma cidade entre rios: Estudo da gestão das águas pluviais na zona sul. **Dissertação de mestrado**, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019. Disponível em: [file:///D:/Users/user/Documentos/PESSOA,%20Thiscianne%20Moraes%20%20Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Final%20\(2\).pdf](file:///D:/Users/user/Documentos/PESSOA,%20Thiscianne%20Moraes%20%20Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Final%20(2).pdf). Acessado em: 18 de jan. 2025.

PIMENTEL, C. R., PAULETTO, D., RÊBELO, A. G. M., SILVA, A. F., PELEJA, V. L., PALOMINO, E. C. Produção, acúmulo e decomposição de serrapilheira em três sistemas agroflorestais no oeste do Pará. **Advances in Forestry Science**, v.8, n.1, 2021. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/afor/article/view/10523>. Acesso em: 20 de dez. 2024.

PULROLNIK, K. Transformação do carbono no solo. **EMBRAPA CERRADOS**, Distrito Federal, 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/664366/1/doc264.pdf>. Acesso em: 09 de jan. 2025.

REICHERT, J. M. Solos florestais. **Apostila**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009. Disponível em: https://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Disciplinas/SolosFlorestais/Apostila_Teorica%20SF.pdf. Acesso em: 11 de dez. 2024.

REINERT, D. J., ALBUQUERQUE, J. A., REICHERT, J. M., AITA, C., ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas

de cobertura em argissolo vermelho. Física do solo. **Ver. Bras. Ciênc. Solo**. 32 (5), 2008. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/5WjW8tsqwwWS6xRyMftbvJM/?format=pdf&lang=pt>.
 Acesso em: 18 de out. 2024.

RICHART, A., FILHO, J. T., BRITO, O. R., LLANILLO, R. F., FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e feitos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, n.3, p.321 – 344, Londrina, 2005. Disponível em:
<https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744077016.pdf> .Acesso em: 12 de nov. 2024.

RODRIGUES, A. S. L., CASTRO, P. T. A. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. RBRH — **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.13, n.1. 2008. Disponível em:
<https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=15&SUMARIO=188>.
 Acesso em: 25 de mar. 2023.

RODRIGUES, R. A. S. Ciência do solo: Morfologia e gênese. **Editora e Distribuidora Educacional S.A.** Londrina, 2018. Disponível em: https://cm-cls-content.s3.amazonaws.com/201802/INTERATIVAS_2_0/CIENCIA_DO_SOLO_MORFOLOGIA_E_GENESE/U1/LIVRO_UNICO.pdf. Acesso em: 11 de dez. 2024.

ROMÃO, R. L. Carbono orgânico em função do uso do solo. **Dissertação de mestrado**, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2012. Disponível em:
<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/39852b11-1a25-4765-87ef-bee1a2dbfe23/content>. Acesso em: 08 de jan.2025.

ROQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. **EMBRAPA**, Campinas, 2010. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/882598/1/BPD8.pdf>.
 Acesso em: 05 de jan. 2024.

ROSSI, C.Q., PEREIRA, M. G., GIÁCOMO, S. G., BETTA, M., POLIDORO, J. C. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de braquiára e sorgo. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.1, p.36-46, 2012. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rca/a/sSfcz46B864WJ5vz6DYctyK/?format=pdf&lang=pt>.
 Acesso em: 16 de dez. 2024.

SÁ, M. A. C., JUNIOR, J. D. G. S. Compactação do solo: consequências para o crescimento vegetal. **EMBRAPA**, Planaltina, 2005. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/569996/1/doc136.pdf>.
 Acesso em 18 de nov. 2024.

SANTOS, K. A., RUFINO, I. A. A., FILHO, M. N. M. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande – PB. **Eng. Sanit. Ambient.** V.22, n.5, 2017. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/esa/a/yMBFbMh7WdYMfw9H9KH9bhn/?format=pdf&lang=pt>.
 Acesso em: 14 de jan. 2025.

