



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Campus Presidente Prudente

GUSTAVO FÁVARO LOPES
LEONARDO CRUZ MENDES DA SILVA

**RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR MEIO DE TÉCNICAS DE
BIOENGENHARIA NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO TIMBURI,
PRESIDENTE PRUDENTE-SP**

Presidente Prudente

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE-SP

GUSTAVO FÁVARO LOPES
LEONARDO CRUZ MENDES DA SILVA

**RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR MEIO DE TÉCNICAS DE
BIOENGENHARIA NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO TIMBURI,
PRESIDENTE PRUDENTE-SP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Geografia da Faculdade de Ciências
e Tecnologia, da UNESP/Campus de Presidente
Prudente, como requisito para a obtenção do
título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues
Nunes

Presidente Prudente

2022

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação - Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Campus de Presidente Prudente

L852r Lopes, Gustavo Fávaro.
Recuperação de área degradada por meio de técnicas de bioengenharia na Área de Proteção Ambiental do Timburi, Presidente Prudente-SP / Gustavo Fávaro Lopes, Leonardo Cruz Mendes da Silva. - 2022
86 f. : il.

Orientador: João Osvaldo Rodrigues Nunes
Trabalho de conclusão (bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2022

Inclui bibliografia

1. Geografia. 2. Erosão. 3. Bioengenharia. 4. APA do Timburi. I. Silva, Leonardo Cruz Mendes da. II. Nunes, João Osvaldo Rodrigues. III. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. IV. Título.

Alessandra Kuba Oshiro Assunção
CRB-8/9013

GUSTAVO FÁVARO LOPES
LEONARDO CRUZ MENDES DA SILVA

**RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR MEIO DE TÉCNICAS DE
BIOENGENHARIA NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO TIMBURI,
PRESIDENTE PRUDENTE-SP**

“Videoconferência”

Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes - Orientador

“Videoconferência”

Prof. Dr. José Tadeu Garcia Tommaselli - Banca Examinadora

“Videoconferência”

Prof. Dr. Leonardo da Silva Thomazini - Banca Examinadora

Presidente Prudente, 11 de março de 2022

Dedicatórias

Eu, Gustavo dedico esse trabalho aos meus pais, Nicodemus Camilo Lopes (*in memoriam*) e Maria Judite Fávaro Lopes (*in memoriam*), pois de alguma forma estavam presentes nessa minha trajetória.

Eu, Leonardo dedico a minha avó, Maria Gonçalves Barbosa.

AGRADECIMENTOS:

Agradecemos primeiramente a Deus, por nos dar inteligência e persistência ao longo de toda a realização deste trabalho, como também aos familiares e amigos que nos apoiaram nesse percurso;

Também somos profundamente agradecidos pela orientação do professor Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes, pelos seus ensinamentos valiosos e incentivo nas mais diversas oportunidades;

Não podemos deixar de agradecer ao Sr. José, que autorizou a aplicação das técnicas de recuperação em sua propriedade, sem o seu aval, esse trabalho não existiria;

Ao Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos da Faculdade de Ciência e Tecnologia (FCT-UNESP) de Presidente Prudente, local onde realizamos as análises granulométricas dos sedimentos, nas quais tivemos a ajuda do professor Leonardo da Silva Thomazini, como também nos trabalhos de campo;

Aos professores do departamento de Geografia e de outros, por todo conhecimento que foi compartilhado no decorrer do curso;

Somos agradecidos pelo apoio e ajuda do mestrando Victor Hugo Cruz, para o desenvolvimento desse trabalho;

Agradecemos a UNESP (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”), por viabilizar a realização desse sonho, como também afirmamos a sua importância no interior paulista, além de ser pública, gratuita e de qualidade;

À CNPq - PIBIC (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica), pelo apoio à pesquisa;

E por fim, muito obrigado a você que se interessou em ler esse trabalho!

RESUMO

A erosão é um processo natural de modelamento do relevo pela desagregação, transporte e deposição das partículas do solo, por ação hídrica, eólica, entre outras. Porém, a ação humana sobre o relevo tem provocado sucessivos desequilíbrios ambientais, pela supressão da vegetação e intensificação de processos erosivos, além de alterar as próprias formas e dinâmicas da superfície. Os impactos das ações humanas podem ser observados na escala de tempo mais recente, denominada como Antropoceno ou Tecnógeno. O presente estudo foi realizado em uma propriedade rural situada na Área de Proteção Ambiental - APA do Timburi, município de Presidente Prudente - SP, que apresenta duas ravinas, em cujo local existia um córrego que foi assoreado, e atualmente tornou-se uma área de pastagem. O trabalho teve como objetivo aplicar técnicas de bioengenharia para controle e estabilização de erosões lineares, utilizando barramentos de bambu (paliçadas) e sacarias de ráfia, por seu baixo custo e versatilidade da aplicação. Foram realizadas coletas de amostras de solo em pontos à montantes dos barramentos, para análise física e química, e ensaios de permeabilidade com o Permeametro de Guelph. A análise granulométrica indicou solos de textura predominantemente arenosa, a análise química constatou presença de acidez. As classes de permeabilidade observadas foram de lenta a moderada, com indicativo de hidromorfismo. Os barramentos se mostraram eficazes na contenção e estabilização das erosões. As Áreas de Proteção Ambientais demandam ações de recuperação e manejo mais consciente, pois desempenham importante papel para a biodiversidade, proteção dos recursos naturais e na preservação da qualidade de vida. Ressaltamos a importância de investimentos do poder público municipal na conscientização e incentivos às boas práticas dentro da APA do Timburi. Espera-se que este trabalho sirva de modelo para mais ações de recuperação de áreas degradadas.

PALAVRAS-CHAVE: Bioengenharia; Erosão Linear; Paliçadas; Erosão de solos.

ABSTRACT

Erosion is a natural process of relief modeling by the disintegration, transport, and deposition of soil particles, by water and wind action, among others. However, human action on the relief has caused successive environmental imbalances, by suppressing vegetation and intensifying erosion processes, in addition to altering the surface's own forms and dynamics. The impacts of human actions can be observed in the most recent time scale, called the Anthropocene or Technogene. The present study was carried out on a rural property located in the Environmental Protection Area - APA do Timburi, in the municipality of Presidente Prudente - SP, which has two ravines, in which there was a stream that was silted up, and currently has become an area of pasture. The objective of this study was to apply bioengineering techniques to control and stabilize linear erosion, using bamboo dams and raffia begs, because of their low cost and versatility of application. Soil samples were collected at points upstream from the dams, for physical and chemical analysis, and permeability tests with the Guelph Permeameter. The textural analysis indicated the presence of predominantly sandy-textured soils, the chemical analysis contacted the presence of acidity. The observed permeability classes ranged from slow to moderate, indicating hydromorphism. The dams proved effective in containing and stabilizing erosion. The Environmental Protection Areas demand more conscious recovery and management actions, as they play an important role in the biodiversity, protection of natural resources, and preservation of the quality of life. We emphasize the importance of investments by the municipal government in raising awareness, and incentives for good practices within the Timburi APA. It is hoped that this work will serve as a model for further actions for the recovery of degraded areas.

KEYWORDS: Bioengineering; Linear Erosion; Palisades; Soil Erosion.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da Área de Proteção Ambiental de uso sustentável no Timburi, Presidente Prudente, SP.....	20
Figura 2 - Localização dos barramentos	23
Figura 3 - Moita de bambu	24
Figura 4 - Construção dos barramentos (Ravina 1)	24
Figura 5 - Visão geral dos barramentos (Ravina 1).....	25
Figura 6 - Construção dos barramentos (Ravina 2)	25
Figura 7 - Construção do Barramento com montagem em 'V'.....	26
Figura 8 - Passo a passo da montagem do barramento 1 na ravina 2.....	27
Figura 9 - Barramentos com as sacarias danificadas.....	28
Figura 10 - Aplicação da Tela Sombrite de Polietileno.....	28
Figura 11 - Reforço no barramento 4 da Ravina 2	29
Figura 12 - Substituição das abraçadeiras	29
Figura 13 - Coleta amostras de solo com o uso do trado do tipo Holandês.	30
Figura 14 - Secagem das amostras, destorroamento e peneiramento.....	31
Figura 15 - Amostra sendo armazenada após destorroamento e peneiramento.....	32
Figura 16 - Pesagem das frações das amostras, adição da água deionizada e da solução de hidróxido de sódio (NaOH).....	33
Figura 17 - Erlenmeyers na mesa agitadora	33
Figura 18 - Processo de lavagem.....	34
Figura 19 - Adicionando material retido na peneira em uma Placa de Petri.....	35
Figura 20 - Agitação das provetas.....	36
Figura 21 - Processo de pipetagem	37
Figura 22 - Placas de Petri e Béqueres na estufa.....	38
Figura 23 - Permeâmetro de <i>Guelph</i> : esquema do equipamento.....	40
Figura 24 - Permeametro de Guelph em campo	41
Figura 25 - Classes de horizontes de solo	44
Figura 26 - Feições de fenômenos erosivos	47
Figura 27 - Exemplos de técnicas de bioengenharia: a) biomantas; b) enrocamento; c) paliçadas; d) geocélulas; e) esquema de caniçadas vivas.....	50
Figura 28 - Mapa geomorfológico da Área de Proteção de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente, SP com a localização da área de estudo.....	56

Figura 29 - Esboço simplificado das principais classes de solo da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente-SP com a localização da área de estudo.	57
Figura 30 - Mapa de geologia da Área de Proteção de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente, SP com a localização da área de estudo.....	59
Figura 31 - Perfil Geológico e Pedológico entre a localização dos experimentos nas propriedades do Sr. Ilário e Sr. José	60
Figura 32 - Mapa Clinográfico da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente-SP, com a localização da área de estudo.....	61
Figura 33 - Mapa de hipsometria da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente.....	62
Figura 34 - Mapa de cobertura e uso da terra da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável, no Timburi, Presidente Prudente-SP com a localização da área de estudo.	64
Figura 35 -Mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares da área de proteção Ambiental de uso sustentável no Timburi, Presidente Prudente-SP com a localização da área de estudo.....	65
Figura 36 - Diagrama de classes proposto pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, com as informações obtidas nos resultados da análise física, propriedade do Sr. José.	69
Figura 37 - Escala de valores de pH	71
Figura 38 - Comparativo temporal das ravinas 1 e 2.....	75
Figura 39 - evolução da vegetação nas ravinas durante o período chuvoso	76
Figura 40 - Integração entre a vegetação e os barramentos.....	76

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição valores de areia, silte e argila (g.kg-1) das amostras.....	68
Gráfico 2 - Concentração de Matéria orgânica e Carbono orgânico	72

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Tempo para pipetagem da argila segundo a Lei de Stockes.	37
Tabela 2 - Classificação granulométrica quanto ao diâmetro das partículas	45
Tabela 3 – Valores dos atributos químicos das amostras de solo.....	70
Tabela 4 - Valores de volume de água com vazão de 5 cm.....	73
Tabela 5 - Valores de volume de água com vazão de 10 cm (H2).....	73
Tabela 6 - Medidas das dimensões e distâncias entre os barramentos das ravinas 1 e 2 em área experimental na propriedade do Sr. José.....	74
Tabela 7 - Coordenadas UTM e altitudes dos 7 barramentos em área experimental na propriedade do Sr. José	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA - Área de Proteção Ambiental

Al - Alumínio

CO - Carbono Orgânico

Ca - Cálcio

CTC - Capacidade de Troca Catiônica

dm⁻³ - Decímetro cúbico

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

LabSolos - Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos

Mg - Magnésio

MO - Matéria Orgânica

MOS - Matéria Orgânica do Solo

NaOH - Hidróxido de sódio

SB - Saturação de Base

SIG - Sistemas de Informação Geográfica

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso

FCT/UNESP - Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Estadual Paulista

P - Fósforo

pH - Potencial Hidrogeniônico

UC - Unidade de Conservação

UPI - Unidade de Proteção Integral

UPS - Unidade de Proteção Sustentável

K - Potássio

Kfs - condutividade hidráulica saturada do solo em campo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	15
2 . ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE USO SUSTENTÁVEL DO TIMBURI....	19
3. OBJETIVO GERAL	21
3.1 Objetivos específicos	21
4.PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	22
4.1 Aplicação das técnicas de bioengenharia	22
4.2 Manutenções	27
4.3 Coleta de solo	30
4.4 Análise física das amostras de solo	30
4.5 Análise química das amostras de solo	38
4.6 Ensaio de permeabilidade	39
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	42
5.1 Intemperismo.....	42
5.2 Atributos do solo: Horizontes.....	43
5.3 Cor	44
5.4 Textura	45
5.5 Estrutura.....	45
5.6 Porosidade e permeabilidade.....	46
5.7 Processos erosivos	46
5.8 Bioengenharia	49
5.9 Unidade de conservação.....	52
6. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE USO SUSTENTÁVEL DO TIMBURI	55
6.1 Geomorfologia.....	55
6.2 Solos	56
6.3 Geologia.....	58

6.4 Clinografia	61
6.5 Hipsometria	62
6.6 Cobertura e uso da terra	63
6.7 Mapa de Vulnerabilidade Ambiental	64
7.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
7.1 Análise física	68
7.2 Análise química	70
7.3 Ensaio de permeabilidade	73
7.4 Resultados da implantação dos barramentos	74
8 . CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
9. REFERÊNCIAS:.....	80

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A ciência geográfica nos permite fazer análises do ponto de vista das relações entre a sociedade e a natureza, e para além disso, abordando diversas questões ambientais e sociais. Durante o século XVIII estudava-se a natureza predominantemente sob a ótica da influência desta sobre o homem, o que caracterizava a abordagem determinista de Ratzel (SOUTO, 2016; AZEVEDO, 2017), enquanto nos séculos XIX e XX prevaleceu uma fragmentação entre os geógrafos físicos e humanos.

A partir dos anos 1970, sob a influência de eventos como a Conferência de Estocolmo que ocorreu no ano de 1972, e enfatizou questões ecológicas e ambientais (AZEVEDO, 2017), bem como a emergência desse debate na geografia, deu-se início a uma fase mais integrada de abordagem da relação sociedade-natureza (SUERTEGARAY; NUNES, 2001).

Conforme avançaram as tecnologias voltadas a produção/exploração do meio, atingindo maior velocidade e amplitude, as mudanças provocadas no meio ambiente e ao próprio relevo também se intensificaram. Segundo Suertegaray e Nunes (2001), o estudo das mudanças geradas pela ação humana levaram os geógrafos a privilegiar as análises dos processos morfodinâmicos (na escala de tempo mais curta) em detrimento dos morfogenéticos (tempo profundo).

A erosão é um fenômeno natural de modelamento do relevo através do transporte de sedimentos e fragmentos de rochas das áreas elevadas (topos e vertentes) para áreas mais baixas (planícies e fundos de vale). Destarte, o estrato geográfico não é estático pois houveram constantes transformações ao longo de milhões de anos para constituir o panorama que observamos atualmente. De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999) e Lepsch (2011), esse tipo de erosão é denominada de geológica ou natural.

Esse fenômeno pode ocorrer sob ação de vários vetores, como a erosão eólica causada pela ação do vento em regiões onde o relevo é mais plano, de baixas precipitações e vegetação escassa. A erosão glacial é provocada pelas frequentes mudanças do estado físico da água nas calotas polares (gelo para líquido e vice-versa) (ASSINE; VESELY, 2008), e a erosão hídrica é causada pela água através da ação de oceanos, rios, chuvas e por escoamento superficial. Esses processos se

intensificam com ação humana, principalmente com retirada da cobertura vegetal nativa (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Em regiões tropicais, devido ao clima e ao alto índice pluviométrico em determinado período do ano, como também as características dos solos são comuns as erosões por ação hídrica (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999; LEPSCH, 2011). Quando elas ocorrem em solos sem proteção aumentam sua degradação levando a uma maior erodibilidade. Os diferentes usos e ocupações da terra, tem provocado sucessivos desequilíbrios ao meio natural, acelerando o desgaste, perda da fertilidade de solos, extinção de faunas e floras, além de alterar as formas das camadas superficiais do relevo. Essas dinâmicas marcam a escala de tempo humana e podem ser observadas no tempo histórico.

No Oeste Paulista há alto grau de suscetibilidade aos processos erosivos em decorrência de dois fatores naturais: a geomorfologia e litologia (BOIN, 2001). A região está situada no Planalto Ocidental Paulista que abrange 50% do território Estado de São Paulo. Geologicamente tem predominância de rochas pertencentes do Grupo Bauru, representado pelas Formações Adamantina, Santo Anastácio, Caiuá e os Depósitos Aluviais, com declive em direção ao Rio Paraná, formando relevos estruturais (BRISTRICHI, 1981).

Oliveira (1999) no Mapa Pedológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000, do Oeste Paulista, destaca que foram identificados oito tipo de solos: os Argissolos Vermelho-Amarelos; os Argissolos Vermelhos; os Latossolos Vermelhos; os Nitossolos Vermelhos; os Gleissolos Háplicos; os Neossolos Quartzarênicos; os Neossolos Flúvicos e os Neossolos Litólicos.

Para melhor compreensão da área de estudo foi feito um recorte analítico na escala local, pois nela é possível perceber com mais precisão as influências sociais, econômicas, políticas e ambientais desenvolvidas ao longo do tempo histórico recente (MIYAZAKI, 2014; SUERTEGARAY; NUNES, 2001), para assim perceber a relação destes fatores com a transformação superficial do relevo.

A cidade de Presidente Prudente fica localizada no Oeste Paulista, na região do Pontal do Paranapanema, com as coordenadas aproximadas de 22° 07'S e 51° 23'W. Abrange uma área de 562,8 km² e tem uma população estimada de 231.953 habitantes (IBGE, 2021).

De acordo com o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012), a vegetação nativa antes do surgimento do município era Floresta Estacional

Semidecidual. Contudo houveram profundas alterações na paisagem com a remoção da mata para a expansão urbana, produção agrícola extensiva, de início para o consumo próprio e posteriormente culturas voltadas para comercialização (MOREIRA; HESPANHOL, 2006).

A cidade se formou a partir de duas vilas, a Vila Marcondes e Vila Goulart, cada uma possuía suas características marcantes, como o cemitério, escola, igreja e entre outras. A Vila Goulart situa-se onde hoje se encontra o “quadrilátero central”, e foi sede da estação ferroviária voltada para a avenida Washington Luiz, atualmente centro da cidade. A Vila Marcondes se desenvolveu atrás da estação ferroviária, onde ficavam os armazéns para o estoque de café, as indústrias (posteriormente) e as pessoas que trabalhavam nessas empresas (HEIRAS *et al.*, 2014).

Essas vilas se juntaram formando o município atual, tendo uma área total de 560 km², sendo 16,560 km² de perímetro urbano e área rural composto pelos distritos de Ameliópolis, Eneida, Floresta do Sul, Montalvão e diversos bairros rurais, (PRESIDENTE PRUDENTE, 2021). O desenvolvimento do município causou impactos no meio ambiente, pois a vegetação nativa foi suprimida dando espaço para áreas construídas e cultivos agrossilvipastoris, o que intensificou os processos erosivos nesta região que já tem grande suscetibilidade a tal fenômeno devido às suas características naturais (BOIN, 2001; MOREIRA, 2021).

Nos bairros rurais do Timburi e Primeiro de Maio, uma das mais antigas aglomerações rurais do município localiza-se a Fazenda Santa Apolônia, que anos atrás foi escolhida para a instalação do aterro sanitário de Presidente Prudente, esta decisão incomodou os moradores do local, e gerou uma mobilização dos mesmos (MOREIRA, 2021).

A comunidade local em conjunto com os professores da FCT/UNESP se uniu para impedir a instalação do aterro sanitário, alegando que causaria grandes impactos ambientais ao assentamento. E como resultado da mobilização popular foi criada a Área de Proteção Ambiental - APA do Timburi por meio da Lei Complementar nº 235 de 2019 (MOREIRA, 2021).

O presente estudo foi realizado em uma propriedade rural situada dentro da APA do Timburi, que apresenta duas ravinas, em cujo local o proprietário (Sr José) afirma ter existido um córrego a algumas décadas atrás, que foi assoreado por decorrência de intensos processos erosivos, sendo atualmente uma área de pastagem.

