UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Presidente Prudente

MARCOS VINÍCIUS DE SOUZA

JOÃO VICTOR ARIAS

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS DE BIOENGENHARIA PARA CONTENÇÃO DE EROSÃO HÍDRICA NO SÍTIO "SÃO JOSÉ", MUNICÍPIO DE CAIABU – SP

PRESIDENTE PRUDENTE

2022

MARCOS VINÍCIUS DE SOUZA
JOÃO VICTOR ARIAS

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS DE BIOENGENHARIA PARA CONTENÇÃO DE EROSÃO HÍDRICA NO SÍTIO "SÃO JOSÉ", MUNICÍPIO DE CAIABU – SP

Trabalho de graduação apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual Paulista – Presidente Prudente

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

Souza, Marcos Vinícius de.
S717a Aplicação de técnicas alternativas de bioengenharia para contenção de erosão hídrica no sítio "São José", município de Caiabu - SP / Marcos Vinícius de Souza, João Victor Arias. - 2022
153 f. : il.

Orientador: João Osvaldo Rodrigues Nunes
Trabalho de conclusão (bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2022
Inclui bibliografia

1. Engenharia ambiental. 2. Solos. 3. Erosão. 4. Bioengenharia. I. Arias, João Victor. 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

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Presidente Prudente

TERMO DE APROVAÇÃO

João Victor Arias
Marcos Vinicius de Souza

"APLICAÇÃO DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS DE BIOENGENHARIA PARA CONTENÇÃO DE EROSÃO HÍDRICA NO SÍTIO "SÃO JOSÉ", MUNICÍPIO DE CAIABU – SP"

Trabalho de graduação aprovado como um dos requisitos parciais para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Faculdade de Ciências e Tecnologia, *campus* de Presidente Prudente – SP, pela seguinte banca examinadora:



Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes (Orientador)

VIDEOCONFERÊNCIA

Prof. Dr. Edson Luís Piroli

VIDEOCONFERÊNCIA

Prof. Dr. Leonardo da Silva Thomazini

Presidente Prudente, 03 de fevereiro de 2022.

Faculdade de Ciências e Tecnologia
Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental
Rua Roberto Simonsen, 305 CEP 19060-900 Presidente Prudente SP
Tel 18 3229-5423

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos familiares, principalmente aos nossos pais, que sempre ofereceram apoio incondicional, sem eles nada disso seria possível.

Ao senhor Florindo Arias, gostaríamos de prestar nossos agradecimentos pois nos confiou uma área no sítio São José para realizarmos o trabalho, sempre nos ofereceu todo apoio necessário para realização das pesquisas em campo.

Também somos muito gratos ao João Osvaldo, nosso orientador, pela parceria, companheirismo e por sempre nos oferecer todo o auxílio que precisávamos ao longo da caminhada, muito obrigado por ser o mentor que é.

Gostaríamos também de prestar agradecimentos à algumas pessoas que foram fundamentais para nosso desenvolvimento, principalmente do ponto de vista de trazer novos conhecimentos. Ao Leonardo Thomazini, que foi fundamental para nos auxiliar na realização de alguns dos mais importantes produtos cartográficos presentes neste trabalho e também por prestar o apoio em campo, sendo sempre muito solícito. À Fátima Costa, com quem firmamos uma parceria de muito aprendizado e que ao longo de todo o desenvolvimento desta pesquisa esteve nos auxiliando com a escrita e com a obtenção e tratamento dos dados. Ao Alessandro que sempre esteve disponível para sanarmos dúvidas, propor novos caminhos e soluções. Ao Victor, técnico do laboratório de solos que se tornou um parceiro, obrigado por todo auxílio, ensinamentos, conversas jogadas foras e momentos agradáveis no laboratório. À Tamae, da seção técnica de graduação, que foi sempre muito proativa ao nos prestar auxílio quando requisitado, nos orientando a respeito de diversos procedimentos a serem realizados.

Não podíamos deixar de expressar também nossa gratidão ao Matheus Horácio, nosso colega e amigo, que sempre nos apoiou grandemente e nos mostrou uma direção para seguir ao longo desta jornada, seja nos trabalhos de campo, na pesquisa em geral e até mesmo na graduação.

Obrigado às instituições de incentivo à pesquisa, CNPQ e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) - processo: 2020/05948-6. Ambas instituições nos deram apoio financeiro e nos estimularam a chegar mais longe em nossos trabalhos.

Por fim, muito obrigado a todos os amigos que foram pilar ao longo deste período. Somos muito gratos por todo apoio, carinho e companheirismo, sem vocês não chegaríamos até aqui, levaremos cada um de vocês no coração para a vida toda.