SANTOS, T. A., LIVIZ, C. A. M. O papel crucial das áreas protegidas no combate ao desmatamento na Amazônia. **Revista Jurídica da Amazônia**,v.1, n.2, p.205-225,

2024. Disponível em: <https://revista.mpro.mp.br/amazonia/article/view/107/71>. Acesso em: 13 de jan. 2025.

SARAH, M. M. S., MORAIS, L. F. F., SEGTOVICH, A. C., RICHART, A. C., NETO, H. F. S., JÚNIOR, M. L. S. Teores de cátions trocáveis, CTC, saturação por base e alumínio do solo em diferentes usos da terra de produtores familiares no município de Acará – PA. **XXXV Congresso Brasileiro de Ciências do Solo**, Natal, 2015. Disponível em: <https://eventosolos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/2363.pdf>. Acesso em: 05 de jan. 2025.

SCHROEDER, D. Solos: Fatos e conceitos. ANDA, São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.ufpa.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Solos-Fatos-e-Conceitos-final-final-1-1.pdf>. Acesso em: 11 de dez. 2023.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE (SEMAM) - Teresina, Coletivo Ambiental Itararé, Instituto Federal do Piauí (IFPI). **Avaliação do Riacho Itararé na Zona Urbana de Teresina: Relatório Preliminar**. Teresina, 2023. Acesso em: 01 de jan. 2024.

SILVA, D. J., FARIA, C. M. B. Nutrição, calagem e adubação. **EMBRAPA**, 2004. Disponível em: http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmanga/adubacao.htm. Acesso em: 08 de jan. 2024.

SILVA, S. B. Análise de solos para ciências agrárias. **EDUFRA**, 2ª Ed, Belém, 2018. Disponível em: <https://portaleditora.ufra.edu.br/images/Analise-de-Solos.pdf>. Acesso em: 10 de nov. 2024.

SILVA, F. C. P. Diagnóstico do uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do Riacho Itararé zona sudeste de Teresina. **Trabalho de conclusão de curso**, IFPI, Teresina, 2019. Disponível em: http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/1591/1/2019_TCC_fcpsilva.pdf. Acesso em: 18 de jan. 2025.

SILVA, M. O., VELOSO, C. L., NASCIMENTO, D. L., OLIVEIRA, J., PEREIRA, D. F., COSTA, K. D. S. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.7, p.47838-47855, Curitiba, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/13360/11223>. Acesso em: 07 de jan. 2025.

SILVA, T. A. C., MELLONI, R., MELLONI, E. G. P., RAMOS, P. P., PEREIRA, J. M. Avaliação da qualidade de solo de área de lixão desativado: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.02, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbqfe/article/view/240729/34837>. Acesso em 05 de jan. 2025.

SILVA, F. C. P., GOMES, E. R. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SEUS REFLEXOS NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO ITARARÉ EM TERESINA-PI. **Revista da Academia de Ciências do Piauí**, Volume 2, Número 2, p. 281 – 300, 2021. Disponível em:

<https://periodicos.ufpi.br/index.php/acipi/article/view/918>. Acesso em: 23 de mar. 2023.

SILVA, M. O., SANTOS, M. P., SOUSA, A. C. P., SILVA, R. L. V., MOURA, I. A. A., SILVA, R. S., COSTA, K. D. S. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Desenvolpente**, v.7, n.1, p.6853-6875, Curitiba, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/23374/18777>. Acesso em: 09 de nov. 2024.

SILVA NETA, N. L., MATSUMURA, W. M. K., GOMES, E. R. Descrição de microbiolitos ex situ da formação pedra de fogo (Permiano, Bacia do Parnaíba) no município de Teresina, Piauí. **Revista da Academia de ciências do Piauí**. V.3, n.3, p.285-304. 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufpi.br/index.php/acipi/article/download/1652/1555>. Acesso em: 26 de out. 2023.

SOBRAL, L. F., BARRETTO, M. C. V., SILVA, A. J., ANJOS, J. L. Guia prático para interpretação de resultados de análise de solo. **EMBRAPA**, Aracaju, 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042994/1/Doc206.pdf>. Acesso em: 06 de jan. 2025.

SOBUCKI, L., RAMOS, R. F., BELLÉ, C., ANTONIOLLI, Z. I. Manejo e qualidade biológica do solo: uma análise. **Revista Agronomia Brasileira**, v.3, São Paulo, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Ramos-14/publication/331713267_Soil_management_and_biological_quality_a_review_Manejo_e_qualidade_biologica_do_solo_uma_analise/links/5c89081f45851564fadb3c5a/Soil-management-and-biological-quality-a-review-Manejo-e-qualidade-biologica-do-solo-uma-analise.pdf. Acesso em: 15 de jan. 2025.