E para a estabilização das duas ravinas, foram instalados barramentos de bambu, as estruturas foram instaladas transversalmente em relação ao fluxo de água com objetivo de reduzir a energia potencial hídrica e o transporte de sedimentos, permitindo maior infiltração da água e estabilização da vegetação (VERDUM; VIEIRA; CANEPPELE, 2016).

O presente trabalho justifica-se pela necessidade de incentivar práticas ecológicas de manejo e restauração em área degradada nas propriedades rurais situadas na APA do Timburi. Áreas de Proteção Ambiental demandam ações de recuperação e manejo mais consciente, pois desempenham importante papel para a biodiversidade, proteção dos recursos naturais e preservação da qualidade de vida. Espera-se que este trabalho sirva de incentivo para mais ações de recuperação de áreas degradadas.

2. ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE USO SUSTENTÁVEL DO TIMBURI

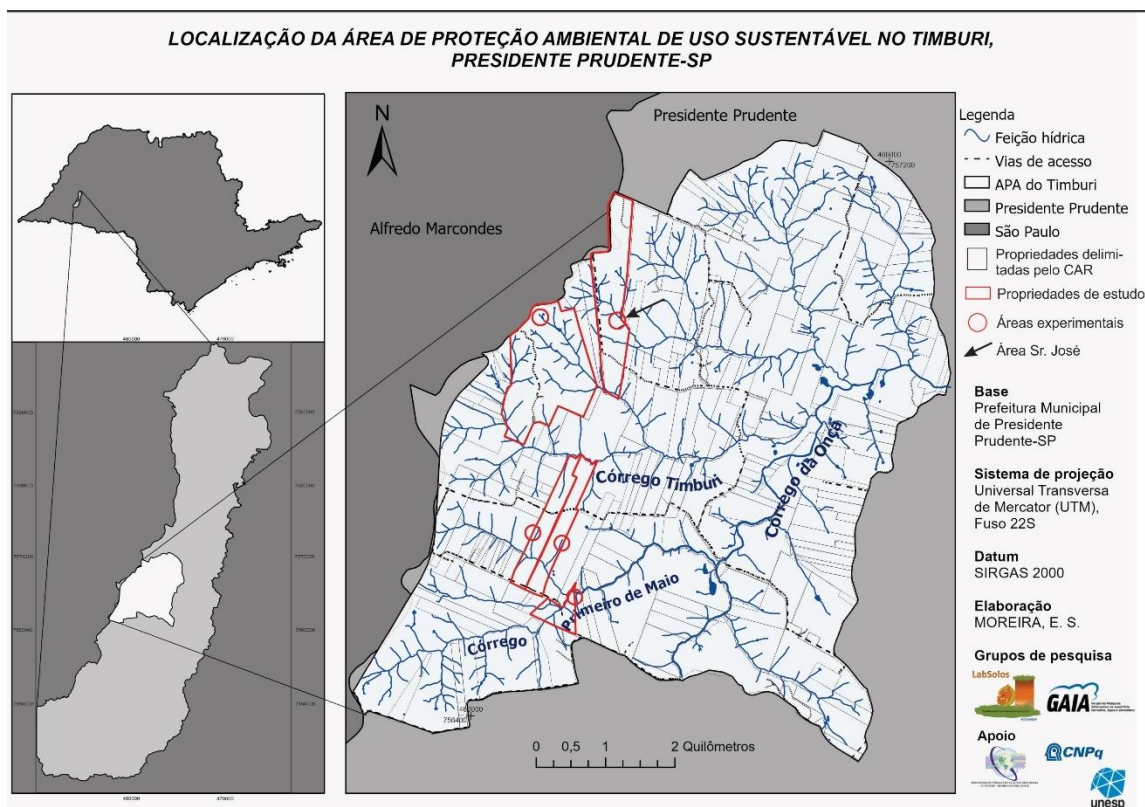
De acordo com Moreira (2021), os Bairro Rurais do Timburi, Primeiro de Maio e outros próximos, são considerados antigos povoados rurais do município de Presidente Prudente.

Em meados de 2018, os proprietários rurais destes bairros receberam a notícia de que a prefeitura pretendia construir um aterro sanitário próximo as suas moradias, e que um perímetro nos limites da Fazenda Santa Apolônia havia sido delimitado para sua implantação, que caso fosse realizada, causaria impactos ambientais no ecossistema local, principalmente nas nascentes, o que afetaria direta e indiretamente os moradores do entorno.

Contudo, a comunidade se mobilizou junto aos servidores públicos da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP), reivindicando a proteção do local. Os pesquisadores da FCT/UNESP por sua vez fizeram um projeto com o propósito de transformar o perímetro que compõem os dois bairros em uma Área de Proteção Ambiental (MOREIRA *et al.*; 2020).

A Lei Complementar nº 235 de 2019, instituiu a criação da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável do Timburi (APA do Timburi), baseada nos parâmetros legais do SNUC, tornando-se a primeira do município (PRESIDENTE PRUDENTE, 2019). A Figura 1, mostra a delimitação da APA, os principais córregos, as propriedades onde foram realizados experimentos, incluindo a do Sr. José, que foi o foco desta pesquisa.

Figura 1 - Mapa de localização da Área de Proteção Ambiental de uso sustentável no Timburi, Presidente Prudente, SP.



Fonte: Nunes et al. (2021) Adaptado.

O Plano de Manejo deve conter diretrizes que determinará atividades permitidas dentro da APA, tais como, levantamento faunísticos e fitossociológico, desenvolvimento agropecuário de menor impacto, incentivo à recuperação das áreas degradadas, promover programas de educação ambiental, turismo eco-sustentável, fiscalização das áreas e divulgação de informação (PRESIDENTE PRUDENTE, 2019).

Este documento deve ser feito pelo Conselho Gestor, que é composto por representantes de várias secretarias da prefeitura de Presidente Prudente; Meio Ambiente; Cultura; Planejamento, Desenvolvimento Urbano e Habitação; Desenvolvimento Econômico; Associação de Moradores e Amigos do Timburi, sociedade civil na qual defende o meio ambiente e instituição de ensino superior.

3. OBJETIVO GERAL

A pesquisa tem como principal objetivo aplicar técnicas de bioengenharia para controle e estabilização de erosões lineares em duas ravinas situadas na propriedade rural da APA do Timburi, município de Presidente Prudente - SP.

3.1 Objetivos específicos

- Analisar a degradação dos solos, uso e ocupação terra, com enfoque nos processos erosivos: naturais e antrópicos;
- Analisar os mapas de uso da terra e cobertura vegetal, geomorfologia, classes de solo e vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares produzidos sobre a APA;
- Realizar a contenção de processos erosivos em duas ravinas por meio da aplicação de técnicas de bioengenharia;
- Determinar as principais características físicas e químicas do solo a partir de amostras coletadas;
- Identificar as características de infiltração do solo através dos ensaios de permeabilidade;

4.PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

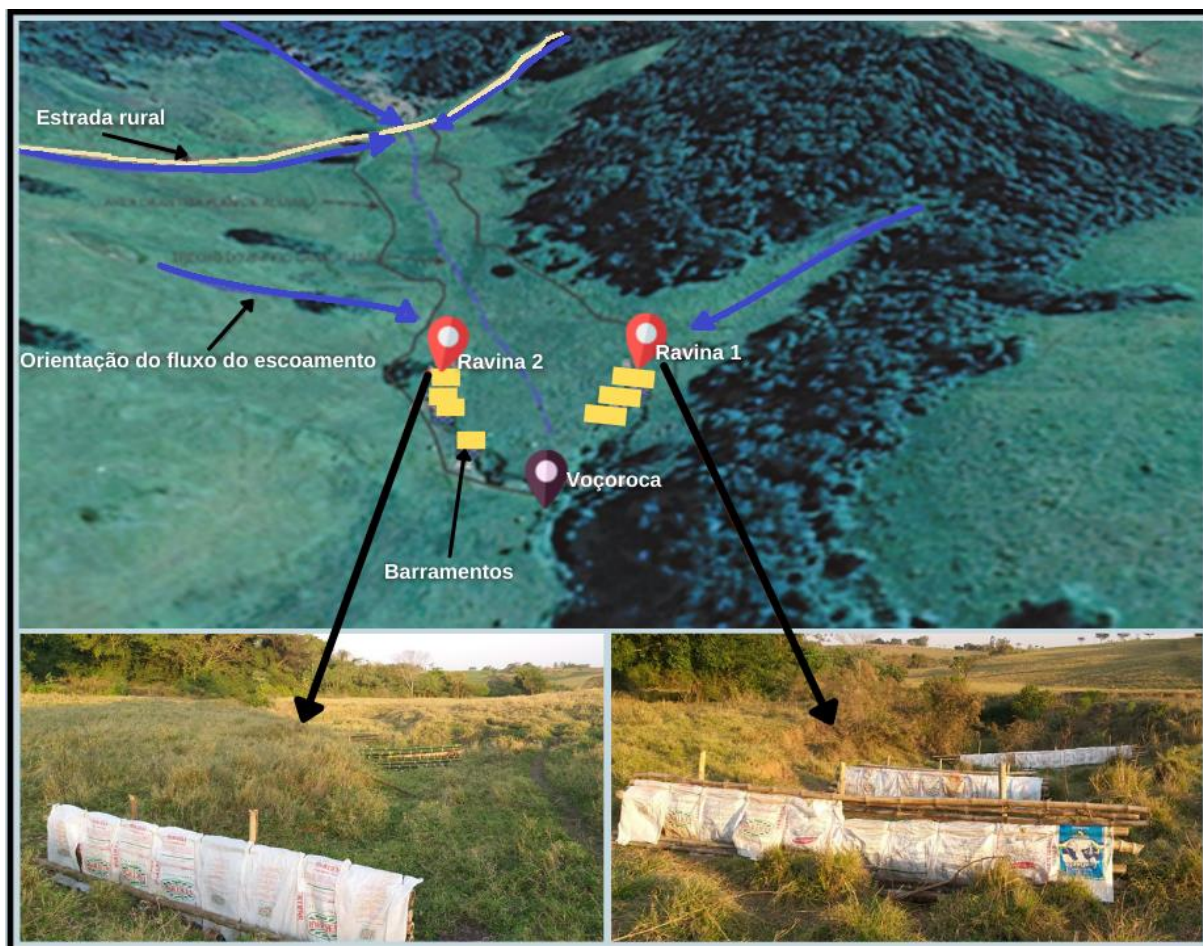
As informações sobre a análise química do solo aqui utilizadas foram adquiridas do relatório do Projeto Regular FAPESP “RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE USO SUSTENTÁVEL NO TIMBURI, MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE – SP” (Processo 2019/12164-4), coordenado pelo Professor Livre Docente João Osvaldo Rodrigues Nunes.

4.1 Aplicação das técnicas de bioengenharia

Segundo informações obtidas com o proprietário, na área da pesquisa existiu um canal fluvial a décadas atrás, que foi assoreado por sedimentos provenientes das áreas do entorno (topos e vertentes). Atualmente o local tornou-se área de pastagem com cobertura vegetal predominante de gramíneas e alguns fragmentos de mata residual no entorno. Durante períodos de chuvas intensas (dezembro a fevereiro), parte das águas pluviais concentram-se na área de planície. Em casos de volumes de chuvas muito alto o solo atinge o ponto de saturação intensificando o escoamento superficial concentrado, essa dinâmica resultou na formação dois braços ravinados em contínua evolução na cabeceira da voçoroca presente na área de estudo (NUNES *et al.*, 2021).

Em vista disso foram construídos e instalados 7 barramentos nas erosões (Figura 2), sendo 3 na Ravina 1 e 4 na Ravina 2 localizadas na cabeceira da voçoroca. Para efetuar as medidas das dimensões foi utilizada uma trena de 5 metros, e as coordenadas foram coletadas por um aparelho GPS. O objetivo principal foi de promover a estabilização do solo pela quebra da ação mecânica da água das chuvas.

Figura 2 - Localização dos barramentos



Fonte: Dos Autores (2021).

A primeira visita da área ocorreu no dia 26/06/20. Nesse dia foram escolhidos os pontos para aplicar as estruturas, em seguida foram efetuados os cortes de bambus (Figura 3), utilizando motosserra e facões. Os mesmos foram transportados e empilhados próximos aos pontos escolhidos para a montagem das paliçadas na Ravina 1 e 2 (Figuras 4 e 5). Por fim, iniciou-se as medições dos pontos utilizando uma Trena de 5m e as preparações para a construção dos barramentos.

Figura 3 - Moita de bambu



Fonte: Dos autores, (2020).

Figura 4 - Construção dos barramentos (Ravina 1)



Fonte: Dos autores (2020).

Figura 5 - Visão geral dos barramentos (Ravina 1)



Fonte: Dos autores (2020).

No trabalho de campo do dia 08/08/20 foram efetuados mais cortes de bambus para os barramentos e foi concluída a montagem da última estrutura na Ravina 1, iniciando, subsequentemente, a montagem das estruturas da Ravina 2 como mostrado nas figuras 6 e 8. A montagem das estruturas foi feita utilizando um enxadão para marcar os pontos de fixação dos bambus de sustentação na vertical e uma cavadeira para perfurar os locais marcados. A fixação dos bambus na horizontal foi feita utilizando arames recozidos, presos com auxílio de uma turquesa.

Figura 6 - Construção dos barramentos (Ravina 2)



Fonte: Dos autores (2020)

O terceiro e quarto trabalho de campo, foram realizados no dia 12/08/20 e 13/08/20 respectivamente, nos quais houve a finalização da instalação dos barramentos da Ravina 2. Importante ressaltar que houve uma adaptação do formato no quarto barramento da Ravina 2, pois a montagem e disposições dos bambus das demais estruturas foi em posição perpendicular e retilínea.

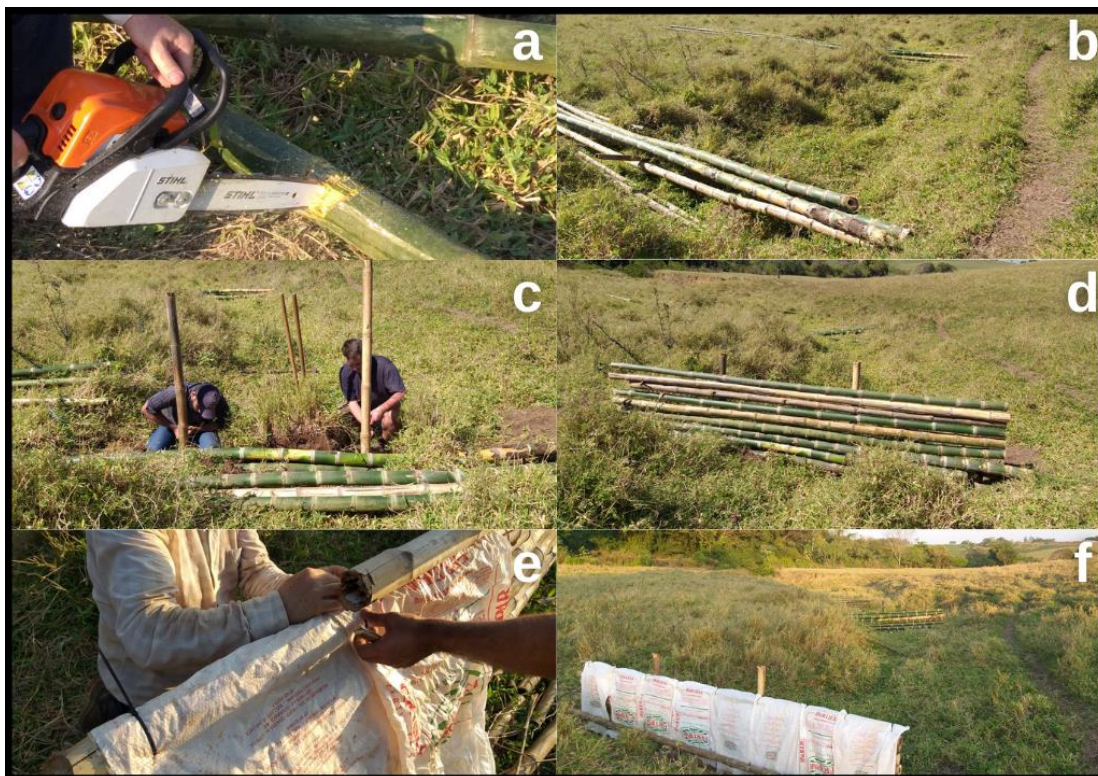
No último barramento, os bambus foram colocados em posição de “V”, como é mostrado na figura 7, desta forma a estrutura se encaixou melhor na superfície, e o seu formato permitiu que o escoamento superficial concentre maior volume no centro, onde a estrutura tem mais resistência. Com isso a estrutura recebeu a denominação de “barramento com posição em ‘V’”, apenas à título de identificação.

Figura 7 - Construção do Barramento com montagem em ‘V’



Fonte: Dos autores (2021).

Figura 8 - Passo a passo da montagem do barramento 1 na ravina 2



Fonte: Dos autores (2021).

Após a finalização da construção das estruturas, foi efetuada a aplicação das sacarias de rafia sendo fixadas com abraçadeiras nylon (popularmente conhecidas como enforca gato). O objetivo das sacarias é possibilitar a resistência da ação mecânica da água, promovendo a quebra da energia, além de conter os sedimentos e demais materiais (galhos, folhas, etc.) transportados.

4.2 Manutenções

Com as estruturas instaladas nas duas ravinas, deu-se início aos monitoramentos e visitas periódicas ao local, para ver o desempenho das paliçadas na área, realizar registros fotográficos e anotações, além de efetuar eventuais manutenções. A primeira ocorreu no dia 07/10/20 (Figuras 9 e 10), pois as sacarias de rafia colocadas anteriormente estavam muito danificadas, sendo necessária à sua retirada e descarte adequado. Dessa forma, a substituição transcorreu-se pela implantação de tela de sombrite de polietileno, pois este material apresenta maior resistência e fácil manuseio.

Figura 9 - Barramentos com as sacarias danificadas



Fonte: Dos autores (2020).

Figura 10 - Instalação da Tela Sombrite de Polietileno



Fonte: Dos autores (2020).

No dia 24/05/2021 houve a troca de algumas das abraçadeiras de nylon que foram danificadas pelo ressecamento ocasionado pela exposição ao sol. O barramento 1 da Ravina 2 teve um dos bambus de sustentação comprometido (Figuras 11 e 12). Nas demais estruturas foram feitos ajustes na tela sombrite que estavam frouxas, e no barramento 4 da ravina 2 (estrutura em V) o bambu central de sustentação para toda estrutura estava podre e precisou ser substituído.

Figura 11 - Reforço no barramento 4 da Ravina 2



Fonte: Dos autores (2021).

Figura 12 - Substituição de abraçadeiras danificadas



Fonte: Dos autores (2021).

4.3 Coleta de amostras de solo

No dia 07/10/20 foram realizadas coletas de amostras de solo nos pontos à frente de cada barramento (Figura 13). Elas foram enumeradas da seguinte forma: B1, B2 e B3 para amostras coletadas nos barramentos da Ravina 1; A1^I, A2^I, A3^I e P^I para aquelas coletadas nos barramentos da Ravina 2.

Figura 13 - Coleta amostras de solo com o uso do trado do tipo Holandês.



Fonte: Dos autores (2021).

A coleta do material foi realizada com a auxílio de um trado do tipo holandês a uma profundidade de 20 centímetros e as amostras de solo foram armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados.

4.4 Análise física das amostras de solo

Esta etapa foi realizada com base nos procedimentos descritos pelo “Manual de métodos de análise de solo” da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (TEIXEIRA, *et al.*, 2017). No capítulo 10 são descritos os procedimentos de Análise Granulométrica. A análise física das amostras de solo coletadas no campo foi realizada no Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos (LabSolos) da

Faculdade Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista na Faculdade Ciências e Tecnologia (FCT/UNESP) câmpus de Presidente Prudente.

A análise granulométrica tem como objetivo determinar a distribuição dos materiais que compõem a amostra e apresentar essas medidas em proporções a fim de definir a textura da mesma. Entre os dias 12/02/2021 à 14/02/2021 e no dia 17/02/21, foram realizadas as análises de todas as amostras coletadas.