RESUMO

O Oeste Paulista sofreu ao longo das décadas um acentuado processo de desmatamento. Esse processo ocorreu no início do século XX através da implementação de cultivos agrícolas, principalmente o café, em detrimento da preservação das áreas nativas de Mata Atlântica. A ocupação se alastrou sem que houvesse um planejamento e manejo adequado do solo, o que culminou em diversos problemas de erosão que resultaram na diminuição de produtividade agrícola e o assoreaento de cursos d'água. A presente monografia descreve as atividades efetuadas em um período de 3 anos e 3 meses no "Sítio São José". Nesse sentido, foram realizados trabalhos de levantamento bibliográfico e sistematização de informações, visando estudar os aspectos históricos e socioeconomicos, bem como a caracterização geológica, geomorfológica, pedológica e climática da área de estudo. Implementou-se metodologias para análise física do solo (textura, morfologia e densidade do solo), técnicas alternativas de bioengenharia adaptadas, o monitoramento temporal da ravina, ensaio de permeabilidade e análise química do solo. A história da região indica que o solo sofreu grande influência negativa dos processos de ocupação e que este cenário está intrinsicamente relacionado à frequente ocorrência dos processos erosivos. Para auxiliar no entendimento da área, utilizou-se softwares de Sistema Informação Geográfica (SIG) que nos evidenciou como as dinâmicas da sociedade sobre a natureza contribuiram para a degradação do solo. As análises dos perfis amostrais, que incluiram análise textural, morfológica e de densidade do solo, associada ao ensaio de permeabilidade indica que se trata de um solo arenoso, pouco desenvolvido, com baixa capacidade de formar agregados e permeabilidade lenta. Quanto à análise química, destaca-se que o solo apresentou um ph mediano que em geral está associado a uma baixa propensão de reter bases (Ca^{2+}, Mg^{+2} e K^{+2}), e os valores de fósforo abaixo do esperado, podendo este fato estar associado à prática da pecuária na área, o que leva a perda de produção de massa seca, parte aérea, área foliar e radicular. Em relação a instalação das estruturas de bioengenharia na área experimental, mesmo nos meses de maior pluviosidade (novembro a fevereiro), não ocorreram expansão dos focos erosivos. Isto mostra a eficácia das técnicas implantadas, seja na quebra da energia cinética gerada pelo escoamento superficial concentrado ao longo das vertentes sem cobertura vegetal, bem como na contenção dos sedimentos e materiais que se depositaram a montante dos barramentos. Isto possibilitou o crescimento das gramíneas a montante e a jusante dos barramentos. Sem as paliçadas de bambus e as mantas sombrites de polietileno, a tendência nos períodos de maior pluviosidade (novembro a fevereiro) seria o aumento do potencial e expansão dos focos erosivos.

Palavras chaves: solos; erosão; recuperação; bioengenharia; ambiente.

ABSTRACT

The West of São Paulo has suffered over the decades an accentuated process of deforestation. This process took place at the beginning of the 20th century through the implementation of agricultural crops, mainly coffee, to the detriment of the preservation of native areas of the Atlantic Forest. The occupation spread without adequate planning and management of the soil, which culminated in several erosion problems that resulted in a decrease in agricultural productivity and the silting of water courses. This report describes the activities carried out in a period of 3 years and 3 months at "Sítio São José". In this sense, bibliographic survey and information systematization work were carried out, aiming to study the historical and socioeconomic aspects, as well as the geological, geomorphological, pedological and climatic characterization of the study area. Methodologies were implemented for soil physical analysis (soil texture, morphology and density), adapted alternative bioengineering techniques, temporal monitoring of the ravine, permeability testing and soil chemical analysis. The history of the region indicates that the soil suffered a great negative influence from the occupation processes and that this scenario is intrinsically related to the frequent occurrence of erosive processes. To help understand the area, use the Geographic Information System (GIS) software that showed us how society's dynamics over nature contributed to soil degradation. The analysis of the sample profiles, which included textural, morphological and soil density analysis, associated with the permeability test, indicates that it is a sandy soil, poorly developed, with low capacity to form aggregates and slow permeability. As for the chemical analysis, it is noteworthy that the soil had a median pH that is generally associated with a low propensity to retain bases (Ca2+, Mg+2 and K+2), and the phosphorus values were lower than expected, which may be associated with the practice of livestock in the area, which leads to loss of production of dry mass, shoots, leaf and root area. Regarding the installation of bioengineering structures in the experimental area, even in the months of higher rainfall (November to February), there was no expansion of erosive foci. This shows the effectiveness of the techniques implemented, either in breaking the kinetic energy generated by the surface runoff concentrated along the slopes without vegetation cover, as well as in the containment of sediments and materials that were deposited upstream of the dams. This allowed the growth of grasses upstream and downstream of the dams. Without the bamboo palisades and the polyethylene shade blankets, the tendency in the periods of greater rainfall (November to February) would be an increase in the potential and expansion of erosive foci. For all this, it appears that the natural conditions associated with anthropic action and economic and social factors, have contributed to the current situation of degradation that is installed in the area.