SOL, C. B. O., PISSANTI, A. R. A importância ambiental das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e sua fundamentação jurídica de acordo com o código florestal. **Trabalho de Conclusão de Curso**. UNIVAG. 2018. Disponível em: <https://www.repositoriodigital.univag.com.br/index.php/rep/article/view/134>. Acesso em: 10 de out. 2023.

SOUSA, S. G. A. Produção e decomposição de uma floresta ombrófila mista aluvial, Rio Barigüi, Araucária, PR. **Tese de doutorado**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/673172/1/TSOUSASILASAQ_UINODE.pdf. Acesso em: 20 de dez. 2024.

TAVARES, V. C. A percepção ambiental dos agricultores rurais do município de Queimadas/PB sobre a degradação do bioma Caatinga. **ACTA Geográficas**, v.12, n28, Boa Vista, 2018.

TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A., TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. **EMBRAPA**, 3º ver e ampl. Brasília, 2017. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1087322/1/Pt2Cap4Aidezpotencialdosolo.pdf>. Acesso em: 08 de jan. 2025.

VILLAR, M. P. Manual de interpretação de análise de plantas e solos e recomendação de adubação. **EMPAER**, Série Documentos, 35, Cuiabá, 2007.

Disponível em:

<https://www.empaer.mt.gov.br/documents/8024815/9382198/Manual+de+Interpreta%C3%A7%C3%A3o+de+An%C3%A1lise+de+Plantas+e+Solos+e+Recomenda%C3%A7%C3%A3o+de+Aduba%C3%A7%C3%A3o.pdf/09cae279-bdf6-5b4a-4b05-67fe9b4522f1?t=1542206699872>. Acesso em: 08 de jan. 2025.

VOGADO, R. F. Qualidade da matéria orgânica do solo, geoestatística e simulação dos estoques de carbono e nitrogênio pelo modelo Century em latossolo do Cerrado maranhense. **Tese de doutorado**, Universidade Federal da Parnaíba, Areia, 2020.

Disponível em:

https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/29806/1/RenatoFalconeresVogado_Tese.pdf. Acesso em: 08 de jan. 2025.

YEOMANS, J. C., BREMNER, J. M. A. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in soil Science plant analysis**, v.19, p. 1467-1476, 1988.

APÊNDICE A – DADOS BRUTOS COMPLETOS

DADOS DE MOP

Período	Ponto	Peso (g)			Média	Amostras
SECO	P1	0,1294	0.0727	0.1105	0,1042	3 amostras
	P2	Irrelevante	1.4458	1.3035	1,3746	3 amostras
	P3	x			x	X
	P4	3.1466	x	0,2148	1,6807	3 amostras
	P5	Irrelevante	0.0134	0.1787	0,09605	3 amostras
	P6	0.0225			0,0225	1 amostra
CHUVOSO	P1	0.1317		0.0627		2 amostras
	P2	Irrelevante		Irrelevante	Irrelevante	2 amostras
	P3	x			x	X
	P4	0.0120		0.0997	0,05585	2 amostras
	P5	0.0307		0.0090	0,01985	2 amostras
	P6	0.0143			0,0143	1 amostra

SERRAPILHEIRA DO PERÍODO SECO

AMOSTRA	PESO EM KG	MÉDIA	KG/Ha
P.1.1	1.150 kg	1.283 kg	12.830 Kg/Ha
P.1.2	1.500 kg		
P.1.3	1.200kg		
P.2	1.800 kg	1.800 kg	18.000 Kg/Ha
P.4.1	900 g	1.633 kg	16.330 Kg/Ha
P.4.2	2.100 kg		
P.4.3	1.900 kg		
P.5.1	2.300 kg	1.816 kg	18.160 Kg/Ha
P.5.2	1.250 kg		
P.5.3	1.900kg		
P.6	2.250 kg	2.250 kg	22.500 Kg/Ha
TOTAL	18.25 kg	8,782 kg	87.820 Kg/Ha