As amostras coletadas na propriedade do sr. José foram catalogadas com o nome do proprietário; número do barramento e tipo de amostra. A profundidade do material coletado foi de 20 cm para os pontos, além de uma amostra coletada em profundidade de 70 cm, no ponto onde foi feito o ensaio de permeabilidade.

Os materiais passaram por secagem natural (ao ar) no laboratório. E, posteriormente foram destorroadas em um almofariz de cerâmica (Figura 14), utilizando um pistilo de borracha para a quebra dos torrões mais grossos.

Figura 14 - Secagem das amostras, destorroamento e peneiramento



Fonte: Dos autores (2021).

Em seguida, o material desagregado foi colocado em uma peneira com a malha de 2 mm para separar os grãos mais finos dos demais materiais (fragmentos de rocha e restos de matéria orgânica), que foram descartados (Figura 15). As amostras peneiradas novamente ensacadas, identificadas e reservadas.

Figura 15 - Amostra sendo reservada após destorroamento e peneiramento



Fonte: Dos autores (2021).

Após todas as amostras serem catalogadas em uma planilha foi realizada a pesagem de frações de 10g de cada uma delas numa balança granatária semi-analítica. Após o Erlenmeyer ser colocado, a balança foi tarada, em seguida foi inserido 10g exatos da amostra. Em seguida adicionou-se 20 ml de água deionizada (medidos em uma proveta) e 10 ml de hidróxido de sódio (NaOH) coletados com uma pipeta automática de 10 ml. Essa solução serve para realizar a separação dos materiais (argila, silte e areia) da amostra (Figura 16).

Cada pacote de amostra foi multiplicado em três frações de 10g (triplicata) para obter dados mais precisos e evitar perdas de informações do processo devido a acidentes ou outras situações adversas.

Figura 16 - Pesagem das frações das amostras, adição da água deionizada e da solução de hidróxido de sódio (NaOH)



Fonte: Dos autores (2021).

Os Erlenmeyers que tinham sido identificados previamente e registrados em planilha foram colocados em uma mesa agitadora (Figura 17), onde passaram por uma agitação de 6 horas para a separação completa das partículas de areia, silte e argila.

Figura 17 - Erlenmeyers na mesa agitadora



Fonte: Dos autores (2021).

Após a agitação, foi feita a lavagem das amostras (Figura 18), transferindo-as para uma peneira com malha de 0,053mm e adicionando água deionizada. Todo o material líquido com as partículas de silte e argila foi armazenado em provetas de 1000 ml (1L).

Figura 18 - Processo de lavagem dos Erlenmeyers



Fonte: Dos autores (2021).

O material retido na peneira foi colocado em uma placa de petri previamente pesada e catalogada em planilha (Figura 19). Após a lavagem de todas as amostras dos *Erlenmeyers*, as provetas foram reservadas e as placas de petri colocadas em uma estufa sob temperatura de 105 graus c°, como mostra a figura 22, onde permaneceram por um período de 24 horas.

Figura 19 - Adicionando material retido na peneira em uma Placa de Petri



Fonte: Dos autores (2021).

O processo de lavagem serve para gerar valores separados para areia silte e argila, o material retido na peneira e colocado na placa de petri corresponde a areia. O material líquido retido nas provetas foi submetido ao processo de agitação como mostra a (Figura 20). Antes de realizar a agitação foi preciso mensurar a temperatura da água das provetas (nesse caso foi de 22°C). A aferição da temperatura indicará quantidade de tempo a ser aguardado entre a agitação das provetas e a pipetagem segundo a Lei de Stockes (que foi de 3h 37 minutos) (Tabela 1). A agitação foi feita durante 1 minuto com intervalos de 1 minuto entre cada proveta.

Figura 20 - Agitação das provetas



Fonte: Dos autores (2021).

Após a agitação, a solução ficou em repouso para a decantação das partículas. Em seguida, iniciou-se o processo de pipetagem (Figura 21). A argila que ficou suspensa na proveta foi coletada (com intervalos de um minuto entre cada coleta). Utilizando uma pipeta automática de 5 ml, e o líquido foi transferido para um béquer de 50 ml (pesado e identificado em planilha previamente). Os béqueres foram colocados na estufa sob temperatura de 105° C, onde permaneceram por um período de 24 horas.

Figura 21 - Processo de pipetagem



Fonte: Dos autores (2021).

Tabela 1 - Tempo para pipetagem da argila segundo a Lei de Stokes.

Temperatura (°C)	Tempo de Decantação
15	4h e 19min
16	4h e 12min
17	4h e 05min
18	3h e 59min
19	3h e 53min
20	3h e 48min
21	3h e 42min
22	3h e 37min
23	3h e 32min
24	3h e 27min
25	3h e 22min
26	3h e 18min

Fonte: Laboratório de Sedimentologia da FCT- UNESP – Presidente Prudente. (Nunes, 2002, p. 55).

Por fim, os béqueres e as placas de petri foram retirados da estufa após as 24h e transferidos para um dessecador por cerca de 2h. Em seguida foi realizada a pesagem final do material na balança analítica e os valores foram registrados na planilha.

Figura 22 - Placas de Petri e Béqueres na estufa



Fonte: Dos autores (2021).

Como mencionado anteriormente, as placas de petri e os béqueres foram pesados duas vezes, primeiro com os recipientes vazios e depois contendo as amostras do material após lavagem (placa de petri) e pipetagem (béquer). Os valores das pesagens (inicial e final) foram adicionados a uma tabela do *Excel* para gerarem as frações de areia, silte e argila das amostras.

A finalidade desse processo foi definir a característica textural das amostras, adicionando esses valores ao Diagrama de Classes texturais de acordo com Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (1951). Esses dados servem para determinar a composição granulométrica das mesmas a partir de três valores, sendo eles: Peso das frações Granulométricas (g); Percentagem das Frações Granulométricas e Média (g Kg^{-1}), que por sua vez, representam características texturais da área estudada na propriedade do Sr. José.

4.5 Análise química das amostras de solo

A análise química do solo pode ser utilizada para as diversas finalidades como agricultura convencional, orgânica, correção de pH, dentre outras. Com relação a propriedade Sr. José, os dados serviram para caracterização geral da fertilidade. Em um estudo sobre a amostragem de solos para fins agrícolas, Santos; Vasconcellos (1987, p. 97) fazem a seguinte afirmação:

A amostragem de solo para fins agrícolas deve representar com precisão a sua fertilidade. De nada ou pouco adiantará a análise química se a amostragem do solo e os cuidados posteriores não forem

observados. Por conseguinte, as recomendações da calagem e adubação estariam comprometidas, podendo ocasionar prejuízos aos produtores. Normalmente, o solo, por mais uniforme que seja quanto a sua topografia, cor e vegetação, apresenta variações no nível de fertilidade, sugerindo a necessidade de uma amostragem adequada que minimize o erro amostral.

Silva (1991, p. 07) afirma o seguinte sobre as análises químicas mais comuns para caracterização dos solos:

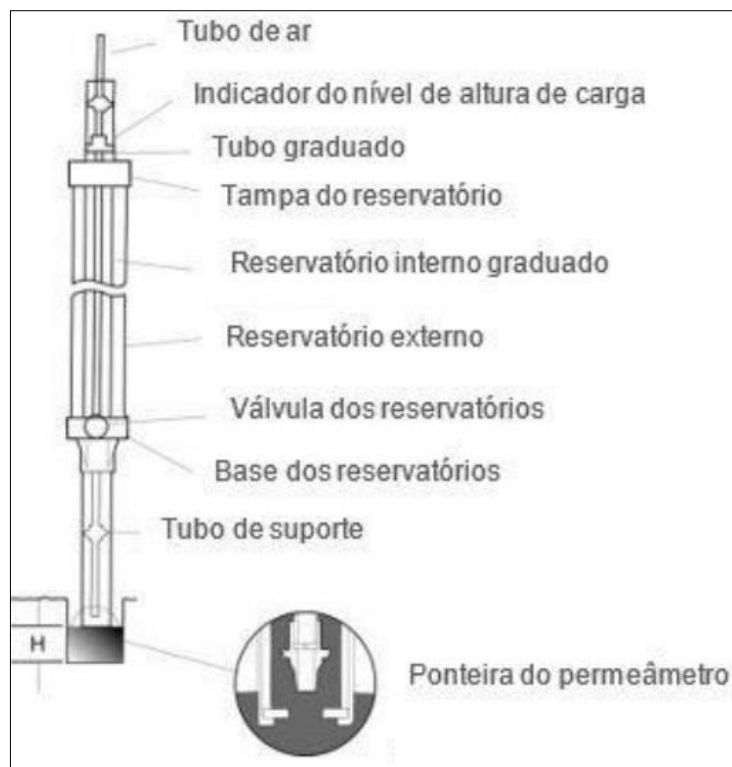
As análises comumente utilizadas para a caracterização dos solos são: análise granulométrica, que possui grande importância na classificação textural; pH, que proporciona o conhecimento da reação do solo; Carbono Orgânico, que fornece o teor de matéria orgânica na amostra; os valores de S e T que auxiliam na compreensão dos intercâmbios catiônicos e aniônicos; K_i e K_r que são índices que indicam o estado de intemperização obtidos através dos resultados do complexo de laterização e que são de extrema importância para a classificação dos solos; e também cálcio, magnésio, sódio, potássio, nitrogênio, fósforo e outros elementos que auxiliam a interpretação e caracterização dos solos para sua posterior classificação ou cálculo de adubação, no caso de a análise ter sido requerida por produtores.

Para a APA do Timburi, esta análise teve a finalidade de caracterizar as condições de fertilidade dos solos, a partir da definição dos teores de: pH do solo; fósforo (P); potássio (K); cálcio (Ca); magnésio (Mg); alumínio (Al); capacidade de troca catiônica (CTC); matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO). As amostras obtidas em áreas de pastagem fortemente degradada por erosão hídrica, à profundidade de 0 – 20 cm foram enviadas ao “Laboratório de Análise e Consultoria Agrícola e Ambiental – Ciência em Solo”, no município de São José de Rio Preto, pois a FCT/UNESP não possui os equipamentos necessários para a realização da análise química.

4.6 Ensaio de permeabilidade

O ensaio de permeabilidade foi realizado no ponto próximo ao primeiro barramento da ravina 2. Foi utilizado o Permeâmetro de Guelph. O equipamento (Figura 23) é dividido nas seguintes partes: tripé; tubo de suporte; tubo de ar e reservatório na parte central e tubo superior de entrada de ar (RIMES; MIGUEZ; AVELAR, 2014).

Figura 23 - Permeômetro de *Guelph*: esquema do equipamento



Fonte: Takenaga, Ribeiro e Fernandes (2019).

Rodriguez *et al.* (2015, p. 23) sintetiza bem como é feita a utilização do equipamento em campo, após a perfuração no solo para introdução do tubo de suporte, no seguinte trecho:

Quando da utilização do equipamento, após algum tempo, uma pequena área em torno do furo estará saturada e então o fluxo se torna constante. Em uma situação de campo não se consegue expulsar completamente o ar dos vazios. Sendo assim, é difícil atingir a saturação total. Com isso, a saturação atingida é uma chamada saturação de campo [...]

Este equipamento é utilizado com intuito de determinar a condutividade hidráulica saturada em campo - *Field saturated hydraulic conductivity* (Kfs) (REYNOLDS ET AL., 1983). Para medir a condutividade hidráulica com o Permeômetro de Guelph, deve-se seguir alguns passos importantes. Aguiar (2001, p. 31-37) resume todo o procedimento operacional em sete passos:

1. Fazer o furo com a profundidade desejada. Mede-se a profundidade atingida. Para isso usa-se um trado manual. Depois, troca-se a ponta de perfuração do trado por uma de limpeza, que tem por função nivelar a base do furo e regularizar as paredes do furo.
2. Monta-se o Permeômetro de Guelph, ligando o tubo acrílico à garrafa de Mariotte através de mangueiras plásticas maleáveis. Nesse

passo escolhe-se a garrafa de Mariotte a ser usada de acordo com a profundidade do furo.

3. Coloca-se o Permeâmetro sobre o furo ajustando as pernas do tripé para que o aparelho fique nivelado.

4. Coloca-se a solução dentro do tubo acrílico. Deve-se deixar que a água encha completamente as mangueiras. É prudente neste momento verificar se não há vazamento nas roscas e ligações

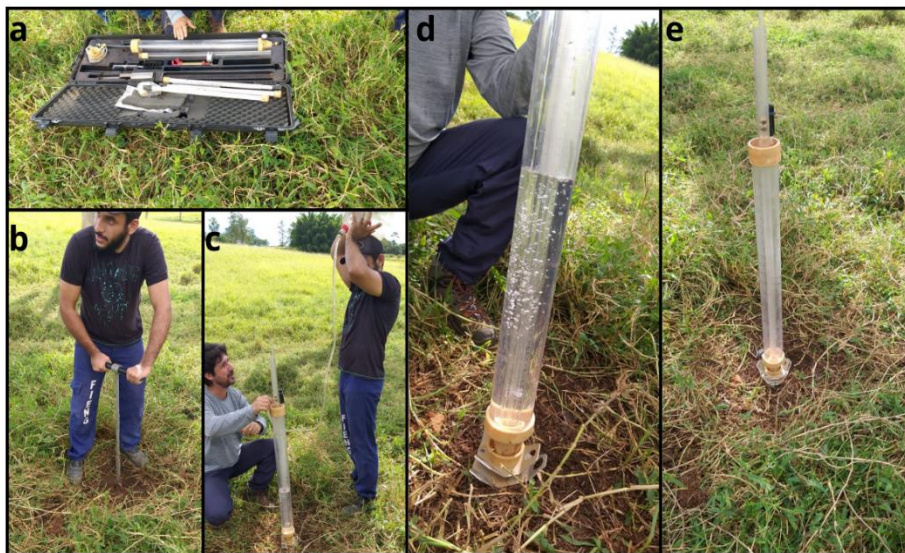
5. Regula-se o tubo de Mariotte, através da régua graduada para estabelecer a altura de pressão que será mantida no interior do furo.

6. Começa-se a fazer as leituras em intervalos constantes de tempo, através da régua graduada do tubo de acrílico.

7. Quando as diferenças das medidas entre as leituras se tornarem constantes pode-se parar o ensaio. É necessário que as diferenças se tornem iguais por três ou mais leituras consecutivas.

Para realizar o ensaio com o Permeametro de Guelph em campo (Figura 24) perfurou-se o solo à profundidade de 70 cm (passo 1), em seguida foi procedida a montagem e instalação do permeâmetro (passos 2 e 3) e adição de água no equipamento. Posteriormente, regulou-se a vazão e pressão do equipamento (passos 4 e 5), as leituras das medidas da água foram anotadas em uma planilha com intervalos de 2 minutos entre elas, até identificar constância dos dados por mais de três vezes consecutivas (passos 6 e 7).

Figura 24 - Permeametro de Guelph em campo



Fonte: Dos autores (2021).

Assim sendo, dados foram coletados observando a vazão, utilizando o método de duas alturas de carga, sendo elas, vazões de 5 cm e de 10 cm, ambas com as medidas registradas em intervalos de dois minutos até atingir a constância de dados.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 Intemperismo

O intemperismo é o processo de desgaste que ocorre nas rochas por meio de agentes físicos, químicos (LEPSCH, 2011) e biológico (BRONICK; LAL, 2005). Ainda, de acordo Lepsch (2011) as estruturas desses materiais rochosos modificam-se estruturalmente, fragmentando-os em pequenos pedaços, além de desenvolver novos componentes.

O intemperismo físico ou mecânico tem a característica de fragmentar a rocha em várias partes menores, modificando o tamanho dos seus minerais, mas sem alterar a composição química. Fraturas e fragmentações podem surgir a partir do congelamento da água nos trincos através do dilatamento e contração por meio da extrema variação de temperatura (expansão térmica) e também por atividade biológica como expansão de raízes (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999; LEPSCH, 2011).

Quando ocorrem alterações na estrutura dos minerais de uma rocha por meio da adição ou remoção de elementos, devido à presença da água, que possibilita a dissolução dessas substâncias, o processo é chamado de intemperismo químico. Os fatores climáticos contribuem para o intemperismo químico, principalmente em condições de temperatura elevada e alta umidade (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999; LEPSCH, 2011).

As reações químicas que acontecem no intemperismo químico são: dissolução, oxidação e hidrólise; a primeira é referente aos minerais que se desfazem na água; na segunda, os elementos reagem ao oxigênio e por último, reagem com água (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999; LEPSCH, 2011).

A formação e estruturação de solos por meio do intemperismo também pode ser atribuída aos agentes biológicos oriundos do ecossistema natural. Segundo Bronick e Lal (2005) os agentes biológicos, tais como fungos, bactérias e formigas, exercem positivas pressões para desintegrar, mineralizar e decompor organo-materiais (materiais compostos por diferentes cadeias carbônicas), assim, formando-se macro e microagregados de diferentes partículas para composição do manto edáfico.

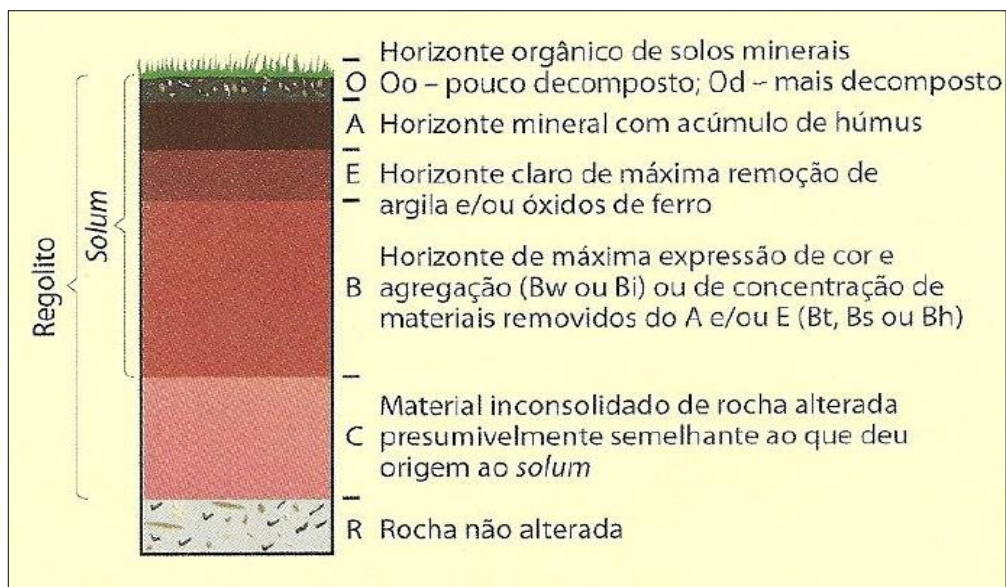
5.2 Atributos do solo: Horizontes

Os principais fatores que contribuem para a formação de solo são: o material de origem, o clima, as atividades biológicas, a topografia e o tempo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). O intemperismo se manifesta em uma rocha que se converte em vários pedaços (solto), chamado de saprolito, favorecendo o desenvolvimento de plantas e pequenos bichos. Os restos de folhas, galhos e outros vegetais contribuem para a formação do húmus. Simultaneamente as rochas menos resistentes ao intemperismo tornam-se em argilas e nos períodos de chuva partes de suas partículas que estão na superfície infiltram e permanecendo na parte mais baixas (LEPSCH, 2010).

A partir desses processos físicos, químicos e biológicos são formados os solos, matéria de rocha alterada, desenvolvidas em camadas ou bandas e aproximadamente horizontais com aspectos diferentes entre si, intitulada de “horizontes” sobrepostos uns aos outros. Esses horizontes podem ser diferenciados visualmente, como maior ou menor clareza a depender das especificidades dos mesmos. Um corte vertical do regolito/solo permite visualizar os seus horizontes desde a superfície até material geológico nas camadas mais profundas. Esse recorte é denominado de “perfil” (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; LEPSCH, 2010).