Keywords: soils; erosion; recovery; bioengineering; environment

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo no município de Caiabu/SP. 19
Figura 2: Classes de uso da terra no município de Caiabu entre os anos de 1989 e 2019. 24
Figura 3: Disposição das classes de uso e cobertura da terra no município de Caiabu no ano de 1989. 26
Figura 4: Disposição das classes de uso e cobertura da terra no município de Caiabu no ano de 1999. 27
Figura 5: Disposição das classes de uso e cobertura da terra no município de Caiabu no ano de 2009. 28
Figura 6: Disposição das classes de uso e cobertura da terra no município de Caiabu no ano de 2019. 29
Figura 7: Formações geológicas da porção oeste do estado de São Paulo. 31
Figura 8: Geomorfológia da porção oeste do estado de São Paulo. 33
Figura 9: Principais classes de solo ocorrentes na porção oeste do estado de São Paulo. 34
Figura 10: Formações vegetais originais da porção oeste do estado de São Paulo. 37
Figura 11: Valores médios mensais de temperatura (ºC) e precipitação (mm) para o município de Euclides da Cunha - SP (1950-2008). 38
Figura 12: Localização da bacia do rio do Peixe. 40
Figura 13: Mapa de localização da microbacia hidrodráfica pluvial da área de estudo. 41
Figura 14: Efeito “splash” (ou salpicamento). 42
Figura 15: Erosão laminar. 43
Figura 16: Erosão em estágio de sulcos. 44
Figura 17: Processo de ravinamento na área de estudo. 45
Figura 18: Erosão em estágio de voçoroca. 46
Figura 19: As perdas por erosão de um mesmo tipo de solo variam em intensidade de acordo com o uso da terra. 50
Figura 20: Exemplo de uma esquematização da Carta de Cores Munsell para Solos. 54
Figura 21: Separação das amostras em laboratório. 62
Figura 22: Amostra 1 seca, peneirada e destorroada 63
Figura 23: Coleta de solo utilizando anel volumétrico. 67
Figura 24: Simbologia utilizada na carta geomorfológica. 68
Figura 25: Construção da carta hipsométrica através do MDE. 69

Figura 26: Construção da carta de declividade. 70
Figura 27: Fluxograma exemplificativo dos procedimentos. 71
Figura 28: Construção da carta da concentração de escoamento superficial. 72
Figura 29: Rampa de cores dos pixels. 72
Figura 30: Utilização do GPS de navegação da marca Garmin em campo. 73
Figura 31: Procedimento utilizando a calculadora de campo para calcular a área referente ao tipo de uso. 74
Figura 32: Utilização do trator para o transporte dos bambus. 75
Figura 33: Representação da trajetória para o transporte dos bambus. 75
Figura 34: Montagem dos barramentos de bambu. 76
Figura 35: Instalação dos sacos de rafia e do sombrite. 77
Figura 36: Monitoramento da ravina. 78
Figura 37: Perfil da instalação dos pinos. 79
Figura 38: Marcação dos pinos. 79
Figura 39: Pinos de instalação da ravina. 80
Figura 40: Instalação das estacas. 80
Figura 41: Estacas instaladas. 81
Figura 42: Pontos de instalação das estacas. 81
Figura 43: Carta temática exemplificando os pontos de coleta das amostras. 82
Figura 44: Utilização de trado para furar ponto de instalação do Permeâmetro de Guelph. 83
Figura 45: Ensaio de permeabilidade utilizando o Permeâmetro de Guelph. 84
Figura 46: Manutenção dos barramentos em fev. 2021. 86
Figura 47: Cerca confeccionada para isolamento da área. 86
Figura 48: Área cercada. 87
Figura 49: Sulcos e ravinas encontradas no Sítio São José. 88
Figura 50: A intervenção da pecuária na área de estudo. 88
Figura 51: Afloramento dos arenitos das rochas sedimentares da Formação Adamantina. 89
Figura 52: Rio do Peixe. 89
Figura 53: Extração de areia do rio do Peixe. 90
Figura 54: Carta geomorfológica da área estudada. 92
Figura 55: Carta hipsométrica da microbacia hidrográfica pluvial. 93
Figura 56: A seta vermelha indica o setor com os barramentos. 94
Figura 57: Carta de declividade. 95
Figura 58: Carta de concentração de escoamento superficial. 96

Figura 59: Uso da terra sítio São José. 97
Figura 60: Carta de uso da terra. 98
Figura 61: Comparação entre o uso da terra entre o ano de 2002 e 2019 no sítio São José..... 98
Figura 62: Horizontes amostrados do perfil 1. 100
Figura 63: Resultados para areia, silte e argila para o perfil 1. 102
Figura 64: Horizontes amostrados do perfil 2. 105
Figura 65: Resultados para areia, silte e argila para o perfil 2. 108
Figura 66: Horizontes amostrados do perfil 3. 109
Figura 67: Resultados para areia, silte e argila para o perfil 3. 111
Figura 68: Classificação das amostras quanto ao diagrama textural. 112
Figura 69: Posicionamento dos conjuntos de barramentos. 113
Figura 70: Conjunto 1 dos barramentos em ago. 2019. 114
Figura 71: Situação do conjunto 1 dos barramentos em ago. 2020. As setas vermelhas indicam a concetração do escoamento superficial de água. 115
Figura 72: Instalação dos sacos de ráfia em ago. 2020. 115
Figura 73: Instalação da tela de "sombrite" em out. 2020. 116
Figura 74: barramentos 1, 2 e 3 após a instalação dos sombrites. 116
Figura 75: Instalação dos barramentos 4 e 5, em ago. 2020. 117
Figura 76: Instalação dos barramentos 6 e 7, em ago. 2020. 117
Figura 77: Visão dos barramentos 4 e 5 de dentro da ravina. 118
Figura 78: Barramento 4 antes dos sacos serem retirados pelo gado em ago. 2020. 119
Figura 79: Barramento 4 depois dos sacos serem retirados pelo gado em out. 2020. 119
Figura 80: barramentos 4 e 5 com sombrites instalados. 120
Figura 81: barramentos 6 e 7 com sombrites instalados. 120
Figura 82: Conjunto 3 de barramentos instalados em out. 2020. 121
Figura 83: Barramento 13 com o sombrite utilizado em hortas, em out. 2020. 122
Figura 84: Barramentos com sombrites instalados. 122
Figura 85: Curva de nível – 23 de nov. de 2020. 123
Figura 86: Implementação dos sacos de ráfia, 14 de dez. 2020. 124
Figura 87: Implementação dos sacos de ráfia, 14 de dez. 2020. 124
Figura 88: Retenção de sedimento do barramento 10 - 14 de dez. de 2020. 125
Figura 89: Barramento 8 – 13, fev. 2021. 125
Figura 90: Barramento 9 – 13, fev. 2021. 126
Figura 91: Barramento 1 – 13, fev. 2021. 126