SERRAPILHEIRA DO PERÍODO CHUVOSO

AMOSTRA	PESO EM KG	MÉDIA	KG/Ha
P.1.1	2.600 kg	1.975 kg	19.750 Kg/Ha
P.1.2	1.350 kg		
P.4.1	2 kg	2 kg	20.000 Kg/Ha
P.5.1	1.400 kg	1.500 kg	15.000 Kg/Ha
P.5.2	1.600 kg		
P.6	1.300 kg	1.300 kg	13.000 Kg/Ha
TOTAL	10,25 Kg	6,775 kg	67,750 Kg/Ha

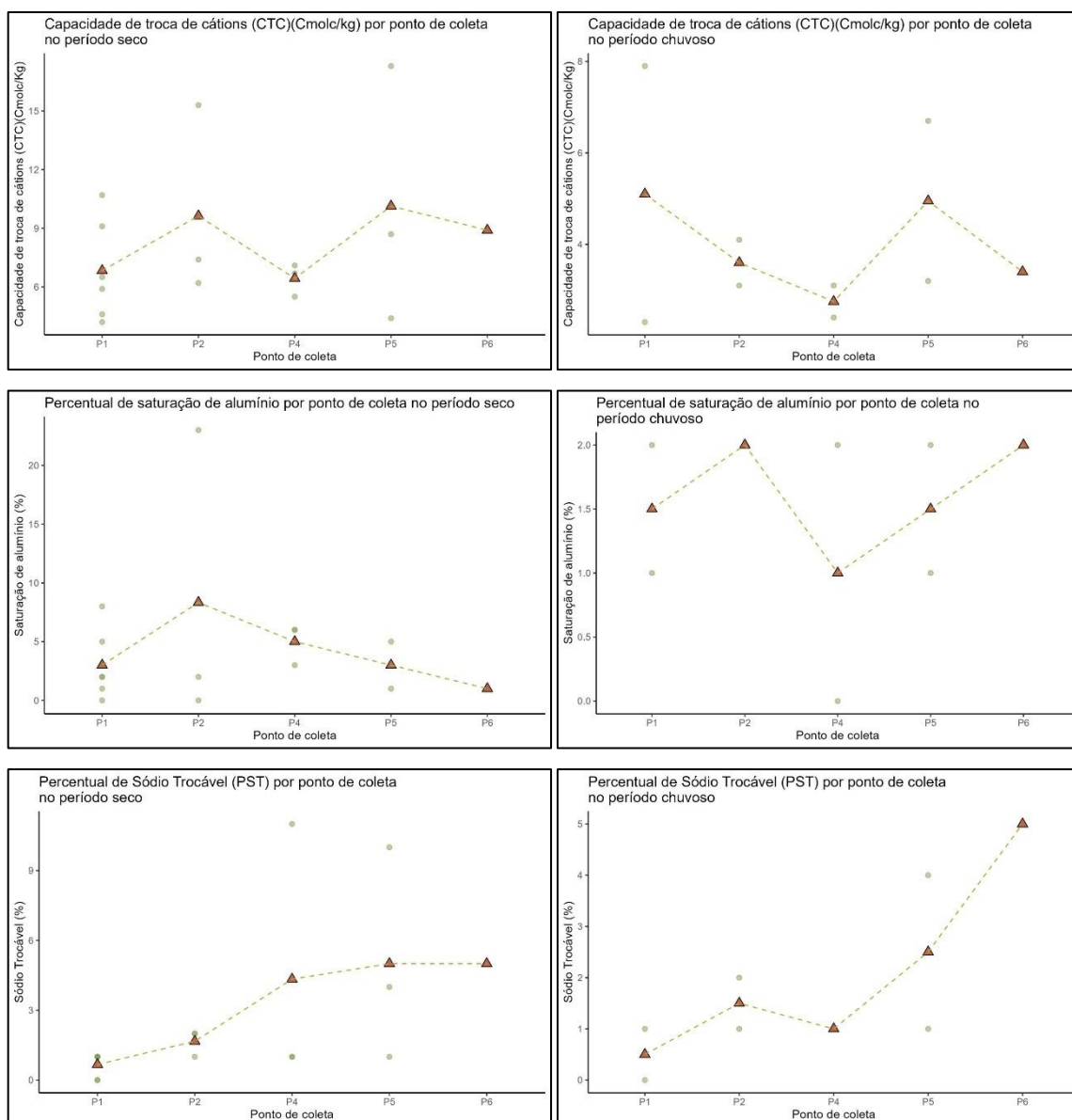
DENSIDADE DO PERÍODO SECO

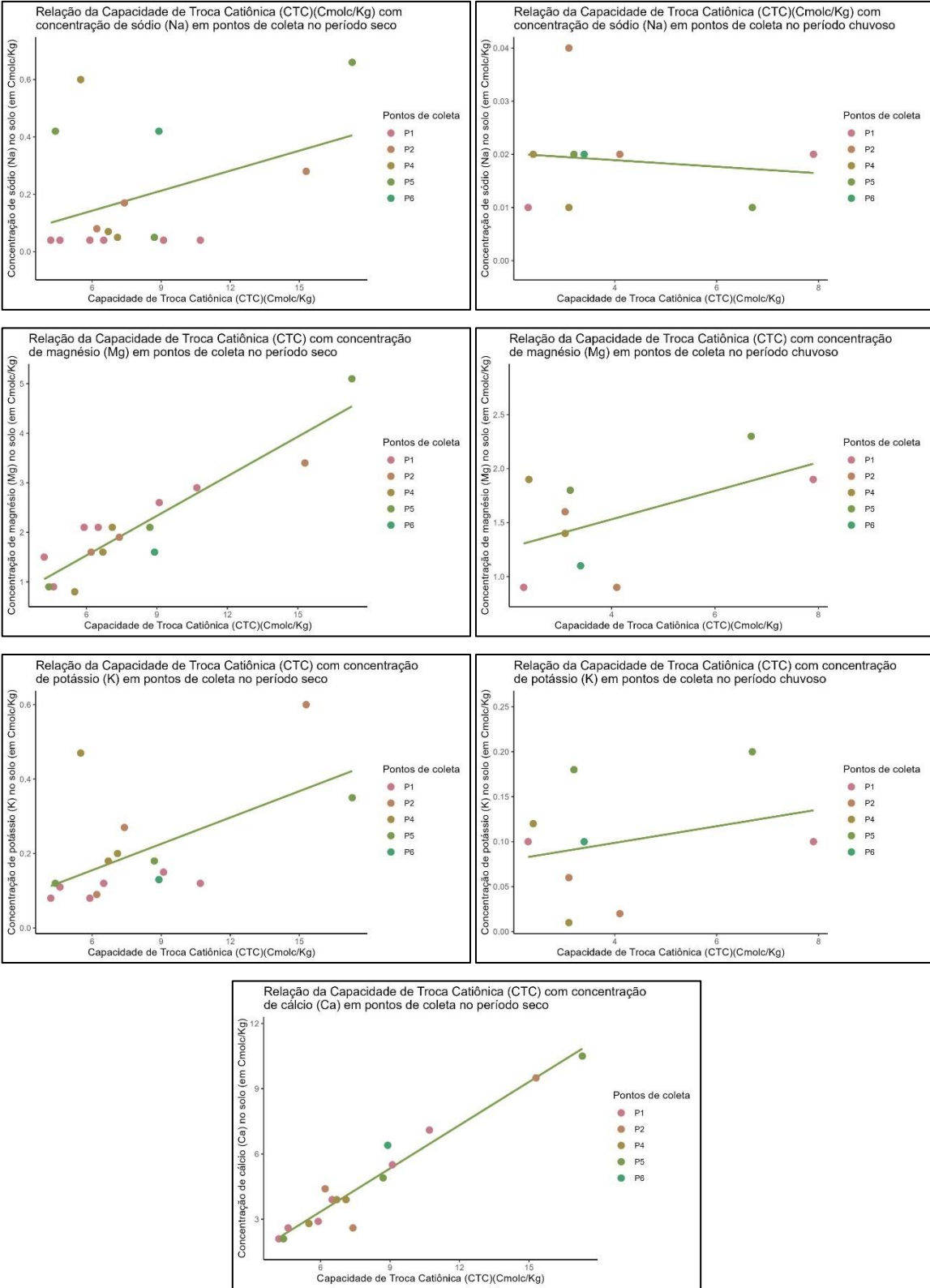
AMOSTRA	PESO EM g	DENSIDADE
P2.1	85 g	0,91g/cm ³
P2.2	58 g	0,62 g/cm ³
P2.3	42 g	0,45 g/cm ³
P4.2	99 g	1,06 g/cm ³
P4.3	76 g	0,81 g/cm ³
P5.2	66 g	0,70 g/cm ³
P6	127 g	1,36 g/cm ³