Lepsh (2010) afirma que perfis com um grau de desenvolvimento bom, possuem cinco classes de horizontes, reconhecidos pelas letras maiúsculas: O, A, E, B e C (Figura 25). Mas nem sempre um perfil de solo irá apresentar todos esses horizontes.

Figura 25 - Classes de horizontes de solo



Fonte: Lepsh (2010).

Dessa forma as características do solo: cor, textura, estrutura, porosidade e permeabilidade são fundamentais para orientar trabalhos de manejo e controle de erosões.

5.3 Cor

A cor é um dos fatores mais perceptíveis em comparação aos demais, com a finalidade de discriminar os horizontes. As diversas tonalidades de cor parda observadas em um perfil podem por exemplo indicar a profundidade de onde extrai uma amostra, variando para cores mais claras à medida que a profundidade no perfil aumentar. A umidade impacta na tonalidade do solo, assim como o material de origem (rocha), o grau de óxido de ferro e matéria orgânica presentes, incidindo na coloração do regolito (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; LEPSCH, 2010).

Além disso, a utilização da “Tabela Munsell” serve para determinar a cor em uma escala padronizada. A tabela possui 170 pequenos retângulos com diversas colorações, dispostas em um livro de fácil manuseio. Para fazer a comparação é necessário ter um fragmento do horizonte escolhido e ao encontrar o retângulo de cor parecida, deve-se anotar os três elementos que determinam a cor: matiz, valor e croma (LEPSCH, 2010).

5.4 Textura

A textura de um solo é a composição quantitativa do tamanho das partículas que compõem o regolito (Tabela 2). A grandeza dessas partículas varia, pois algumas podem ser vistas a olho nu, outras com auxílio de lentes de bolso e as menores com equipamentos mais sofisticados. Essas partículas foram classificadas de acordo com seu tamanho, podendo ser: pedras, seixos, cascalhos, areia, silte (limo) e argila (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; LEPSCH, 2010).

Tabela 2 - Classificação granulométrica quanto ao diâmetro das partículas

Fração	Diâmetro médio
Calhaus (ou pedras)	200 a 20 mm
Cascalho	de 20 a 2 mm
Areia	de 2 a 0,05 mm
Silte (ou limo)	0,05 a 0,002 mm
Argila	menor que 0,002 mm

Fonte: Lepsch (2011).

Lepsch (2010), aponta que na pedologia o termo textura está relacionado à proporção de areia, silte e argila em uma amostra de solo. Para realizar a caracterização textural de uma amostra de solo é preciso submetê-la a procedimentos de laboratório, segundo manuais e padrões como os do Manual de métodos de análise de solo do Teixeira *et al.* (2017).

5.5 Estrutura

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999), a estrutura solo é o arranjo do formato das partículas que compõem o mesmo, sendo classificadas de acordo com a forma, o tamanho e o grau de desenvolvimento das estruturas. É a forma que determina o tipo de estrutura, como também a classe, e o desenvolvimento se detecta através dos graus. Desse modo, é determinado o tipo de estrutura (laminar, prismática, em blocos e granular); as classes estabelecem o tamanho das unidades estruturais (muito pequena, pequena, média grande e muito grande). O grau é o agrupamento da estrutura do solo com base na adesão entre os agregados, na coesão, ou na estabilidade dentro do perfil (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

O tipo de estrutura do solo pode influenciar no seu grau de permeabilidade, no desenvolvimento das raízes dos vegetais e também na resistência aos processos erosivos. Solos que têm estruturas “ruins”, tem baixa produtividade (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

5.6 Porosidade e permeabilidade

A porosidade de um solo refere-se ao espaço ocupado por líquidos e gases em relação aos com espaços ocupado por materiais intemperizados. A perda de porosidade ocorre devido à perda de matéria orgânica, compactação e efeito do impacto da chuva. Esses fatores fazem com que diminua o tamanho dos agregados e o diâmetro dos poros (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Por outro lado, a permeabilidade tem relação com tamanho, volume e a distribuição dos poros; se diferencia de acordo com os horizontes nos diferentes solos. Os arenosos têm maior permeabilidade, devido a quantidade e tamanho dos poros além de sua dimensão, diferente dos solos argilosos. O horizonte A possui uma permeabilidade elevada, ao contrário do B onde é mais lenta. Ou seja, a permeabilidade é a capacidade de infiltração de água no solo através dos horizontes (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

5.7 Processos erosivos

A erosão é um fenômeno natural da natureza e difícil de ser contida e a interferência da ação antrópica acaba intensificando o processo (MACHADO; RESENDE; CAMPELLO, 2006; BRASIL, 2007). A degradação da superfície do relevo quando ocorre exclusivamente por ação da natureza é chamada de erosão geológica ou natural, sendo responsável pelo esculpimento do relevo, formação de solos e de rochas sedimentares (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; BRASIL, 2007; LEPSCH, 2011).

Esses processos se manifestam por meio da degradação da superfície do solo, removendo as partículas individuais ou em grandes porções do solo (BRASIL, 2007). Uma das principais forças que contribuem para geração dos processos erosivos no Brasil é a ação hídrica, ocasionada pelas precipitações, por se tratar de uma região

de clima tropical, que tem altos índices pluviométricos dependendo da estação do ano (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999; LEPSCH, 2011).

A intensificação dos processos erosivos por ação antrópica se dá em decorrência de desmatamentos, manejo e uso inadequado do solo, falta de planejamento nas ocupações e expansões urbanas, entre outros fatores (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; BRASIL, 2017; GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999).

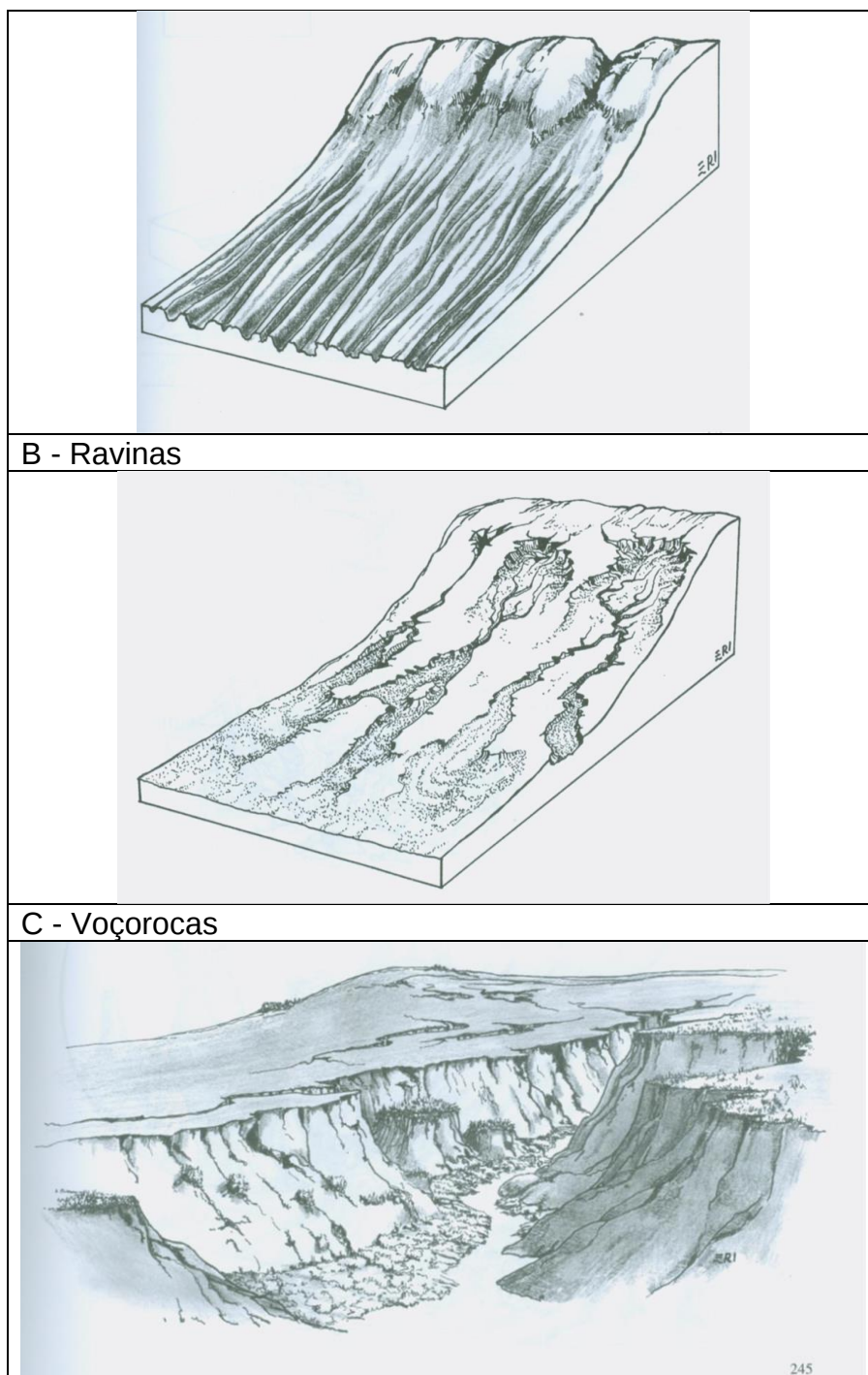
Ainda sob ação de intemperes climáticos, os processos erosivos tornam-se mais frequentes em relevo com declividade acentuada, em áreas desprovidas de cobertura vegetal, em solos com reduzida matéria orgânica e pouca estabilidade. Dessa forma, a gota de chuva atinja o solo de forma abrupta, desagregando as partículas de terra (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999; LEPSCH, 2011), causando a erosão por salpicamento ou *splash* (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999). Com resultado tem-se a infertilidade edáfica, problemas ambientais, escassez de áreas cultiváveis, assoreamentos e problemas sociais.

Com o encharcamento do solo, a intensificação do escoamento superficial transporta sedimentos para locais mais rebaixados do relevo, ocorrendo a erosão em lençol (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999) ou laminar (LEPSCH, 2011) que tem como característica “lavar” o solo por meio da enxurrada, levando os nutrientes e partículas desagregadas (pequenas), como argila, silte e matéria orgânica; tornando ao longo do tempo um solo pouco produtivo. Nesse tipo de erosão, aparentemente não se vê perda de solo, porém caso o agricultor não perceba, esse fenômeno pode evoluir para outros tipos de erosão (LEPSCH, 2011).

Esses processos (Figura 26) evoluem paulatinamente por meio do entalhamento no solo devido à alta intensidade de precipitação e escoamento superficial das águas, agravado pelo o grau de declividade do terreno sem vegetação (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999; LEPSCH, 2011; DURLO; SUTILI, 2012). Nesse estágio ocorre a chamada erosão linear (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999), evoluindo de sulcos para ravinas e voçorocas (KERTZMAN *et al.*, 1995; SUERTEGARAY, 2008).

Figura 26 - Feições dos fenômenos erosivos

A – Sulcos



Fonte: Suertegaray (2008).

Os sulcos (Figura 26 - A) são erosões pouco profundas (menor que 50 cm) e pode ser contida através adoção de melhor manejo do solo; caso não ocorra, as cavidades irão aumentar se transformando em ravina (KERTZMAN *et al.*, 1995; SUERTEGARAY, 2008).

Em contrapartida ravinas (Figura 26 - B) são mais desenvolvidas, com profundidade variável, comprida, e favorecendo o rompimento dos materiais

agregados nos taludes laterais e no transporte das partículas de solo em períodos chuvosos, porém não atingem o lençol freático (KERTZMAN *et al.*, 1995; SUERTEGARAY, 2008).

E quando não há um controle da ravina, ocorre o aumento do entalhamento, chegando as águas subterrâneas e comumente ramificadas (Figura 26 - C), caracterizando uma boçoroca ou voçoroca (KERTZMAN *et al.*, 1995; SUERTEGARAY, 2008).

5.8 Bioengenharia

O uso de técnicas de bioengenharia vem sendo utilizada há séculos por diversas sociedades. Ele foi disseminado por povos tradicionais antigos por toda a Ásia e Europa (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2010, p. 170; SCHMEIER, 2013). Evidências históricas apontam o seu uso nos tempos mais remotos:

O sistema de tecnologias que hoje chamamos de bioengenharia, pode ser encontrado desde os povos antigos da Ásia e Europa. Historiadores chineses, por exemplo, registraram o uso de técnicas de bioengenharia no reparo de diques desde o ano 28 a.c. [...]. Antigos visitantes ocidentais à China falam sobre margens de rios e barragens estabilizados com grandes cestos tecidos com salgueiro, cânhamo ou bambu, preenchidos com pedras. Na Europa, camponeses celtas desenvolveram técnicas para tecer galhos de salgueiro para criar cercas e paredes. Mais tarde, os romanos utilizaram caniçadas e fardos de varas de salgueiro para a hidroconstrução.

No período pós Revolução Industrial, em regiões como a Áustria e o sul da Alemanha foi documentada a utilização dessas técnicas para recuperar áreas onde ocorreram extensivas derrubadas de florestas, o que resultou em muitos problemas ambientais. As duas grandes Guerras marcaram o cenário histórico, político, social e ambiental o que impulsionou o aumento da produção de trabalhos sobre o tema, especialmente no período pós 2º Guerra entre os anos 50 e 60, em países como Estados Unidos, Canadá e Inglaterra (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2010).

Em se tratando do contexto mais atual, o avanço da urbanização, o aumento de construções civis, associados a má administração pública no uso e manejo da terra, além das sucessivas culturas feitas de maneira predatória no campo, tem causado o avanço e a dinamização dos processos erosivos. A respeito disso, Mathias (2011, p. 22) afirma:

Nota-se, portanto que os processos de erosão linear acelerada, em especial as formas erosivas denominadas voçorocas, constituem fenômenos complexos que, no contexto das áreas urbanas requerem atenção por parte da administração pública. O controle de tais processos mediante a implantação de obras de contenção e a recuperação de tais áreas devem ser planejados a partir de diretrizes específicas, em que os estudos de caráter geotécnico e geomorfológico são imprescindíveis.

A estabilização e recuperação de áreas degradadas é fundamental para que o ambiente natural volte a desempenhar suas funções. Neste sentido, a bioengenharia é uma alternativa tecnicamente viável e sustentável para contenção de erosão nas mais diversas situações em termos de características do relevo e composições de solos sendo utilizada em várias situações, como mostra a (Figura 27), como por exemplo, taludes, encostas, sistemas de trilhas, aterros sanitários, áreas mineradas, reservatórios, canais de irrigação e rios (SCHMEIER, 2013).

Essas técnicas que formam os “Métodos Biotecnológicos” de manejo contra erosões e áreas instáveis são denominadas de várias formas, como: Bioengenharia de Solos, Engenharia Natural, Ecoengenharia, Construção Verde, Engenharia Biotécnica entre outras intitulações, usadas como sinônimos (VERDUM; VIEIRA; CANEPPELE; 2016). Araújo-Filho, Holanda e Andrade (2013, p. 02) destacam como sendo as principais técnicas de bioengenharia do solo:

[...] estacas vivas, feixes vivos, drenos vegetados, camada de ramos, ramos envelopados, recuperação de voçorocas, paredes vegetadas, manta de arbustos, barreiras vivas, geogrelhas vegetadas, espigão com árvores, gabiões de pedra com vegetação, proteção vivas de taludes, paliçadas vivas, hidrosemeadura, enrocamento de pedras, geossintéticos e retentores de sedimentos

Do ponto de vista operacional, suas técnicas consistem na utilização de materiais vivos ou inertes de natureza vegetal, associados a rochas, concreto, polímeros ou metais. As vantagens de sua utilização são diversas. Araújo, Almeida e Guerra (2010) elencam pelo menos 4 delas: 1) Vantagens Técnicas; 2) Vantagens Ecológicas; 3) Vantagens Econômicas; 4) Vantagens Estéticas.

Figura 27 - Exemplos de técnicas de bioengenharia: a) biomantas; b) enrocamento; c) paliçadas; d) geocélulas; e) esquema de caniçadas vivas.



Fonte: a) Moraes (2021); b) Araújo-Filho, Holanda e Andrade (2013); c) Dos autores; d) Geosoluções (2011); e) Araújo, Almeida e Guerra (2010). Adaptado.

Essas vantagens estão relacionadas a proteção contra instabilidades a intemperes climáticos, como: ação do vento e das chuvas, regulação de temperatura, criação de *habitats* para fauna e flora, redução de custos de construção e manutenção, redução de poluição ambiental e visual, criação de áreas agricultáveis e de lazer, além da melhoria das condições sócio ambientais (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2010; MATHIAS; CUNHA, 2013; SOLERA *et al.*, 2014).

A técnica de controle de erosão escolhida para a presente pesquisa foi a das paliçadas, que são barramentos construídos com bambus montados na horizontal e fixados no chão pelo mesmo material orientados na vertical, colocadas em posição de “barreiras” ao fluxo de água das ravinas, com a função de promover a quebra da

energia da velocidade da água em períodos chuvosos, como também gerar o acúmulo de sedimentos, favorecendo a infiltração da água e estabilização da erosão (VERDUM; VIEIRA; CANEPPELE; 2016).

A fim de obter melhores resultado para o controle erosivo é recomendado isolamento da área, por meio do cercamento, impedindo a entrada de animais (gado) e máquinas, protegendo a vegetação que será implantada para a estabilização do terreno (CHAVES *et al.*, 2021).

De imediato, recomenda-se a colocação de restos vegetais na área, com o propósito criar cobertura morta em toda a extensão do solo exposto, como forma de amenizar os impactos da gota de chuva. Ainda, devem ser utilizados materiais de origem vegetal, principalmente fibrosos, duráveis ao tempo e fácil aquisição, tais como palhas, cascas, serragem e outras mais acessíveis (CHAVES *et al.*, 2021).

Em seguida, realiza-se a semeadura das gramíneas, na qual contribuirá para o controle da perda de solo, pois a pastagem auxilia na conservação da umidade, no aumento da vida dos microrganismos e na reposição da matéria orgânica no solo. Isso se intensifica com a implantação de uma cobertura vegetal nativa, semelhante com a vegetação original quando existia no local do experimento; dessa forma, há o aumento da resistência do solo, protegendo-o dos fenômenos erosivos, além de controlar a infiltração da água devido a presença de raízes, folhas e galhos (CHAVES *et al.*, 2021, VERDUM; VIEIRA; CANEPPELE; 2016).

5.9 Unidade de conservação

As Unidades de Conservação (UCs) são áreas naturais criadas e protegidas pelo Poder Público, nas três esferas: municipal, estadual e federal. Regulamentadas pela Lei nº 9.985, de 2000, foi criado o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). De acordo com o SNUC, a unidade de conservação é definida como um espaço territorial abarcado pelos recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes e agenciada por um Conselho Gestor (poder público e sociedade civil). De acordo com SNUC no artigo 4º (2000, p. 07) define os seguintes objetivos:

- I - contribuir para a manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos no território nacional e nas águas jurisdicionais;
- II - proteger as espécies ameaçadas de extinção no âmbito regional e nacional;

- III - contribuir para a preservação e a restauração da diversidade de ecossistemas naturais;
- IV - promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais;
- V - promover a utilização dos princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento;
- VI - proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica;
- VII - proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural;
- VIII - proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos;
- IX - recuperar ou restaurar ecossistemas degradados;
- X - proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental;
- XI - valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica;
- XII - favorecer condições e promover a educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico;
- XIII - proteger os recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente

Em 1937 e 1939 foram criadas as primeiras áreas de proteção no Brasil, e em 1970 haviam 14 parques nacionais no país. Em 2000 oficializou-se o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), e consecutivamente em 2007 foi criado o instituto Chico Mendes. Dessa forma em 2012 estavam registradas 1.762 unidades de conservação e 1,5 milhões de quilômetro quadrados de terras protegidas (PIRATELLI; FRANCISCO, 2013).

Existem dois tipos de UCs: as Unidade de Proteção Integral (UPI) e Unidade de Proteção Sustentável (UPS). No primeiro caso, as UPIs são de domínio público, com proibição de visitação e a pesquisa científica somente terá desenvolvida caso seguir as normas do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMbio) e as normas do Plano de Manejo de cada unidade de conservação. No caso das UPS, o objetivo [...] é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei” (SNUC, 2000, p. 09).