Figura 92: Barramento 13 – 13, fev. 2021. 127
Figura 93: Regeneração da vegetação no local. 127
Figura 94: Presença do gado na área – 13, fev. 128
Figura 95: Vestígio do gado na área – 13, fev. 128
Figura 96: Reparo realizado no barramento 3 utilizando arame e bambu em jul. 2021. 129
Figura 97: Barramento 2 em jul. 2021. 130
Figura 98: Barramento 1 em jul. 2021. 130
Figura 99: Barramentos 4 e 5 em jul. 2021. 131
Figura 100: Barramentos 6 e 7 em jul. 2021. 131
Figura 101: Barramento 8 em jul. 2021. 132
Figura 102: Barramento 12 em jul. 2021. 132
Figura 103: Barramento 9 em jul. 2021. 133
Figura 104: Barramento 10 em jul. 2021. 133
Figura 105: Barramento 10 em jul. 2021. 134
Figura 106: Barramentos 1, 2 e 3 no dia 14/12/2021. 135
Figura 107: Barramentos 4 e 5 no dia 14/12/2021. 135
Figura 108: Barramento 7 no dia 14/12/2021. 136
Figura 109: Barramento 10 e 11 no dia 14/12/2021. 136
Figura 110: Barramento 7 e 9 no dia 14/12/2021. 137
Figura 111: Barramento 8 no dia 14/12/2021. 137
Figura 112: Barramento 8 no dia 14/12/2021. 138
Figura 113: Estacas que apresentaram resultados com relação a distância da borda da ravina – 14 dez. 2020. As estacas na cor rocha foram as que apresentaram resultado. 139
Figura 114: Quedas de blocos nas bordas da ravina. 139
Figura 115: Estacas que apresentaram resultados com relação a distância da borda da ravina – 15 jan. 2021. 142
Figura 116: Estacas que apresentaram resultados com relação a distância da borda da ravina – 13 fev. 2021. 143
Figura 117: Quedas de bloco. 143

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Efeito do tipo de cultura anual sobre as perdas por erosão e a quantidade de terra arrastada. 52
Tabela 2: Tempo de sedimentação para a pipetagem. 65
Tabela 3: Valores típicos do coeficiente de permeabilidade. 85
Tabela 4: Classes de ocupação e suas áreas ocupadas 96
Tabela 5: Densidade dos horizontes amostrais do perfil 1. 103
Tabela 6: Densidade dos horizontes amostrais do perfil 2 108
Tabela 7: Densidade dos horizontes amostrais do perfil 3. 112
Tabela 8: Dimensões dos barramentos do conjunto 1. 114
Tabela 9: Dimensão dos barramentos do conjunto 2. 118
Tabela 10: Dimensão dos barramentos do conjunto 3. 121
Tabela 11: Coordenadas e distância da instalação dos pinos. 140
Tabela 12: Acompanhamento dos pinos – 14 de dez. 2020. 141
Tabela 13: Acompanhamento dos pinos – 15 de jan. 2021. 142
Tabela 14: Acompanhamento dos pinos – 13 de fev. 2021. 144
Tabela 15: Resultado da análise química. 144
Tabela 16:Resultados obtidos para coluna com altura de 5 cm de água no reservatório. 145
Tabela 17: Resultados obtidos para coluna com altura de 10 cm de água no reservatório. 146

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Posição de Caiabu em relação aos demais munícipios do estado de SP. 23
Quadro 2: Subordens e Regiões dos Argissolos. 36
Quadro 3: Descrição da consistência do solo quando seco. 59
Quadro 4: Descrição da consistência do solo quando úmido. 59
Quadro 5: Descrição da consistência do solo quando molhado. 60
Quadro 6: Resultados das análises morfológicas em campo do perfil 1. 101
Quadro 7: Resultados das análises morfológicas em campo do perfil 2. 106
Quadro 8: Resultados das análises morfológicas em campo do perfil 3. 110