DENSIDADE DO PERÍODO CHUVOSO

AMOSTRA	PESO EM g	DENSIDADE
P1.1	87 g	0,93 g/cm ³
P1.2	128 g	1,37 g/cm ³
P2.1	155 g	1,60 g/cm ³
P2.2	118 g	1,20 g/cm ³
P4.2	110 g	1,18 g/cm ³
P5.1	87 g	0,93 g/cm ³
P5.2	85 g	0,91 g/cm ³
P6	107 g	1,15 g/cm ³

OUTROS DADOS DO PERÍODO SECO E CHUVOSO





APÊNDICE B – QUADROS COM VALORES TOTAIS DA ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO NO PERÍODO SECO E CHUVOSO

TABELA 1 – AMÁLISE QUÍMICA DO PERÍODO SECO

RESULTADOS ANALÍTICOS																			
Amost nº	Identifica ção	pH	(Cmolc/ kg)								(%)			(mg/k g)	(g/ kg)		C/ N	(g/kg)	(ds/ m)
			Ca	Mg	Na	K	(H+ Al)	Al	S	T	V	m	P S T	P	C	N		M.O.	CE
21	P1 / 0-5 / Seco / Naide	5,9	5,5 0	2, 6 0	0,0 4	0, 15	0, 83	0, 20	8,3	9, 1	9 1	2	0	11	7,9 8	0, 8 5	9	13,7 6	0,3 3
22	P1 / 5-10 / Seco / Naide	6,0	2,6 0	0, 9 0	0,0 4	0, 11	0, 99	0, 30	3,6	4, 6	7 9	8	1	10	5,7 0	0, 6 4	9	9,8 3	0,1 3
23	P2 / 0-5 / Seco / Naide	6,1	2,9 0	2, 1 0	0,0 4	0, 08	0, 83	0, 25	5,1	5, 9	8 6	5	1	8	6,4 2	0, 6 9	9	11,0 7	0,1 9
24	P2 / 5-10 / Seco / Naide	6,1	2,1 0	1, 5 0	0,0 4	0, 08	0, 50	0, 00	3,7	4, 2	8 8	0	1	8	4,7 4	0, 4 8	1 0	8,1 7	0,0 9
25	P2 - 01 / Seco / Naide	6,8	4,4 0	1, 6 0	0,0 8	0, 09	0, 00	0, 00	6,2	6, 2	1 0 0	0	1	23	2,4 6	0, 2 5	1 0	4,2 4	0,5 4
26	P2 - 02 / Seco / Naide	5,1	9,5 0	3, 4 0	0,2 8	0, 60	1, 49	0, 30	13, 8	1 5, 3	9 0	2	2	18	27, 36	2, 8 9	9	47,1 7	3,6 5
27	P2 - 03 / Seco / Naide	4,9	2,6 0	1, 9	0,1 7	0, 27	2, 48	1, 50	4,9	7, 4	6 7	2 3	2	22	19, 80	2, 2	9	34,1 4	1,0 9