No Artigo 8º do SNUC constam as categorias das Unidades de Proteção Integral e estabelece as seguintes unidades de conservação: Reserva Biológica, Refúgio de Vida Silvestre, Monumento Natural, Estação Ecológica e Parque Nacional.

Já as Unidades de Proteção Sustentável (UPSs) têm como principal característica a ocupação humana nas áreas demarcadas, o que não é um pré-requisito; pode ter visitação do público e realização de pesquisas, diferente das UPIs.

Mesmo assim, esses espaços devem ser utilizados de formas sustentáveis, respeitando o meio ambiente e seguindo as normas do Plano de Manejo. “O objetivo básico das Unidades de Uso Sustentável é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável dos seus recursos naturais” (SNUC, 2000 p. 09).

No Art. 14º. (SNUC, 2000), mostra as categorias das unidades de conservação que compõe o Grupo das Unidades de Uso Sustentável: Área de Proteção Ambiental; Área de Relevante Interesse Ecológico; Floresta Nacional; Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável; e Reserva Particular do Patrimônio Natural. A Área de Proteção Ambiental é definida no artigo 15 no SNUC (2000, p. 11), da seguinte forma:

A Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

As UCs são responsáveis por desempenharem papel importante na preservação conservação da natureza e cumprir funções ecológicas as áreas que ocupam seu entorno. Sua criação e manejo consciente podem resultar em enormes ganhos do ponto de vista ambiental, como a conservação de espécies animais e vegetais, manutenção de processos ecológicos e preservação de ecossistemas. Os interesses econômicos devem ser mediados, a fim de suprir as necessidades da população sem exaurir os recursos naturais, logo melhorando a qualidade do meio em que vivemos.

6. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE USO SUSTENTÁVEL DO TIMBURI

Nesse tópico serão abordadas as principais características da APA do Timburi, como: o uso e cobertura do solo, principais classes de declividade, o levantamento da altimetria, a geomorfologia, os tipos de solos e sua relação com a área de estudo.

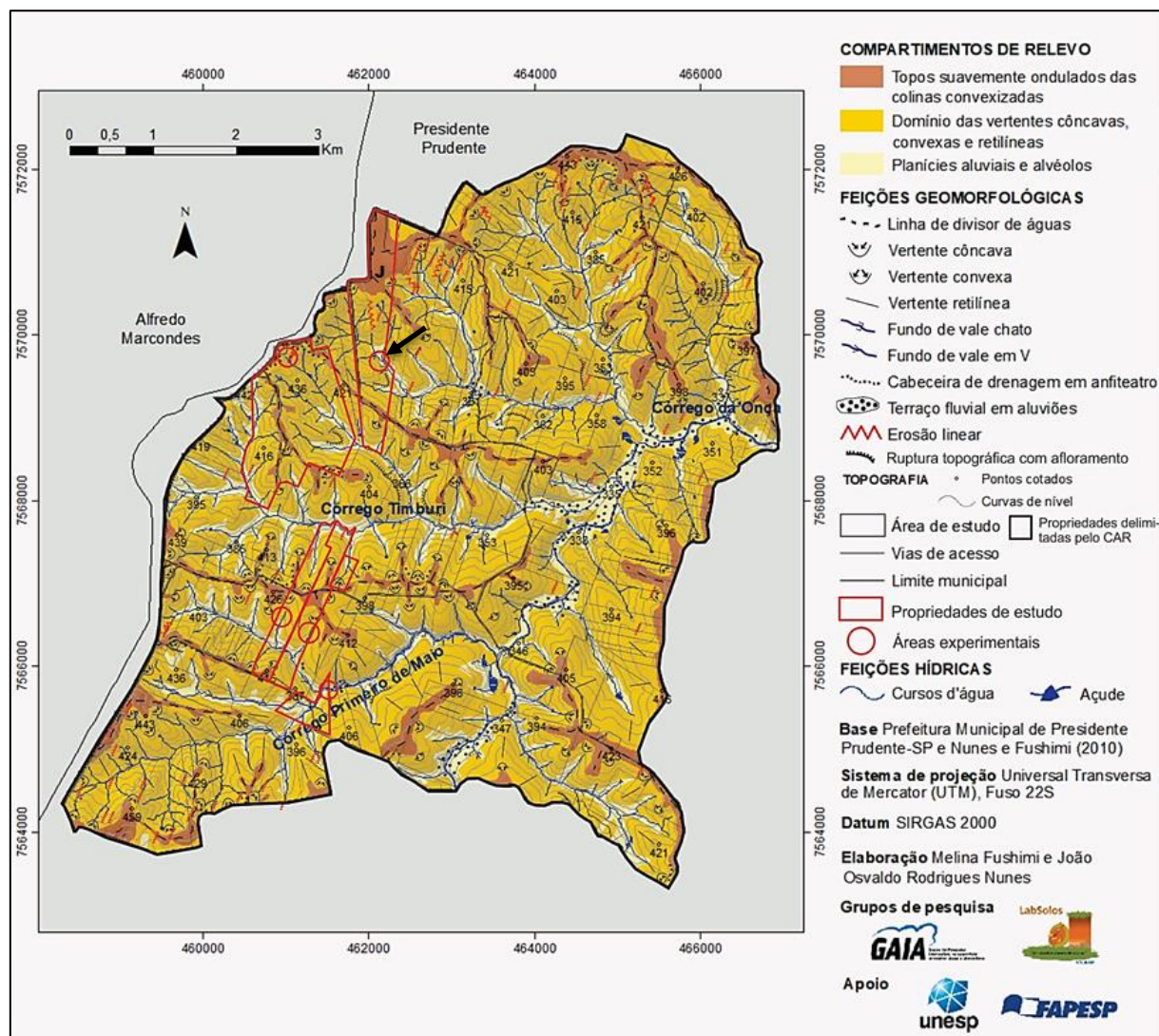
6.1 Geomorfologia

A Figura 28, corresponde ao mapa geomorfológico da APA do Timburi, na qual pode-se observar os diferentes tipos de classificação, de acordo com Fushimi (2012, p. 101) *apud* Nunes e Fushimi (2010). A três classes de relevo predominantes em Presidente Prudente são:

1. Topos suavemente ondulados das colinas convexizadas, com ocorrência dos topos para as médias altas vertentes de solos desenvolvidos (associação Latossolos Vermelhos) e, em alguns setores, solos rasos a desenvolvidos (associação Argissolos Vermelhos). Em alguns pontos, solos rasos (associação Neossolos Regolíticos) e afloramento dos arenitos flúvio-lacustres da Formação Adamantina;
2. Domínio das vertentes côncavas, convexas e retilíneas, com ocorrência de solos rasos a desenvolvidos (associação Argissolos Vermelhos) e solos rasos (associação Neossolos Regolíticos). É frequente o afloramento dos arenitos flúviolacustres da Formação Adamantina;
3. Planícies aluviais e alvéolos, com o predomínio de solos hidromórficos (associação Planossolos e Gleissolos) e materiais sedimentares e manufaturados de origem tecnogênica. Em alguns pontos, tem-se o afloramento dos arenitos flúviolacustres da Formação Adamantina.

Ao observar o mapa percebe-se poucas áreas de topos suavemente ondulados das colinas convexizadas. Esse tipo de morfologia situa-se em locais mais elevados, principalmente nos divisores de água. O relevo de domínio das vertentes côncava, convexas e retilíneas são predominantes e abrangem praticamente toda a área. Já as planícies aluviais situam-se no entorno dos corpos d'água.

Figura 28 - Mapa geomorfológico da Área de Proteção de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente, SP com a localização da área de estudo.



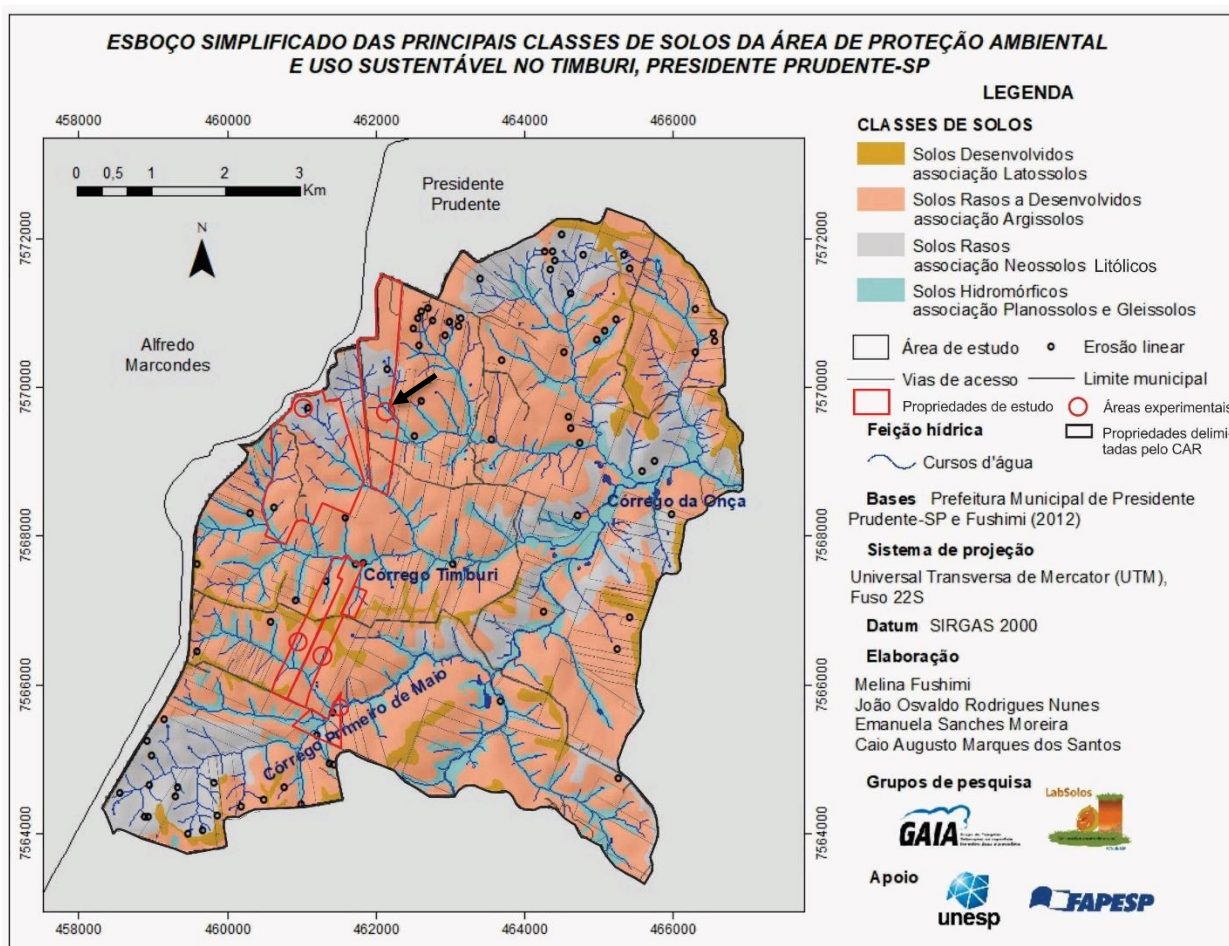
Fonte: Nunes *et al.* (2021).

Na propriedade do Sr. José, uma boa parte da área é composta por topos suavemente ondulados das colinas convexas (Norte) e no restante tem predominância de vertentes côncavas, convexas e retilíneas (Sul), onde foram construídos os barramentos. Há também influência de planícies aluviais (Leste), onde existe um córrego (Figura 31).

6.2 Solos

Os solos predominantes na APA do Timburi (Figura 29) são: Latossolos (pouco presente), Argissolo, Neossolos Litólicos e solos hidromórficos associados a Planossolos e Gleissolos.

Figura 29 - Esboço simplificado das principais classes de solo da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente-SP com a localização da área de estudo.



Fonte: Nunes *et al.* (2021).

De acordo com a EMBRAPA (2009), os Latossolos são originados de materiais facilmente intemperizados, pois o solo é muito desenvolvido, com grandes profundidades. Além disso, existe pouca diferenciação entre os horizontes A, B, C (as transições usualmente difusas ou graduais). Esse tipo de solo varia “de fortemente a bem drenados, embora ocorram solos que têm cores pálidas, de drenagem moderada ou até mesmo imperfeitamente drenados, transicionais para condições com um certo grau de glelização” (EMBRAPA, 2009, p. 83).

O Argissolo, mais presente dentro dos limites da APA, tem as seguintes características: profundidade variável, drenagem forte, coloração avermelhadas ou amareladas, textura que varia de arenosa a argilosa no horizonte A e média a muito argilosa no horizonte B (EMBRAPA, 2009).

Os Neossolos Litólicos são “pouco desenvolvidos, não hidromórficos e de textura normalmente arenosa, apresentando alta erodibilidade, principalmente em declives mais acentuados” (SANTOS *et al.*, 2013). Sobre os solos hidromórficos Neto (2010, p. 03) em sua tese, escreveu o seguinte:

Os solos hidromórficos apresentam como condição principal a saturação permanente ou na maior parte do tempo com água, resultando em características específicas decorrentes do processo de gleização. Estas condições ambientais estão associadas a áreas de baixada ou depressões localizadas, que apresentam má drenagem decorrente da presença de um lençol freático permanente ou oscilante. Os processos pedogenéticos como a gleização, a ferrólise e a paludização determinam no solo características morfológicas, físicas, químicas, biológicas e mineralógicas específicas, que podem variar de acordo com o grau de hidromorfismo, material de origem, granulometria e com o uso e manejo dos solos.

Ainda, de acordo com EMBRAPA (2009, p. 91) os Planossolos:

[...] compreende solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspensão), de existência periódica e presença variável durante o ano (EMBRAPA, 2009, 91).

Os Gleissolos são compreendidos como solos hidromórficos, formados de material mineral. Tem espessura de 150cm da superfície do solo, abaixo de horizontes A ou E. Esse tipo de solo é caracterizado pelo excesso de saturação hídrica. Isso mostra que eles possuem drenagem deficiente, a tonalidade desse solo varia de acinzentadas, azuladas a esverdeadas (EMBRAPA, 2009).

Na propriedade do Sr. José (Figura 31), predomina-se Solos Rasos a Desenvolvidos associados Argissolos, próximo aos barramentos encontraram-se solos Hidromórficos associados Planossolos e Gleissolos.

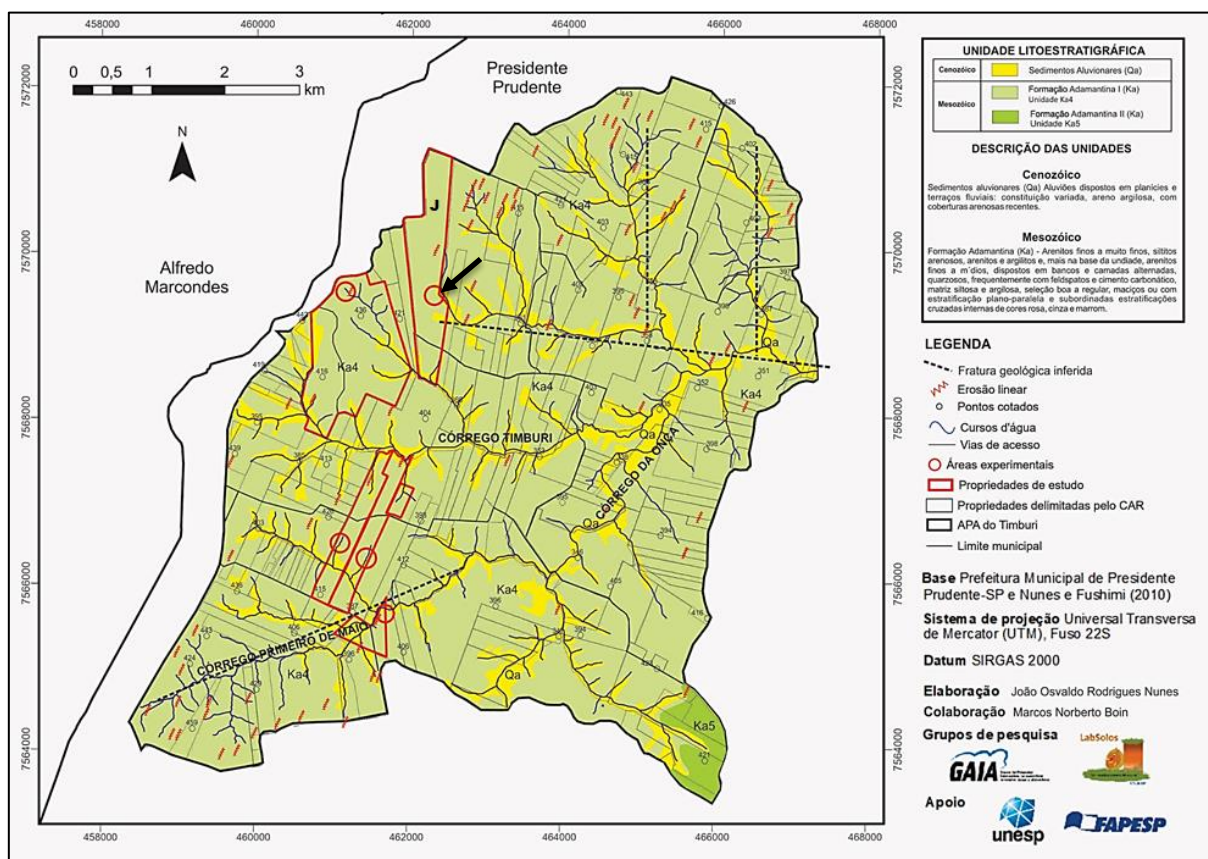
6.3 Geologia

A maior parte da estrutura geológica no perímetro da APA (Figura 30) pertence à Formação Adamantina I (Ka), na qual tem pouca variação, seguida da pouca Formação Adamantina II (Ka); os Sedimentos Aluvionares (Qa), predominante em áreas mais baixas, tais como as várzeas.

Ambas as Formações Adamantina estão dentro da unidade Mesozoica, tendo a seguinte descrição: Arenitos finos a muito finos, siltitos arenosos e argilitos. E, na base da unidade, encontra-se: arenito finos a médios, dispostos em bancos e camadas alternadas, quartzosos, frequentemente com feldspato e cimento carbonático, matriz siltosa e argilosa, de seleção boa a regular, maciços ou com estratificação plano-paralela e subordinadas estratificação cruzadas internas de cores rosa, cinza e marrom (NUNES *et al.*, 2021);

O Sedimentos Aluvionares (Qa) encontra-se na unidade Cenozóica, se apresentando dessa forma: Aluviões dispostos em planícies e terraços fluviais. Possui variação em sua composição, tal como areno-argilosa, com coberturas arenosas recentes (NUNES *et al.*, 2021).