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 18

2. OBJETIVOS 19

2.1. Objetivos específicos 19

3. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO 20

3.1. História da ocupação do Oeste Paulista 20

3.2. A ocupação do município de Caiabu 21

3.3. Os fatores históricos, econômicos e sociais como agentes influenciadoresdos processos erosivos 24

3.4. Caracterização geológica 30

3.5. Caracterização geomorfológica 32

3.6. Caracterização pedológica 33

3.7. Caracterização da cobertura vegetal 36

3.8. Caracterização climática 37

3.9. Caracterização da microbacia hidrográfica pluvial 41

3.10. Processos erosivos 41

3.10.1. Erosão laminar ou em lençol 43

3.10.2. Erosão linear 44

3.10.3. Fatores causadores 47

4. MATERIAIS E MÉTODOS 53

4.1. Análise da morfologia das amostras de solos 53

4.1.1. Cor 53

4.1.2. Textura 55

4.1.3. Estrutura 55

4.1.4. Porosidade 57

4.1.5. Cerosidade 57

4.1.6. Consistência 58

4.1.7. Coesão 61

4.2. Atividades realizadas em laboratório 61

4.2.1. Separação das amostras 61

4.2.2. Secagem, destorroamento e peneiramento das amostras 62

4.2.3. Análise granulométrica 63

4.2.4. Densidade do solo 66

4.3. Elaboração de mapas temáticos com software de SIG 67

4.3.1. Construção da carta geomorfológica 67

4.3.2. Carta hipsométrica 69

4.3.3. Carta de declividade 70

4.3.4. Construção da carta de concentração do escoamento superficial. 70

4.3.5. Carta de uso da terra 72

4.4. Aplicação da técnica de paliçada 74

4.5. Monitoramento da ravina 77

4.6. Análise química das amostras de solo 82

4.7. Permeabilidade do Solo 82

4.8. Cercamento da área 85

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 87

5.1. O sítio São José 87

5.1.1. Carta geomorfológica 90

5.1.2. Carta hipsométrica 93

5.1.3. Carta de declividade 94

5.1.4. Carta concentração do escoamento superficial 95

5.1.5. Carta de uso da terra 96

5.2. Caracterização dos perfis amostrais de solo 99

5.2.1. Perfil amostral 1 99

5.2.2. Perfil amostral 2 104

5.2.3. Perfil amostral 3 108

5.2.4. Classificação quanto ao diagrama textural 112

5.3. Aplicação da técnica de bioengenharia 113

5.3.1. Conjunto 1 de barramentos 113

5.3.2. Conjunto 2 de barramentos. 117

5.3.3. Conjunto 3 de barramentos 120

5.4. Monitoramento e manutenção dos barramentos 123

5.4.1. Monitoramento das estacas para avaliação do avanço dos processos erosivos 138

5.5. Análise química 144

5.6. Permeabilidade do solo 145

6. CONCLUSÃO 147

7. REFERÊNCIAS 149

1. INTRODUÇÃO

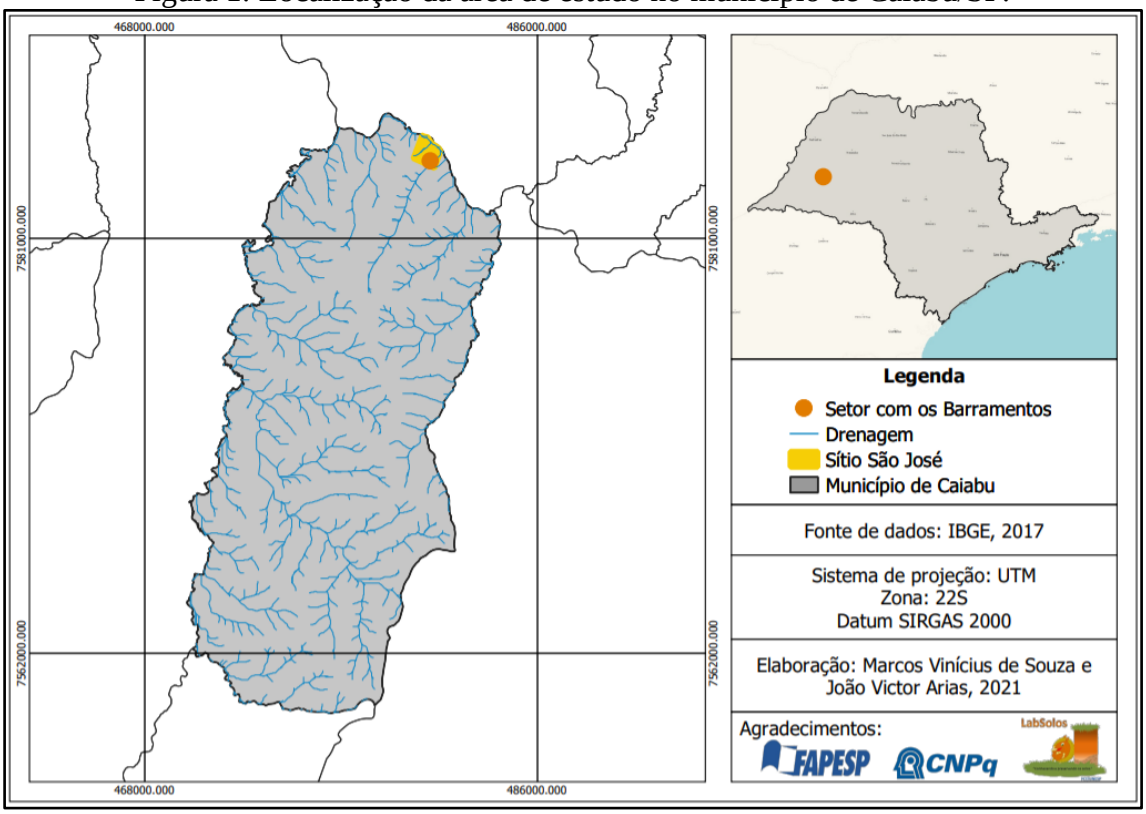
O solo, por ser um recurso natural essencial para a vida, tem um grande valor econômico, social e ambiental. Todavia, usá-lo indiscriminadamente, sem o manejo adequado, implica na degradação do mesmo, o que pode comprometer não somente a produção agrícola, como também colocar em xeque a qualidade de vida da sociedade, a qual depende de forma direta ou indireta dele. Este trabalho abordado, principalmente, a degradação do solo a partir de processos erosivos, especialmente a erosão hídrica.