				0												6			
28	P3 / 0-5 / Seco / Naide	6,0	7,1 0	2,9 0	0,0 4	0,12	0,50	0,10	10,2	10,7	95	1	0	12	8,5 8	0,9 2	9	14,7 9	0,2 5
29	P3 / 5-10 / Seco / Naide	5,9	3,9 0	2,1 0	0,0 4	0,12	0,33	0,15	6,2	6,5	95	2	1	10	6,4 2	0,6 8	9	11,0 7	0,1 8
30	P4 - 01 / Seco / Naide	5,4	2,8 0	0,8 0	0,6 0	0,47	0,83	0,30	4,7	5,5	85	6	1 1	22	8,2 8	0,8 9	9	14,2 7	0,2 5
31	P4 - 02 / Seco / Naide	5,3	3,9 0	1,6 0	0,0 7	0,18	0,99	0,35	5,7	6,7	85	6	1	21	5,8 8	0,6 5	9	10,1 4	0,5 6
32	P4 - 03 / Seco / Naide	5,7	3,9 0	2,1 0	0,0 5	0,20	0,83	0,20	6,2	7,1	88	3	1	22	11,88	1,2 6	9	20,4 8	1,2 2
33	PO5 - 01 / Seco / Naide	6,0	10,50	5,1 0	0,6 6	0,35	0,66	0,15	16,6	17,3	96	1	4	23	13,68	1,5 2	9	23,5 8	1,7 0
34	P05 - 02 / Seco / Naide	5,9	2,1 0	0,9 0	0,4 2	0,12	0,83	0,20	3,5	4,4	81	5	1 0	12	12,24	1,3 5	9	21,1 0	0,6 2
35	PO5 - 03 / Seco / Naide	5,8	4,9 0	2,1 0	0,0 5	0,18	1,49	0,25	7,2	8,7	83	3	1	37	8,2 2	0,8 9	9	14,1 7	0,3 5
36	PO6 - 01 / Seco / Naide	5,9	6,4 0	1,6 0	0,4 2	0,13	0,33	0,10	8,5	8,9	96	1	5	11	5,2 2	0,5 6	9	9,0 0	2,8 6

TABELA 2 – ANÁLISE QUÍMICA DO PERÍODO CHUVOSO

RESULTADOS ANALÍTICOS

Amost nº	Identifica ção	pH	(Cmolc/ kg)								(%)			(mg/k g)	(g/ kg)		C/ N	(g/kg)	(dS/ m)
			Ca	Mg	Na	K	(H+ Al)	Al	S	T	V	m	P S T	P	C	N		M.O.	CE
21	P1 / 0-5 / Chuvoso / Naide	5,3	2,1 0	1, 9 0	0,0 2	0, 10	0, 80	0, 01	3,1	7, 9	8 7	1	0	8	11, 30	0, 9 0	13	19,44	0,2 8
22	P1 / 5-10 / Chuvoso / Naide	5,1	1,9 0	0, 9 0	0,0 1	0, 10	0, 80	0, 02	3,0	2, 3	7 9	2	1	9	7,6 0	0, 7 0	11	13,07	0,0 9
25	P2 - 01 / Chuvoso / Naide	5,7	2,2 0	1, 6 0	0,0 4	0, 06	0, 20	0, 02	2,1 0	3, 1 0	8 1	2	1	19	3,1 0	0, 3 2	10	5,33	0,3 3
26	P2 - 02 / Chuvoso / Naide	4,5	1,1 0	0, 9 0	0,0 2	0, 02	0, 80	0, 01	4,2 0	4, 1 0	8 9	2	2	18	33, 20	3, 9 0	9	57,10	3,0 9
30	P4 - 01 / Chuvoso / Naide	4,7	3,1 0	1, 4 0	0,0 1	0, 01	0, 70	0, 01	2,5 0	3, 1 0	8 5	2	1	19	6,3 0	0, 8 4	8	10,84	0,4 0
32	P4 - 03 / Chuvoso / Naide	4,3	2,9 0	1, 9 0	0,0 2	0, 12	0, 60	0, 00	3,2 0	2, 4 0	8 3	0	1	20	12, 20	1, 3 4	9	20,98	1,1 0
33	PO5 - 01 / Chuvoso / Naide	4,7	4,9 0	1, 8	0,0 2	0, 18	0, 90	0, 02	3,2 0	3, 2	8 3	2	1	30	9,1 0	1, 1	8	15,65	0,3 0

				0						0						0			
34	P05 - 02 / Chuvoso / Naide	4,8	2,4 0	2,3 0	0,0 1	0,20	0,60	0,01	4,3 0	6,7 0	8 7	1	4	23	15,10	1,8 0	8	25,97	1,9 0
36	PO6 - 01 / Chuvoso / Naide	4,1	6,4 0	1,1 0	0,0 2	0,10	0,30	0,02	3,8 0	3,4 0	8 9	2	5	10	6,1 0	0,9 0	7	10,49	2,3 0