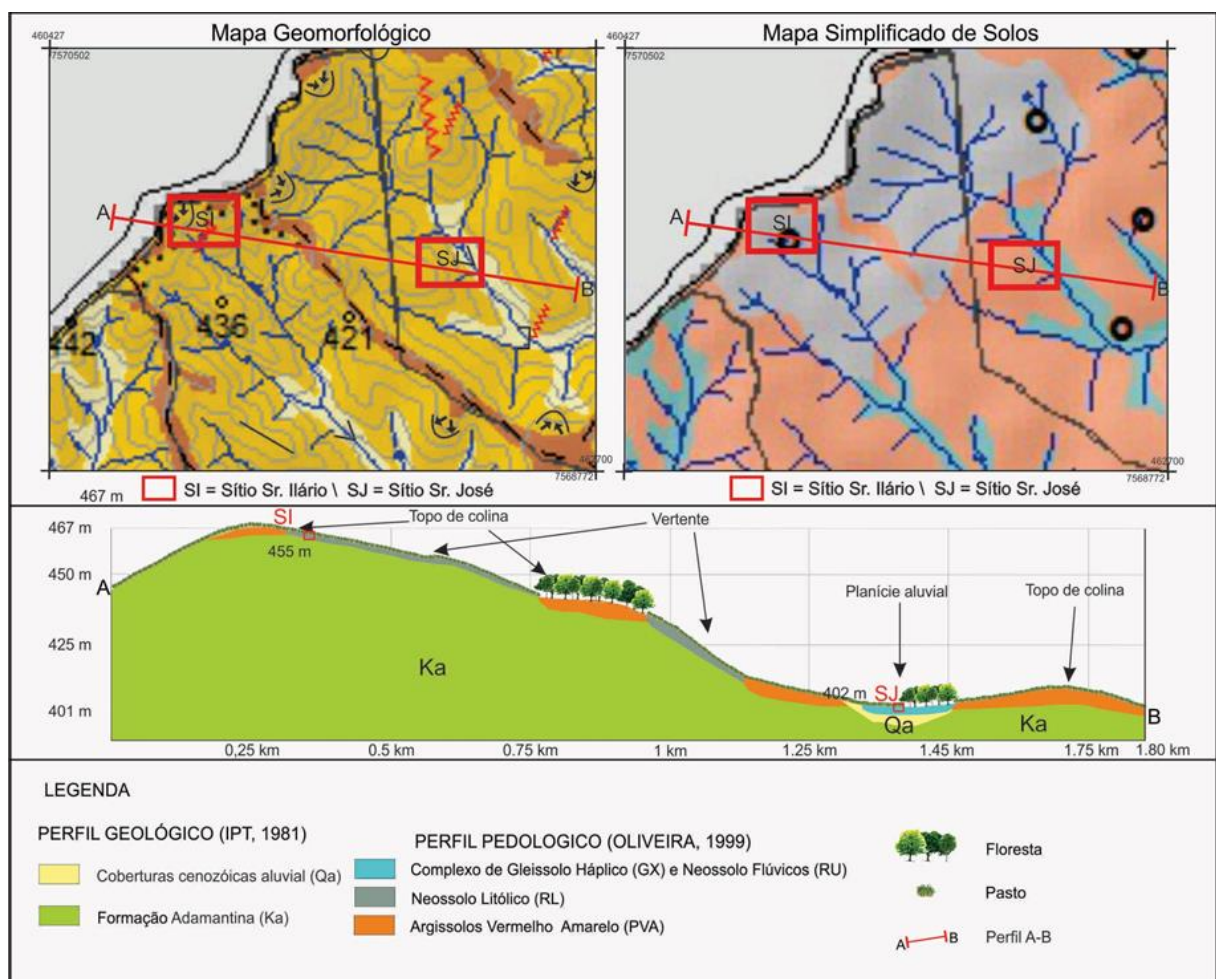
Figura 30 - Mapa de geologia da Área de Proteção de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente, SP com a localização da área de estudo



Fonte: Nunes *et al.* (2021).

A propriedade do Sr. José compreende quase toda a superfície da Formação Adamantina I (Ka). Próximo do experimento tem características de sedimentos Aluvionares (Qa) e início/final de uma fratura geológica inferida. A Figura 31 mostra o perfil geológico da área de pesquisa.

Figura 31 - Perfil Geológico e Pedológico entre a localização dos experimentos nas propriedades do Sr. Ilário e Sr. José



Fonte: Nunes *et al.* (2021).

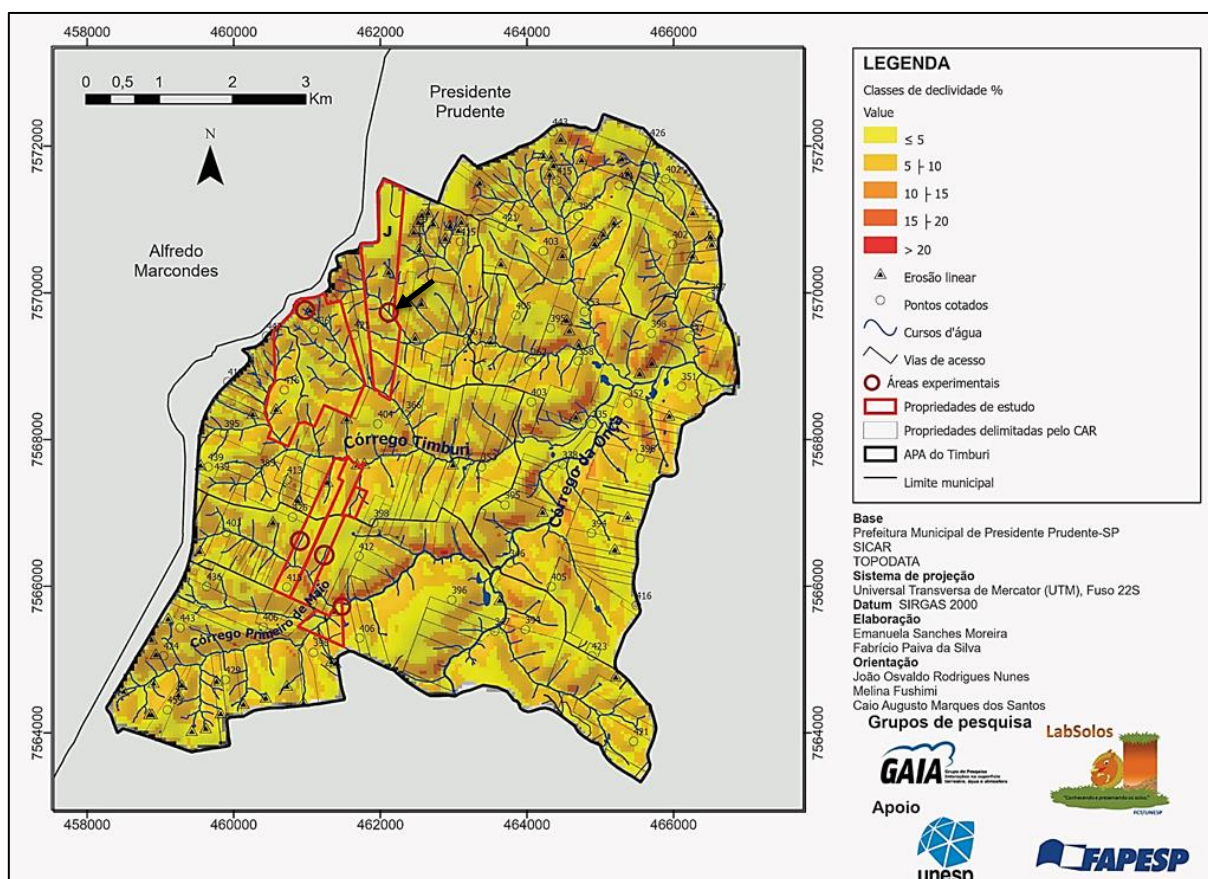
Como pode ser visto, a área de pesquisa encontra-se em uma planície aluvial, e sua superfície é composta em parte por um complexo de Gleissolo Háplico (GX) e Neossolo Flúvico (RU) além do Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), seguida por uma camada logo abaixo, composta de Cobertura Cenozoica Aluvial. O perfil também mostra a área do entorno, composta por vertente e topos de colina, áreas essas que

além de serem naturalmente mais elevadas, possuem pouca cobertura vegetal, geralmente predominando as gramíneas.

6.4 Clinografia

O mapa clinográfico (Figura 32) mostra as principais classes de declividade da APA. Foram elencadas 5 classes de declividade para a área de estudo, sendo elas: igual ou menor que 5%; de 5% a 10%; de 10% a 15%; de 15% a 20% e igual ou maior que 20%.

Figura 32 - Mapa Clinográfico da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente-SP, com a localização da área de estudo.



Fonte: Nunes *et al.* (2021).

As classes de 20 a 40% foram generalizadas numa única classe (>20%) devido a região de Presidente Prudente apresentar declividades mais acentuadas em torno dos 20% (MOREIRA, 2021, p. 40). Percebe-se maiores declividades nos taludes

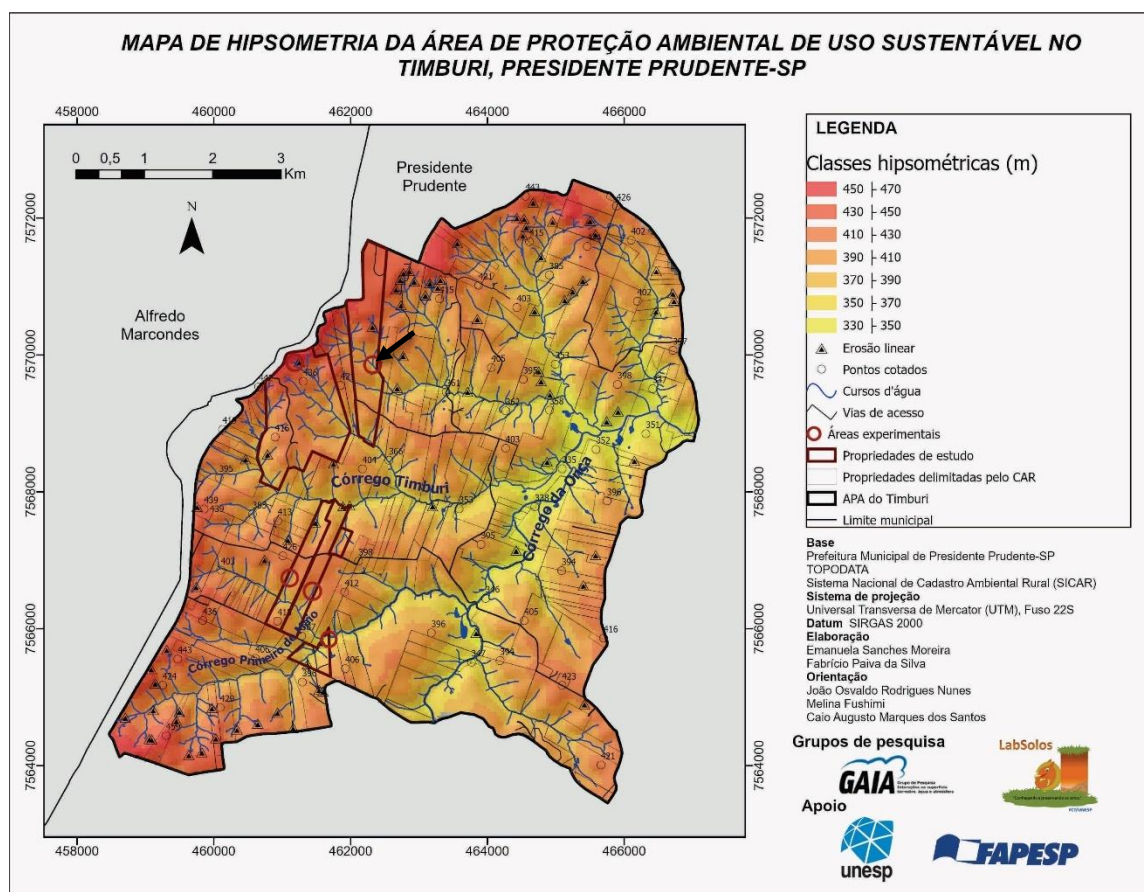
localizados próximos as áreas de Planícies Aluviais e Alvéolos, ou seja, próximos aos córregos e das partes mais baixas do relevo.

Na porção norte da propriedade do Sr. José, há uma predominância de declividade muito baixa do terreno (<5%). Isso se estende na maior parte do perímetro próximo do córrego existente, onde foram colocados os barramentos, intercalando com declividades (5% -10% a 10% - 15%).

6.5 Hipsometria

A figura 33 apresenta o mapa hipsométrico da APA do Timburi. De acordo com os dados do mapa a altimetria desta área varia de 450 a 350 metros.

Figura 33 - Mapa de hipsometria da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente



Fonte: Moreira (2021).

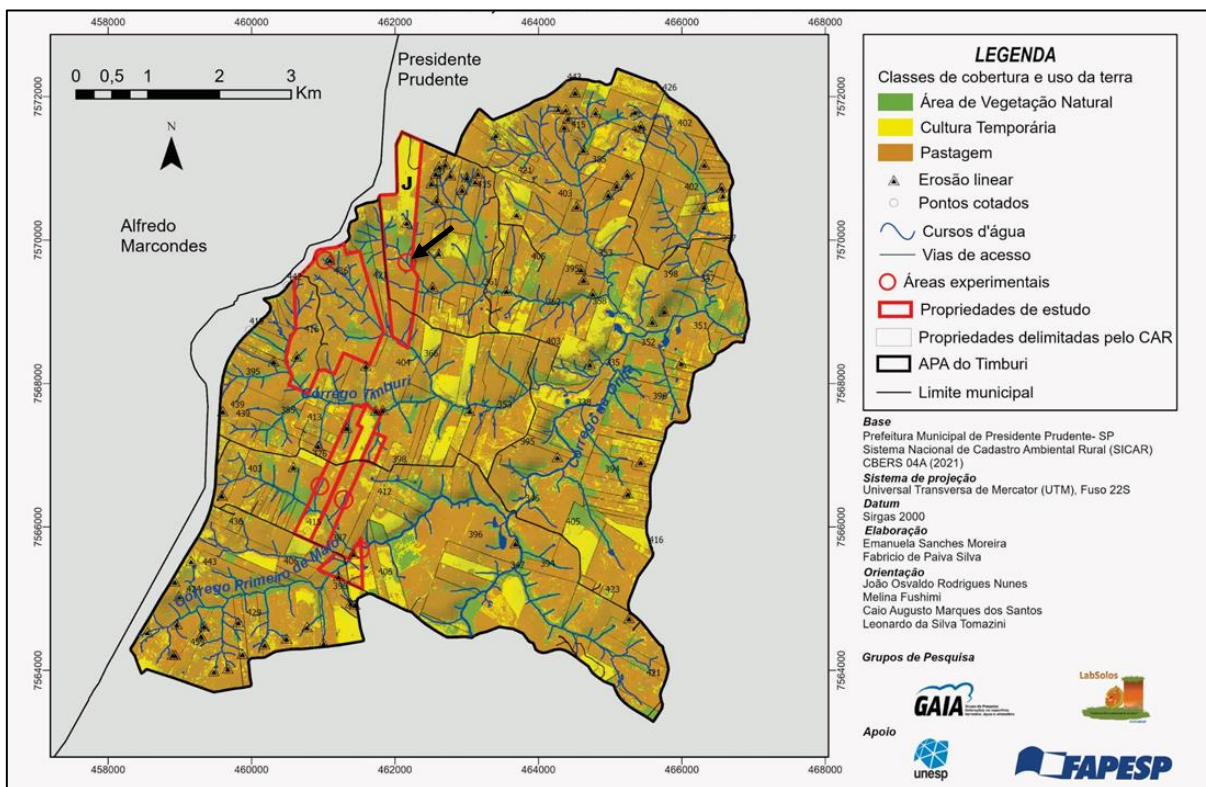
A predominância de altitudes mais elevadas se dá principalmente na extremidade norte e sudoeste, além dos divisores de água de córregos que cortam o perímetro. As mais baixas se localizam nos fundos de vale, onde os corpos d'água passam, evidentemente observado na parte leste, em que a tonalidade encontrada foi um amarelo mais intenso. Na área de estudo, a altitude da porção norte é mais elevada e em comparação ao sul, onde foram formadas as barragens, situadas próximo dos córregos.

6.6 Cobertura e uso da terra

Neste mapa são mostrados os tipos de cobertura e uso da terra na APA (Figura 34). No uso da terra há predominância de pasto e de cultura temporária. E percebe-se que possui pouca mata nativa, embora existam algumas faixas no entorno dos corpos d'água, sendo locais onde estão ocorrendo os processos erosivos de maneira mais intensa, devido à ausência de vegetação para a proteção do solo.

Na propriedade do Sr. José, boa parte de seu terreno possui culturas temporárias (norte) e outra com pastagem (sul), onde fica localizada as barragens; já a vegetação nativa fica em torno do corpo d'água.

Figura 34 - Mapa de cobertura e uso da terra da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável, no Timburi, Presidente Prudente-SP com a localização da área de estudo.



Fonte: Nunes et al. (2021).

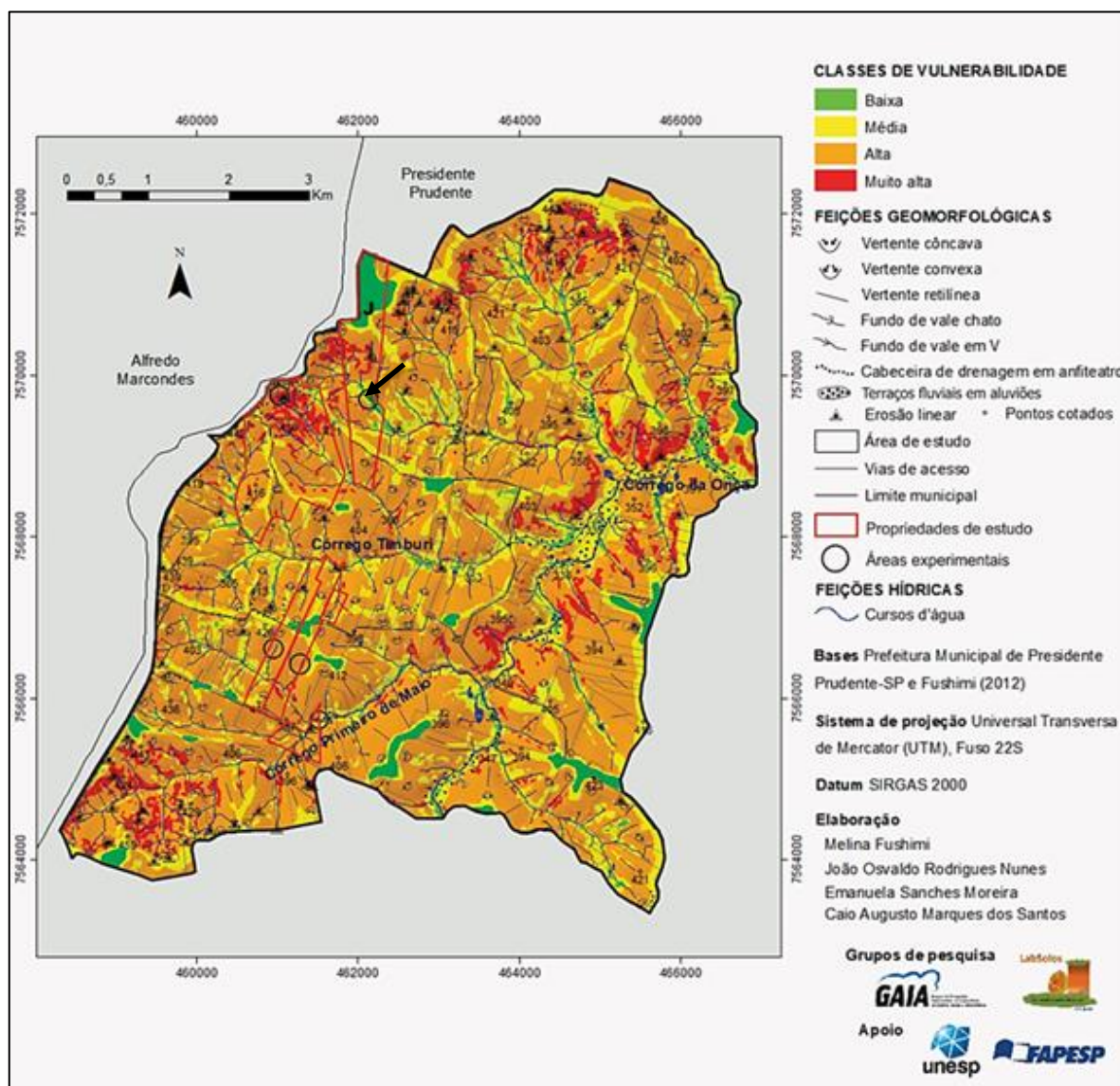
De acordo com a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), antes de 22 de julho de 2008, zonas agrárias utilizadas e ocupadas antropicamente são consideradas áreas consolidadas, incluindo os espaços que possuem a função ambiental de preservar os recursos hídricos. Nesses espaços também se deve preservar o mínimo, como a largura da mata ciliar, lagos naturais, nascentes e outros corpos d'água, porém, com critérios diferentes das regras impostas para propriedade ocupadas depois da respectiva data (22/07/08).