Nesse sentido, vale ressaltar que a erosão é um processo natural cuja ocorrência se dá pelo desprendimento, transporte e deposição de partículas de solo (LEPSCH, 2011). De acordo com Guerra e Jorge (2013), a erosão do solo não se trata apenas de um problema nas áreas onde ocorre o fenômeno, mas também causa assoreamentos e poluição onde os sedimentos se depositam. Apesar de se tratar de um processo natural, a interferência da sociedade, através da modificação geográfica em prol do desenvolvimento econômico e da expansão urbana, causou a intensificação desse processo (NETO, 1995). Segundo o Departamento de Águas e Energia Elétrica (1990), estima-se em cerca de três mil as voçorocas em território paulista.

Os processos erosivos instalados na região do Oeste Paulista não se trata apenas de um fenômeno físico, mas também envolve questões sociais e econômicas, como já apontado. Neste sentido, este trabalho tem por finalidade entender os processos históricos, econômicos e sociais, associados aos aspectos físicos relacionados às dinâmicas do solo, além de aplicar técnica de bioengenharia para a contenção dos processos erosivos ocorrentes na área de estudo.

O sítio São José está situado na região do Oeste Paulista, localizando-se no município de Caiabu/SP, entre as coordenadas geográficas: 22º 00’44” Sul e 51º14’58” Oeste (Figura 1). Nesta região, a substituição de matas nativas por cultivos agrícolas – principalmente o café e o algodão – ocorreu de forma rápida e em larga escala (MONBEIG, 1984). Esse cenário contribuiu para que houvesse o surgimento de diversos processos erosivos ao longo do tempo. Consequentemente, atualmente, é comum encontrar áreas com erosões em estágio avançado.

Figura 1: Localização da área de estudo no município de Caiabu/SP.



Fonte: IBGE (2017), organizado por autores (2021).

2. OBJETIVOS

Compreender os processos históricos, econômicos e sociais, relacionando-os aos aspectos físicos e ás dinâmicas do solo, além de implementar técnicas de bioengenharia para recuperação de focos erosivos lineares em uma propriedade rural situada no município de Caiabu/SP.

2.1. Objetivos específicos

- Compreender os fatores históricos, econômicos e sociais responsáveis pela degradação dos solos da região do município de Caiabu;
- Desenvolver produtos cartográficos para auxíliar a compreensão das dinâmicas atuantes na área;
- Caracterizar o tipo de solo predominante ao longo da erosão hídrica na área de estudo, através da coleta e análise das características físicas (textura, morfologia, densidade e permeabilidade) e químicas das amostras de solo;
- Implementar técnica de bioengenharia para a contenção de processos erosivos.

3. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

3.1. História da ocupação do Oeste Paulista

Os grandes precursores do Oeste Paulista foram os povos indígenas. Antes da ocupação pelos mineiros, na segunda metade do século XIX, os indígenas já praticavam a queima da mata com o intuito de aproveitar o solo e os recursos que a natureza oferecia como parte de sua cultura (MONBEIG, 1984; SOUSA, 2008). De acordo com Monbeig (1984), era comum que fazendeiros, ao entrarem nas matas dos planaltos ocidentais, se deparassem com grupos indígenas ocupando os espaços de forma fixa, tirando proveito dos ciclos naturais para sobrevivência. Essa era uma forma de os indígenas manterem sua cultura e se apropriarem dos territórios os quais estavam em disputa contra as ocupações mineiras. De acordo com Sousa (2008), quase sempre os contatos entre índios e brancos eram violentos. Isso fica ainda mais evidente quando, por volta dos anos de 1890 e 1900, surge a figura do bugreiro (denominação dada aos caçadores de índios), marcando o início de conflitos mais sangrentos ocasionando a perda de força por parte da frente de resistência indígena (MONBEIG, 1984).