Nesse caso, na APA do Timburi, grande parte das propriedades se enquadram nessa nova regra que compõe o novo código florestal, além do mais, com a criação da APA é um fator que reforça a necessidade seguir as normas.

6.7 Mapa de Vulnerabilidade Ambiental

O Mapa de Vulnerabilidade Ambiental aos Processos Erosivos Lineares (Figura 35), elenca 4 níveis de vulnerabilidade, sendo: baixa, média, alta e muito alta. Abaixo segue o mapa e uma breve discussão dos resultados de cada classe de vulnerabilidade:

Figura 35 - Mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares da área de proteção Ambiental de uso sustentável no Timburi, Presidente Prudente-SP com a localização da área de estudo.



Fonte: Nunes *et al.* (2021).

Baixa Vulnerabilidade: Topos amplos e suavemente ondulados das colinas com solos desenvolvidos (Associação Latossolos); Vertentes retilíneas. Planícies aluviais e alvéolos com presença de terraços fluviais e solos hidromórficos

(Associação Planossolos e Gleissolos). Rara presença do maciço rochoso e de afloramento do aquífero freático suspenso. Declividade inferior a 5%. Presença de gramíneas, capões de matas residuais e ciliares. Atividades humanas com uso de técnicas de manejo e conservação do solo. Índice baixo de escoamento superficial concentrado nos topos das colinas. Ausência de focos erosivos lineares (NUNES *et al.*, 2021);

Média Vulnerabilidade: Topos ondulados das colinas com solos desenvolvidos a médios (Associação Latossolo e Argissolos). Vertentes convexas e retilíneas. Planícies aluviais e alvéolos com presença de terraços fluviais e solos hidromórficos (Planossolos e Gleissolos). Presença do maciço rochoso com afloramento do aquífero freático suspenso. Declividade de 5 a 10%. Presença de gramíneas, ausência de matas residuais e ciliares. Atividade humana com baixo uso de técnicas de manejo e conservação deixando o solo exposto. Médio índice de escoamento superficial concentrado. Presença de focos erosivos lineares, sulcos e ravinas (NUNES *et al.*, 2021);

Alta Vulnerabilidade: Vertentes côncavas e convexas das colinas com solos médios e rasos (Argissolos e Neossolos Litólicos). Planícies aluviais e alvéolos assoreados com solos hidromórficos (Planossolos e Gleissolos) e materiais tecnogênicos. Presença do maciço rochoso com afloramento do aquífero freático suspenso. Declividade de 10% a 20%. Presença de gramíneas degradadas e ausência de matas residuais e ciliares. Atividade humana sem uso de técnicas de manejo e conservação deixando o solo exposto. Médio a alto índice de escoamento superficial concentrado. Presença de focos erosivos lineares, ravinas e voçorocas (NUNES *et al.*, 2021);

Muito Alta Vulnerabilidade: Vertentes côncavas das colinas com solos rasos (Neossolos Litólicos). Planícies aluviais e alvéolos assoreados com solos hidromórficos (Planossolos e Gleissolos) e materiais tecnogênicos. Presença do maciço rochoso com afloramento do aquífero freático suspenso. Declividade acima de 20%. Presença de gramíneas degradadas e ausência de matas residuais e ciliares. Atividade humana sem uso de técnicas de manejo e conservação deixando solo exposto. Alto índice de escoamento superficial concentrado. Presença de focos erosivos lineares grandes, como as voçorocas (NUNES *et al.*, 2021).

A propriedade do Sr. José, apresenta Baixa vulnerabilidade na porção norte do terreno (Verde), diferente das outras partes com predominância de Média (Amarelo)

e Alta (Laranja) vulnerabilidade. Próximo ao local do experimento e a montante dos barramentos a vulnerabilidade é Muito Alta (Vermelho).

Através da análise dos mapas obteve-se um panorama das características físicas e morfológicas da APA, bem como na escala local. A propriedade do Sr. José de acordo com suas características do relevo, solo, altitude, e vulnerabilidade mostrou forte propensão aos processos erosivos, e o contexto de uso e ocupação mais recente tem corroborado para a aceleração dos mesmos.

7.RESULTADOS E DISCUSSÃO

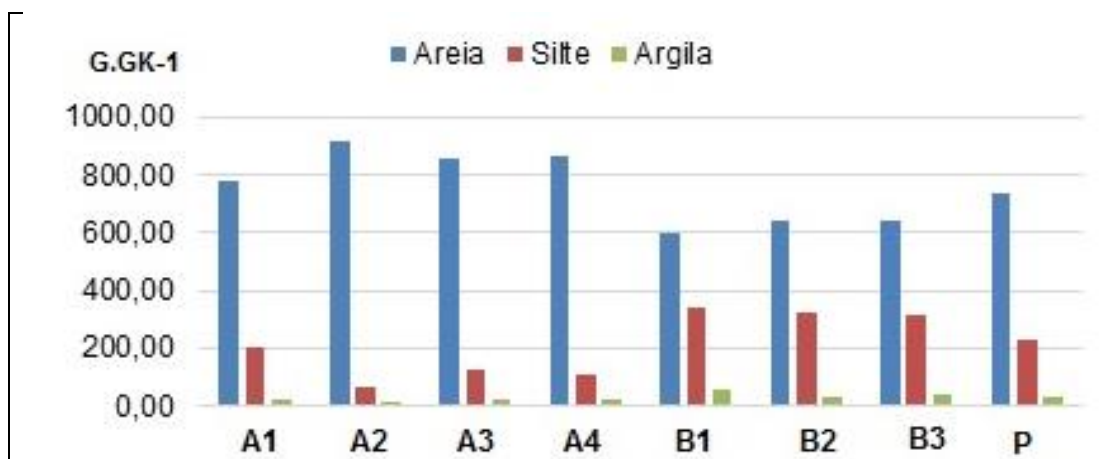
7.1 Análise física

Após a realização da análise granulométrica, a última etapa da análise física é a determinação da classe textural do solo. Os dados resultantes dos procedimentos (pesagem inicial e final das placas de petri e beckers) foram colocados no triângulo de classe textural (Figura 36) que permite analisar visualmente a distribuição de seus componentes, ou seja, a quantidade de areia, silte e argila (LEPSCH, 2011).

Obteve-se como resultados as seguintes classificações: areia, areia franca e franco-arenoso. Lepsch (2011) descreve que é necessário ter 55% de areia para poder caracterizar na classe *areia* (ou arenoso), como comprovado neste caso. Já para determinar uma amostra siltosa, deve ter pelo menos 40% de silte e para franco argilosa necessita de 30% de argila.

Os dados produzidos a partir dos procedimentos feitos em laboratório (descritos no tópico 4.4) serviram para a geração do Gráfico 1. Evidenciando que as amostras analisadas possuem uma quantidade maior de areia em comparação com os outros elementos (argila e silte), caracterizando um solo de textura arenosa. O silte na Ravina 2 (A1, A2, A3, A4) apresentou quantidade inferior em relação a Ravina 1 (B1, B2, B3) e a amostra P foi retirada do mesmo local em que foi realizado o ensaio Permeametro de Guelph próxima da cabeceira da Ravina 2. Os valores de argila são pouco expressivos.

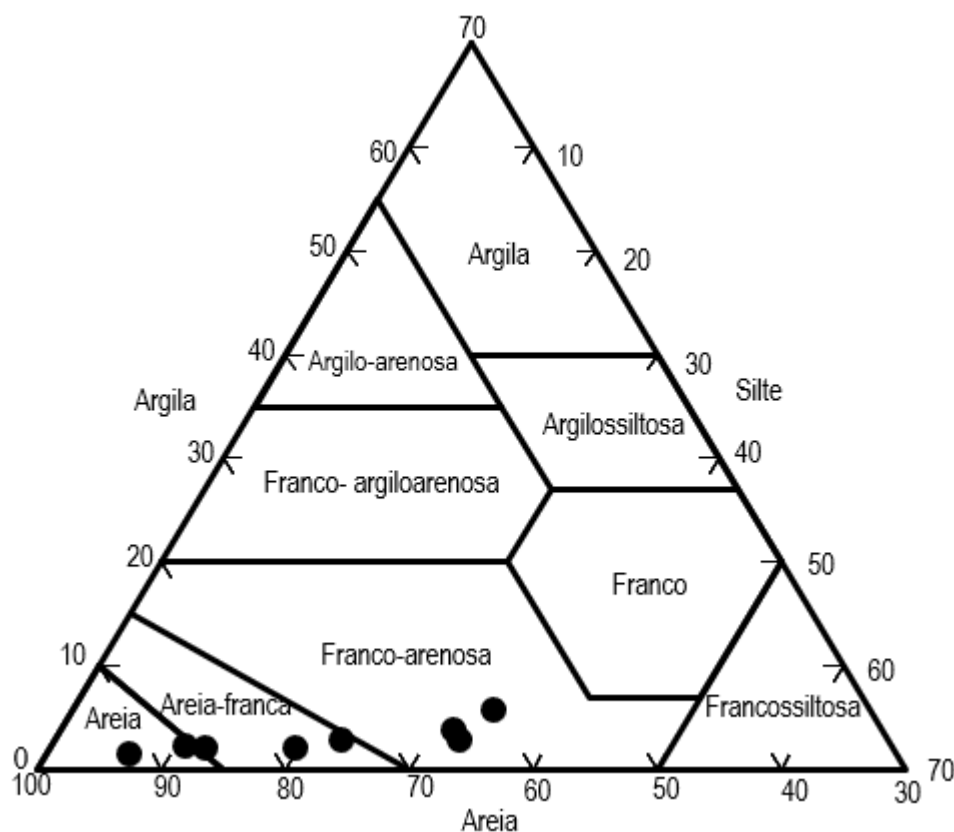
Gráfico 1 – Distribuição valores de areia, silte e argila (g.kg-1) das amostras



Fonte: Dos autores (2021).

Foi realizado também um panorama dos atributos, a partir da relação entre a porcentagem de areia, silte e argila (Figura 36). Os valores obtidos foram colocados no diagrama de classe textural.

Figura 36 - Diagrama de classes proposto pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, com as informações obtidas nos resultados da análise física, propriedade do Sr. José.



Fonte: Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (1951) adaptado pelos autores (2021)

A maneira como ocorre a distribuição de partículas do solo definem a sua textura. Segundo Curi e Kämpf (2015) os solos de textura arenosa possuem mais suscetibilidade a ação da água, apresentando altas taxas de infiltração e percolação. Em solos desprotegidos pela cobertura vegetal ocorre maior lixiviação, que por sua vez, remove os nutrientes e matéria orgânica, consequentemente aumentando a acidez, e diminui a fertilidade e produtividade dos mesmos.

A textura do solo é um fator que influencia na sua capacidade de resistir à ação da erosão hídrica, e na quantidade de material que é transportada pela ação da

mesma. Em solos arenosos, há grande porosidade, e embora durante chuvas de menor intensidade e volume ocorra a absorção/infiltração da água, maiores volumes de água podem acarretar no deslocamento de grande quantidade de solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

7.2 Análise química

Embora seja um conceito muito complexo e controverso, a adequada avaliação da qualidade de um solo somente é possível caso considerem integralmente as suas propriedades (SILVA *et al.*, 2020). De acordo com os autores, ao utilizar parâmetros mensuráveis como textura, densidade do solo, condutividade hidráulica, entre outros, é possível compreender seus limites e potencialidades, assim como traçar critérios para tomada de medidas de manejo ou recuperação (NUNES *et al.*, 2021).

A distribuição de partículas minerais do solo tem influência direta nas características químicas do mesmo. De acordo com Curi e Kämpf (2015), solos de textura arenosa resultam em altas taxas de infiltração e percolação, consequentemente, maior lixiviação, removendo cátions básicos, principalmente Ca^{2+} e Mg^{2+} , acidificando os solos (PRIMAVESI, 2016). A reação do solo (pH), indicador paramétrico de e alcalinidade, com valores entre 4 e 5 (medianamente ácido), apresentam concentrações altas, mas não elevadas de alumínio e manganês, o que compromete o trabalho de bactérias decompositoras de matéria orgânica do solo (MOS) e fixadoras de nitrogênio (NUNES *et al.*, 2021).

Ressalta-se o fato de que o potencial de hidrogênio do solo alterado pela atividade de microrganismos que decompõem a matéria orgânica a um pH de 5,6, portanto, esse valor é o ideal para a maioria das culturas em solos tropicais (NUNES *et al.*, 2021). Na tabela 3, mostra os principais atributos químicos da área de estudo, com seus respectivos valores presente no solo.

Tabela 3 – Valores dos atributos químicos das amostras de solo¹

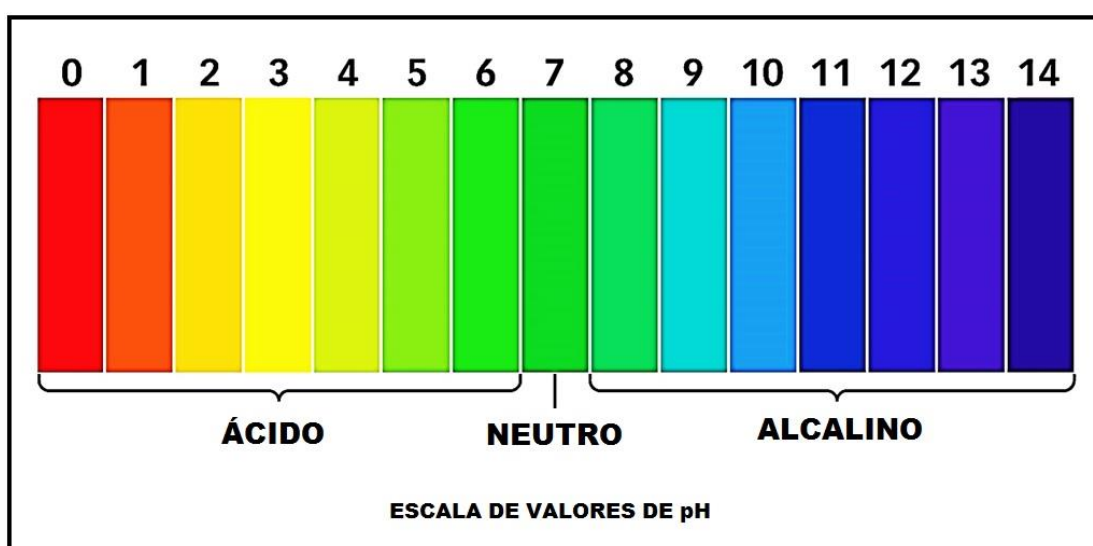
pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
CaCl_2	g.kg^{-1}	mg.dm^{-3}	----- mmolc.dm^{-3} -----						%
5,4	11,90	19,60	1,10	25	9	17	35,10	52,1	67

Fonte: Dos autores (2021).

¹ Siglas: (pH) Potencial hidrogeniônico; (M.O) Matéria Orgânica; (P) Fósforo; (K) Potássio; (Ca) Cálcio; (Mg) Magnésio; (H) Hidrogênio; (Al) Alumínio; (SB) Soma de base; (CTC) Capacidade de trocas catiônica; (V) Saturação por base.

No caso das amostras coletadas na área do Sr. José foi obtido pH igual 5,4, indicando solo moderadamente ácido (Figura 37). Tal resultado está diretamente associado à baixa capacidade dos solos arenosos de reter bases, em especial Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{2+} . Apesar disso, apresentam melhores resultados quanto ao P, Soma de Bases (S), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), Matéria Orgânica (MO) e Carbono Orgânico (CO) e teor de argila adequados (NUNES *et al.*, 2021).

Figura 37 - Escala de valores de pH

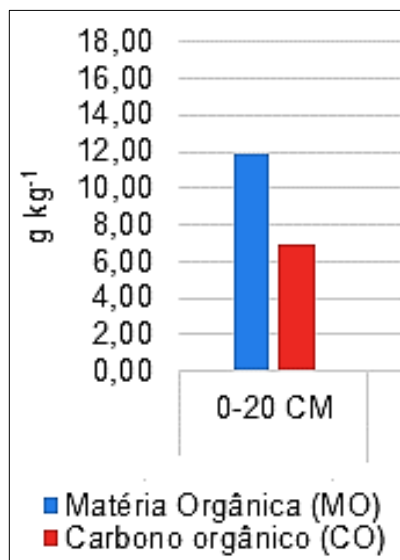


Fonte: Dos autores (2021).

O potencial hidrogeniônico (pH) é uma medida que indica a acidez e alcalinidade do solo estudado. Desse modo, quanto menor o seu pH, maior sua acidez, já um pH mais alto indica solos mais alcalinos (SILVA *et al.*, 2021).

Nas amostras analisadas (Gráfico 2), o valor da MOS não ultrapassa $1,7 \text{ g dm}^{-3}$, muito baixo inclusive para solos arenosos e muito aquém do ideal para solos agrícolas (em torno de 3 a 4%), como preconizado por Lepsch (2010) e Freire (2006). Nessas condições, apesar da inquestionável importância e relação direta com os outros indicadores de qualidade do solo, o inexpressivo aporte de MOS compromete a quantidade de carbono orgânico (CO), um dos seus principais constituintes (NUNES *et al.*, 2021). No gráfico 2, mostra o resultado da análise de solo referente a concentração de matéria orgânica e carbono orgânico.

Gráfico 2 - Concentração de Matéria orgânica e Carbono orgânico



Fonte: Nunes *et al.* (2021).

Santos *et al.* (2017) ao analisarem o comportamento do carbono orgânico em solos de textura média sob o cultivo de pastagem encontraram maiores valores deste atributo CO nas profundidades de 0,0 – 0,10 m, o que era esperado, mas houve uma redução de mais de 15%, o que indica que a intervenção antrópica contribui para a degradação do CO, chamando a atenção para a necessidade de manejo conservacionista (NUNES *et al.*, 2021).

De acordo com Santos *et al.* (2018), a quantidade de CO nas amostras analisadas encontraram muito baixo, com valores inferiores a 9.9 g dm⁻³ nas camadas de 0 – 20 cm, o que indica degradação química e biológica (NUNES *et al.*, 2021).

O V% ou saturação por bases refere-se à proporção de cátions básicos trocáveis. Essa característica está associada à fertilidade do solo, onde a expressão alta saturação se aplica a solos eutróficos (férteis) com V% igual ou superior a 50, e distróficos (menos férteis) baixa saturação para valores inferiores a 50%. Além disso, esse parâmetro é usado para fins de recomendar a quantidade de calcário a ser aplicado ao solo (SANTOS; ZARONI, 2021).

Através das amostras coletadas na propriedade de Sr. José e avaliando criteriosamente os atributos químicos, pode-se inferir que classificação do solo é do tipo eutrófico. Em síntese, de acordo com Ronquim (2010, p. 10), “a maioria das culturas apresenta boa produtividade quando o solo possui V% entre 50 e 80 % e pH entre 6,0 e 6,5” (NUNES *et al.*, 2021).

7.3 Ensaio de permeabilidade

A partir dos registros feitos na planilha, os dados foram submetidos à uma tabela de *Excel* para a análise. As tabelas abaixo (4 e 5) mostram os registros das vazões até ser observada a constância dos dados se repetindo por mais de três vezes consecutivas.

Tabela 4 - Valores de volume de água com vazão de 5 cm

Nº da leitura	Tempo (min)	Intervalo de tempo (min)	Nível de água no reservatório (cm)	Variação de nível de água (cm)
1	0	-	0	0
2	2	2	14,5	0
3	4	2	15,0	0,5
4	6	2	16,0	1,0
5	8	2	16,5	0,5
6	10	2	17,0	0,5
7	12	2	17,5	0,5
8	14	2	18,0	0,5

Fonte: Dos autores (2021).

Tabela 5 - Valores de volume de água com vazão de 10 cm (H2)

Nº da leitura	Tempo (min)	Intervalo de tempo (min)	Nível de água no reservatório (cm)	Variação de nível de água (cm)
1	0	0	0	0
2	2	2	7,5	0
3	4	2	8,0	0,5
4	6	2	8,5	0,5
5	8	2	9,0	0,5
6	10	2	9,5	0,5
7	12	22	10,0	0,5
8	14	2	10,5	0,5
9	16	2	11,0	0,5

Fonte: Dos autores (2021).

O experimento teve como resultado, classes de permeabilidade de lenta a moderada. Foi constatada também a presença de solos com hidromorfismo, o que por sua vez é uma evidência que corrobora com a afirmação do Sr. José sobre a existência de um canal fluvial no local de estudo. Assim, ao ser perfurado em profundidade inferior a um metro, solo apresentava saturação hídrica, o que condiz diretamente com o resultado referente a permeabilidade da área.

7.4 Resultados da implantação dos barramentos

Como dito anteriormente, construiu-se 7 barramentos, dos quais foram coletados os dados referentes as suas dimensões (comprimento e altura, distância entre cada uma), coordenadas UTM e elevação. Na tabela (6), são apresentadas as medidas das dimensões e as distâncias entre os barramentos; e na tabela (7) estão as suas respectivas coordenadas UTM e elevação.

Tabela 6 - Medidas das dimensões e distâncias entre os barramentos das ravinas 1 e 2 em área experimental na propriedade do Sr. José

Ravina 1				Ravina 2			
Barramento	Dimensões		Distância	Barramento	Dimensões		Distância
	Comprimento	Altura			Comprimento	Altura	
B1	5,80 m	0,8 m	B1-B2	A1	4 m	0,75 m	A1-A2
			5,30 m				11 m
B2	4,6 m	0,9 m	B2-B3	A2	4 m	A2	A2-A3
			12,70 m				9,20 m
B3	9,2 m	1,0 m	B1-B3 (total)	A3	2,30 m	A3	A3-A4
			18 m				19 m
				A4	5,2 m	A4	A1-A5 (Total)
							32,20 m

Fonte: Dos autores (2021).

Tabela 7 - Coordenadas UTM e altitudes dos 7 barramentos em área experimental na propriedade do Sr. José

Barramentos	Coordenadas (Zona 22 K)		Elevação (m)
	E (m)	S (m)	
A1	462.114,00	7.569.702,00	397
A2	462.129,00	7.569.694,00	397
A3	462.127,00	7.569.689,00	396
A4	462.145,00	7.569.680,00	396
B1	462.165,00	7.569.733,00	398
B2	462.169,00	7.569.728,00	398
B3	462.168,00	7.569.714,00	396

Fonte: Dos autores (2021).

Os barramentos foram aplicados e monitorados entre o período de 10/07/2020 à 16/09/2021, tendo a duração de pouco mais de um ano entre o primeiro e o último

trabalho de campo. A (figura 38) mostra um comparativo das duas ravinas desde o primeiro registro (implantação) até o último.

Figura 38 - Comparativo temporal das ravinas 1 e 2

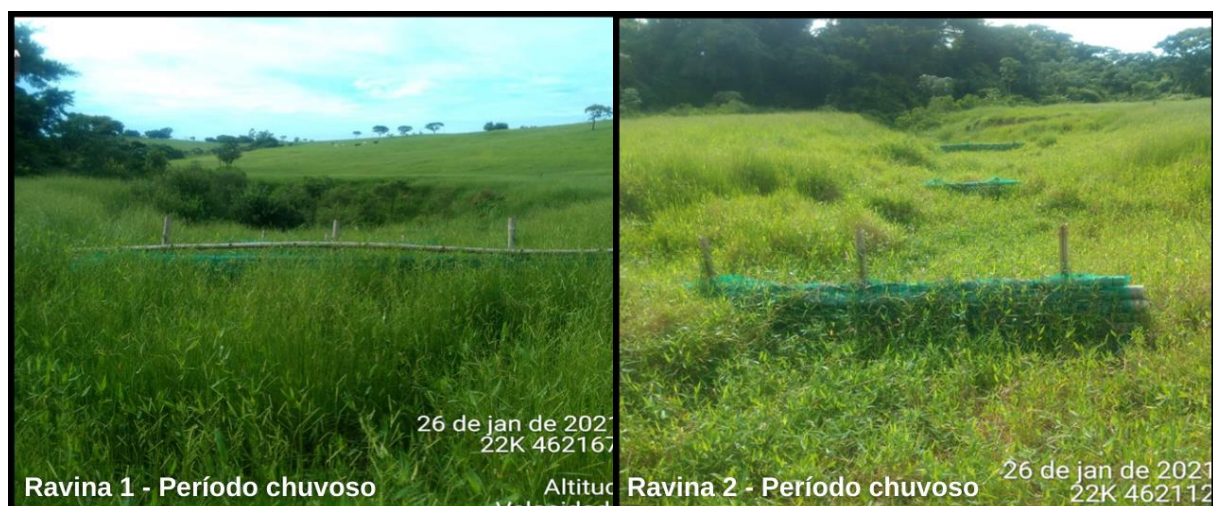


Fonte: Dos autores (2021).

Os primeiros registros são de 10 de julho de 2020 e os últimos de 16 de setembro de 2021, e, portanto, foram realizados no início e fim do inverno respectivamente. Embora a diferença visual no volume de vegetação não seja tão pujante entre os períodos, houve uma melhoria significativa no desenvolvimento da mesma, bem como uma estabilização e retenção de sedimentos.

Nas figuras 39 e 40 há uma demonstração de como a cobertura evoluiu no período mais chuvoso. Nelas pode-se notar o período de maior eficiência dos barramentos, tanto na retenção de sedimentos, como também na incorporação com a vegetação.

Figura 379 - Evolução da vegetação nas ravinas durante o período chuvoso



Fonte: Dos autores (2021).

Figura 40 - Integração entre a vegetação e os barramentos



Fonte: Dos autores (2021).

Como havia maior disponibilidade de pastagem verde e o gado não adentrou frequentemente na área, nesse período foi possível observar o melhor desempenho dos barramentos. A vegetação se estabilizou dentro das ravinas e houve uma “integração” dela com as estruturas, dando suporte ao avanço das gramíneas, retenção de umidade e maior ação biológica.

De todo modo houve uma retenção muito eficaz dos sedimentos e do material transportado pela água no interior das erosões, como pode ser visto nas imagens. Folhas, gravetos e até pequenos galhos foram acumulados, o que culminou em fatores extra de resistência a ação da água pela quebra da energia.

Cabe ressaltar algumas excepcionalidades desta área que foram limitantes para a otimização dos resultados. Em primeiro lugar, o proprietário não efetuou o cercamento ao redor dos barramentos e o gado teve acesso a área durante todo o período dos trabalhos, afetando o potencial regenerativo da vegetação devido ao pisoteio animal. Em segundo lugar, nos meses próximos ao término da pesquisa houve um período prolongado de estiagem, afetando o crescimento das gramíneas, e consequentemente maior deterioração da vegetação intensificando pela demanda do gado por pasto.

Contudo, recomenda-se fortemente que a área seja cercada para que a vegetação possa se desenvolver de maneira mais intensa, associado ao plantio de mudas de espécies nativas para dar suporte ao meio, favorecendo a estabilidade do solo, além de propiciar a própria sucessão ecológica da vegetação.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A APA do Timburi representa um importante marco na história do município de Presidente Prudente. Possui o papel fundamental para o incentivo de práticas mais conscientes de uso, manejo e conservação dos recursos naturais. Desenvolver projetos que visem a recuperação das áreas degradadas é uma tarefa crucial para a comunidade, pois promove a socialização dessas práticas e o engajamento dos moradores com as mesmas, gerando mudanças nas relações de uso com o meio, e capacitando pessoas para dar segmento à essas práticas.

Cabe ressaltar a importância dos trabalhos já realizados na APA, pois foram fonte indispensável de dados para esta pesquisa, em especial, os materiais cartográficos produzidos, que subsidiaram o entendimento de características geomorfológicas, clinográficas, hipsométricas, de uso e cobertura dos solos, tipos de solos e vulnerabilidade ambiental. Tais informações auxiliaram na escolha da área.

Quanto aos procedimentos em laboratório, a análise física das amostras coletadas foi essencial no diagnóstico das condições texturais do solo da área de pesquisa, que por sua vez, evidenciaram-se como sendo muito suscetíveis a erosão. Bem como a análise química, apontando níveis de acidez moderada. O ensaio de permeabilidade com o Permeâmetro de Guelph atestou a má condição de drenagem, o que por sua vez, foi mais uma variável para explicar os processos erosivos. Os dados levantados reforçaram o argumento da importância da cobertura vegetal para proporcionar maior estabilização das superfícies e equilíbrio do ambiente nas propriedades.

As técnicas de bioengenharia apresentaram eficácia na contenção e estabilização dos processos erosivos. Os barramentos desempenharam o seu devido papel na quebra de energia da água e do escoamento superficial concentrado, proporcionando a contenção e estabilização das erosões. O monitoramento constante e as manutenções foram de extrema importância para evitar perdas durante o processo, e ajudaram no aprimoramento das técnicas, como a substituição de materiais antigos por materiais mais versáteis.

Como recomendação ao proprietário, na medida do possível, segue a importância de realizar o cercamento da área, dar continuidade aos monitoramentos e manutenções dos barramentos. Quanto à recomposição natural da cobertura

vegetal, o plantio de mudas de árvores nativas é outra importante ferramenta que pode ser aplicada.

Espera-se que a presente pesquisa sirva como base para desenvolvimentos de novas práticas de restauração de áreas degradadas, além de ser subsídio para a construção Plano de Manejo da APA, tanto como referencial teórico e prático, como forma de divulgar práticas de sustentabilidade sendo desenvolvidas nas propriedades.

9. REFERÊNCIAS:

A CIDADE: município de Presidente Prudente. (2021). Disponível em: <<http://www.presidenteprudente.sp.gov.br/site/acidade.xhtml>>. Acesso em: 12 out. 2021.

AGUIAR, A. B. **O emprego do permeâmetro de guelph na determinação da permeabilidade do solo, de camadas de lixo e sua cobertura**. 2001. Tese (Doutorado de Eng. Civil) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 67p, 2001.

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. Gestão Ambiental de Áreas Degradadas. Rio de Janeiro. **Bertrand Brasil**, 5º ed. - 2010, 322p.

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

ASSINE, M. L; VESELY, F. F. Ambientes glaciais. **Ambientes de Sedimentação Siliciclástica do Brasil**. São Paulo: Ed. Beca, p. 24-51, 2008.

AZEVEDO, D. O papel da geografia no debate sobre o meio ambiente: superando dicotomias. **Geo Uerj**, Rio de Janeiro, n. 31, p. 456-473, 2017.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4ª. ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada**. 2001. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - IGCE/UNESP – Rio Claro, 2001.

BRASIL. **Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis no 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis no 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm>. Acesso em 09 Out 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Vulnerabilidade ambiental**: desastres naturais ou fenômenos induzidos, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC**: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002; Decreto nº 5.746, de 5 de abril de 2006. **Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas**: Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006 / Ministério do Meio Ambiente. – Brasília: MMA/SBF, 2011. 76 p.

BRISTRICHI, C. A. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: 1:1.000.000. São Paulo: IPT, vol. II, 1981.

BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v. 124, n. 1, p. 3–22, 2005.

CHAVES, T. A. et al. Recuperação de áreas degradadas por erosão no meio rural. **Embrapa Solos-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, Rio Rural: Niterói, 2012.

DURLO, M. A; SUTILI, F. J. **Bioengenharia: manejo biotécnico de cursos de água**. 3ª ed. Santa Maria, 2014. Disponível em: https://pagotto.files.wordpress.com/2018/02/livro_bioengenharia-manejo-biotecnico-de-cursos-de-agua.pdf. Acesso em: 23 de ago. 2021.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2009.

FUSHIMI, Melina. Vulnerabilidade Ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP. 2012. 141 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/96735>>.

FUSHIMI, M. NUNES, J. O. R. **Fragilidade ambiental dos solos à erosão linear em setores de pastagem: estudo de caso em parte dos municípios de Presidente Prudente, Marabá Paulista e Presidente Epitácio, região do extremo Oeste do estado de São Paulo**. Terra Livre, [S. l.], v. 1, n. 52, p. 662–694, 2019. Disponível em: <<https://publicacoes.agb.org.br/index.php/terralivre/article/view/1559>>. Acesso em: 3 ago. 2021.

FREIRE, O. **Solos das regiões tropicais**. 1ª Ed. Botucatu: FEPAF, 268 p., 2006.

GEOSOLUÇÕES. **Soluções para controle de erosão**. Disponível em: <<http://www.geosolucoes.com>> Acesso em: 3 ago. 2021.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R.G.M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 10ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

HEIRAS, A. C. et al. **Vazios Urbanos: Quadrilátero Central de Presidente Prudente – SP**. Colloquium Humanarum. Presidente Prudente, vol.11, n. Especial, p.261 – 268, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. População estimada, 2021. Disponível em:<cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/presidente-prudente/panorama>. Acesso em: 20 jun. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA –Manual Técnico da Vegetação Brasileira, Rio de Janeiro: **IBGE**, 2012, 1º ed. 271p. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=263011>> Acesso em: 20 jun. 2021.

KÄMPF, N.; CURI, N. Conceito de solo e sua evolução histórica. In: KER, J. C. et al. (Ed.). **Pedologia: fundamentos**. Viçosa: SBCS, 2015.

KERTZMAN et al. Mapa de erosão do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, v. 16, n. Especial, p. 31-36, 1995.

LEPSCH, I. F. Formação e conservação do solo. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010, 216 p.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2011, 312 p.

MACHADO, R. L.; DE RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C. Recuperação de voçorocas em áreas rurais. Seropédia: Embrapa, **Embrapa Agrobiologia**, p. 1-63, 2006.

MATHIAS, D. T.; CUNHA, C. M. L. Propostas de dispositivos em bioengenharia para contenção erosiva e recuperação de áreas peri-urbanas degradadas. **Geografia**, Rio Claro, v. 38, n. 1, p. 157-173, 2013.

MATHIAS, D. T. **Propostas de recuperação de áreas peri-urbanas erodidas com base em parâmetros hidrológicos e geomorfológicos: Córrego Tucunzinho (São Pedro/SP)**. 2017. Dissertação de mestrado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/95640>> Acesso em: 20 jun. 2021.

MORAES, G. Técnicas de bioengenharia aplicadas a recuperação de área degradada: um estudo do distrito de Nova Londrina. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso - Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, 2021.

MOREIRA, E. S. **Elaboração de bases cartográficas como subsídio para implantação de projetos de recuperação de áreas degradadas na área de proteção ambiental de uso sustentável do Timburi, município de Presidente Prudente-SP**. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2021. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/210888>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

MOREIRA, E. S. et al. **Análise da ocorrência de feições erosivas lineares na Área de Proteção Ambiental (APA) do Timburi, Presidente Prudente (SP)**. **Geografia**, Rio Claro, v. 45, n. 1, p. 163-184, jan./jun. 2020. Disponível em: <<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/15397/11798>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

MOREIRA, E. V.; HESPANHOL, R. A. M. As mudanças e as permanências nos Bairros Rurais do Município de Presidente Prudente/SP. *In*: XIV Encontro Nacional de Geógrafos: A Geografia e a Amazônia no contexto latino-americano - diálogos, práticas e percursos, 2006, Rio Branco/AC. **XIV Encontro Nacional de Geógrafos: A Geografia e a Amazônia no contexto latino-americano - diálogos, práticas e percursos**. Rio Branco/AC: AGB Nacional, v. 01, 2006.

MIYAZAKI, L. C. P. Depósitos tecnogênicos: uma nova perspectiva de leitura geográfica. **Quaternary and Environmental Geosciences**, Curitiba, v. 5, n. 2, 2014.

NETO, L. F. S. **Pedogênese e matéria orgânica de solos hidromórficos da Região Metropolitana de Porto Alegre**. 2010. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo. Rio Grande do Sul, 2010.

NUNES, J. O. R et al. **Recuperação de áreas degradadas da área de proteção ambiental de uso sustentável no Timburi, município de Presidente Prudente - SP**. Presidente Prudente: FAPESP, 2021.

NUNES, J. O. R. **Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada a escolha de áreas para construção de aterro sanitário em Presidente Prudente-SP**. Tese (Doutorado em Geografia), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, 2002.

OLIVEIRA, J. B. de. Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 112 p.

PIRATELLI, A. J. FRANCISCO, M. R. **Conservação da Biodiversidade: Dos Conceitos às ações**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2013, 272 p.

PRESIDENTE PRUDENTE. **Lei Complementar Municipal Nº 235**, de fevereiro de 2019. Cria a Área de Proteção Ambiental do Timburi. Presidente Prudente, 2019.

PRIMAVESI, A. M. **Manual do solo vivo**: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio. 2. ed. São Paulo/SP: Expressão Popular, 2016, 205 p.

REYNOLDS, W. D.; ELRICK, D. E.; TOPP, G. C. **A reexamination of the constant head well permeameter method for measuring saturated hydraulic conductivity above the water table**. 1983. Soil Science, v. 136, n.4, p.250-268

RIMES, L. A. G; MIGUEZ, M. G; AVELAR, A. S. **Ensaio de Permeabilidade Para Sistemas de Drenagem Sustentável**. In: X Encontro Nacional de Águas Urbanas, 2014, São Paulo. Águas Urbanas: Um tema multidisciplinar, São Paulo, ENAU. 2014.

RODRIGUEZ, T. T. et al. **Permeabilidade de solo laterítico por diferentes métodos**. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 36, n. 2, p. 17-32, 2015.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010, 26 p.

SANTOS, H. G. *et al.* **Árvore do conhecimento solos tropicais**: neossolos regolíticos. Neossolos Regolíticos. Ageitec – Embrapa, 2013. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xhp02wx5ok0liq1mq4c4en9.html. Acesso em: 12 out. 2021.

SANTOS, F. A. S. et al. Dinâmica do carbono orgânico de solos sob pastagens em Campos de Murundus. **Scientia Agrária**. Curitiba, v. 18, n. 2, p. 43-53, 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/995/99551919005.pdf>. Acesso em: 10 out. 2021.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018, 356 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1094003> Acesso em: 08 out. 2021.

SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J. **Saturação por bases**. Brasília: Embrapa, s.d. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_21_2212200611544.html. Acesso em? 10 out. 2021.

SANTOS, H. L.; VASCONCELLOS, C. A. Determinação do número de amostras de solo para análise química em diferentes condições de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. São Paulo, v 11, n 2, pg. 97-100, 1987.

SILVA, M. O. et al. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/13360/11223>. Acesso em 07 out. 2021.

SILVA, S. B. Análise química de solos. Belém: **FCAP**, v. 11, p. 01-41, 1991.

SILVA et al. **Importância em se conhecer o tipo de solo e as particularidades da adubação em áreas de cerrado**. In: SILVA et al. (org.). Sistema de informações para planejamento florestal no cerrado brasileiro. Piracicaba: ESALQ/USP, 2021. v. II, cap. 3, p. 30-43.

SOIL SURVEY STAFF. **Soil survey manual**. United States: Department of Agriculture, 1951 (Handbook 18).

SOUTO, R. D. O papel da geografia em face da crise ambiental. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 30, n. 87, p. 197-212, 2016.

SOLERA, M. L. et al. Bioengenharia de solos: aplicabilidade na recuperação de áreas mineradas e na oferta de serviços ambientais. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, n. 34, p. 46-59, 2014

SUERTEGARAY, D. M. A. (Org.). **Terra: feições ilustradas**. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2008.

SUERTEGARAY, D. M. A., NUNES J. O. R. A natureza da Geografia Física na Geografia. **Revista Terra Livre**, n. 17, 2º semestre, São Paulo, 2001. 11-23 p. Disponível em: <http://www.agb.org.br/files/TL_N17.pdf> Acessado em 11 de maio 2021.

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

TAKENAGA, F. R.; RIBEIRO, K. L.; FERNANDES, M. A. **Determinação da Condutividade Hidráulica Saturada de Solo Por Meio do Permeâmetro Guelph**. In: XI EPCC - Encontro Internacional de Produção Científica. Evento Online, 2019. Anais do XI EPCC - Encontro Internacional de Produção Científica, Evento Online. Editora: UNIVERSIDADE CESUMAR, 2019.

TEIXEIRA, P. C. et al. Manual de métodos de análise de solo. **Brasília: Embrapa**, p. 573, 2017.

VERDUM, R.; VIEIRA, C. L.; CANEPPELE, J. C. G. **Métodos e técnicas para o controle da erosão e conservação do solo**. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2016. 50 p.