A já frágil resistência dos índios tem seu fim definitivo com a construção da estrada de ferro Bauru-Mato Grosso. Com isso, a marcha pioneira desmantelou os povos indígenas e os subjugou. Assim, os povos indígenas foram forçados a viver entre os brancos, quase sempre tendo sua força de trabalho explorada em troca de mantimentos. Dessa forma, esses povos foram perdendo sua cultura ao longo do tempo, sendo obrigados a viver de acordo com a cultura dos invasores (MONBEIG, 1984).

Conforme dito por Sousa (2008), os mineiros, por consequência do declínio do ciclo do ouro, foram o segundo conjunto de pessoas a ocupar o sertão paulista. Muitos deles, migravam para a região em busca de terras para o plantio de café. Foram os mineiros os responsáveis por acelerar cada vez mais a exploração do Oeste Paulista em meados do século XIX (MONBEIG, 1984). Apesar de grande parte dos mineiros realizarem a migração em busca de terras para o cultivo do café, havia grupos que estavam interessados em locais mais a oeste, onde havia terras maiores que poderiam ser utilizadas para viverem de acordo com os costumes de criadores (GIAVARA, 2016). Foram estes, liderados por José Teodoro de Sousa – munido de títulos que reconheciam seus direitos sobre as terras a serem exploradas pela expedição-, os que navegaram os afluentes do Paranapanema até encontrar o Vale do Rio do Peixe (MONBEIG, 1984).

Ainda como preconizado pelo autor, José Teodoro de Sousa tentou vender as terras

que lhe pertenciam. Contudo, apenas a partir da Guerra do Paraguai que os interessados começaram a aparecer de forma significativa. Assim, foram fundados os pequenos centros e iniciou-se a ocupação dos sertões do Paranapanema (SOUSA, 2008). No início, de acordo com Giavara (2016), os ocupantes da região eram pequenos agricultores, que cultivavam roças de milho, arroz, mandioca e criação de algumas cabeças de gado, porco ou outros animais. Nesse momento, a economia baseava-se numa lógica de excedente, onde se trocava produtos por trabalhos, ou por outros produtos e vice-versa (MONBEIG, 1984).

3.2. A ocupação do município de Caiabu

O território pertencente ao município de Caiabu passa a ser ocupado a partir da primeira metade do século XIX. Situado entre os rios Paraná, Paranapanema e Peixe, era habitado por povos indígenas Guaranis, Xavantes e Caingangues (CATI, 2011). Com o início da Guerra do Paraguai (1864), ocorreu um forte fluxo migratório para a região, a qual até o dado momento pertencia ao município de Regente Feijó. Contudo, a partir do ano de 1935, a vegetação nativa começa a ser retirada para a introdução do cultivo de algodão. Assim, formou-se o primeiro centro populacional, ao qual foi dado o nome de Santo Antônio. Nesse sentido, a exploração da terra seguiu-se em função da abertura de estradas e a incorporação de novas áreas cultiváveis em detrimento da preservação da vegetação nativa. Em 1944, Santo Antônio se torna o município de Caiabu (IBGE, s.d). Sendo que sua emancipação ocorreu no ano de 1953, e se deu por meio da Lei n. 2.456 de 30 de dezembro.

De acordo com a CATI (2011), a agropecuária, o setor de serviços e a indústria correspondem a 47%, 43% e 10% da economia, respectivamente. Quanto a agropecuária, a pecuária de corte e a produção de leite eram as atividades mais significativas. No entanto, a instalação de uma usina sucroalcooleira tem aberto espaço para lavouras de produção de cana-de-açúcar, que ganham cada vez mais espaço no campo, conforme aponta IBGE (2017). No ano de 1985, o total de hectares ocupados por lavouras temporárias era de 3.407 hectares, dos quais 2.362 hectares eram destinados às lavouras canavieiras. Em 2017, os resultados prévios do censo do IBGE1 mostraram que a cana ocupava uma área de 6.089 hectares dos 6.677 hectares ocupados por lavouras temporárias. O motivo deste grande aumento da demanda por cana-de-açúcar se deu, sobretudo, devido a criação dos programas PROÁLCOOL e PRÓ-OESTE. O Programa Nacional do Álcool surgiu como uma solução para aumentar a capacidade produtiva de lavouras agroenergéticas e a substituição da gasolina por álcool. Nesse cenário, através do Plano de Desenvolvimento do Oeste do Estado de São Paulo, houve um aumento de 318,7 %

da área ocupada com lavouras de cana-de-açúcar no Estado entre 1975/1976 e 1985/1986 (BRAY et al., 2000).

Em conversa com o proprietário do Sítio São José, foi relatado que em um passado recente realizava-se o cultivo de batata doce, milho e amendoim. Ainda mais, o sitiante afirma que a área não foi utilizada para o cultivo de cana-de-açúcar, apesar de a prática ser comum na região.

Como visto, o município de Caiabu está na região oeste do estado de São Paulo, no Pontal do Paranapanema, composto por 32 municípios, apresentando uma área de 18.392,16 km2, tendo uma população total de 583.703 habitantes, sendo 59.874 habitantes residentes na área rural (SDT e MDT, 2015).

No censo de 2010 do IBGE1, Caiabu possuía uma população de 4.072 habitantes e a densidade demográfica de 16,11 hab/km2, já no ano de 2019 estimava-se 4.191 habitantes. A área total do município, em 2018, é de 253,35 km2. Quanto ao quesito econômico, o PIB per capita levantado pelo IBGE no ano de 2017 foi de 14.390,13 reais e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal era de 0,72 (IBGE1, 2010).

A educação do município em relação ao IBGE1 (2010) constatou a escolarização da faixa etária que vai dos 6 aos 14 anos de 98,9%. Já em 2018 (IBGE1), o município apresentava 3 unidades de ensino fundamental, o número de alunos matriculados no ensino fundamental era de 376 e no ensino médio era de 117, sendo 31 docentes para o primeiro e 15 para o segundo, respectivamente.

O Quadro 1 apresenta a comparação do munícipio de Caiabu com os outros munícipios do estado de São Paulo (total de municípios de 645).

Quadro 1: Posição de Caiabu em relação aos demais munícipios do estado de SP.

	Referente a	**Números**	**Posição do município de Caiabu em relação aos outros municípios do estado de SP(total de municípios: 645)**	**Ano da comparação**
Trabalho e rendimento	Salário médio mensal	1,9 salários mínimos	531 de 645	2017
	Proporção de pessoas ocupadas em relação apopulação total	9,40%	623 de 645	2017
Saúde	Taxa de mortalidadeinfantil média	20.83 para 1.000 nascidos vivos	-	2017
	Internações devido a diarreias	1 para cada 1.000 habitantes	155 de 645	2016
Território e Ambiente	Domicílios com esgotamento sanitário adequado	75.3%	520 de 645	2010
	Domicílios urbanos em vias públicas com arborização	92.7%	367 de 645	2010
	Domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada(presença de bueiro, calçada, pavimentação emeio-fio)	7.8%	551 de 645	2010

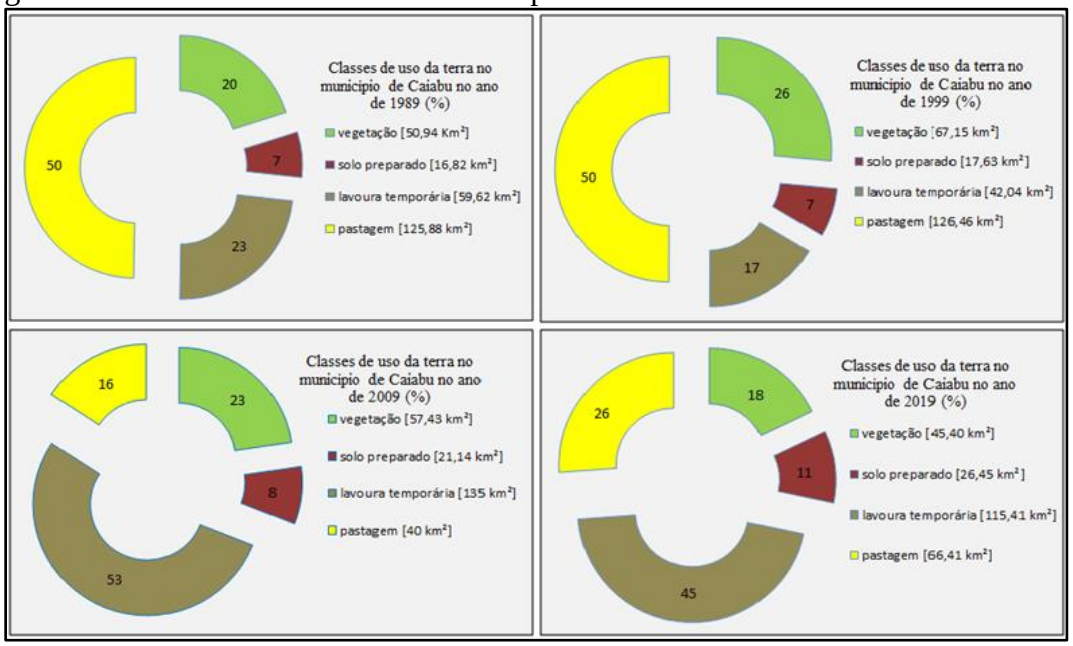
Fonte: IBGE (2010), organizado por Autores (2020).

3.3.Os fatores históricos, econômicos e sociais como agentes influenciadoresdos processos erosivos

A interação entre o homem e a natureza resultou em alterações da paisagem ao causar a intensificação dos processos de degradação dos recursos naturais e da qualidade de vida. O desmatamento é uma das práticas mais prejudiciais nesse sentido, pois altera as dinâmicas naturais, resultando em danos ao solo e aos recursos hídricos (PALMIERI; LARACH, 2000). Conforme Guerra e Marçal (2015), o mal uso da terra culmina em danos ambientais, os quais são prejudiciais em âmbito econômico, social e ambiental.

Assim, a área do município de Caiabu passou por uma intensa modificação de paisagem por razões econômicas. Em 1989, 50% do território do município era ocupado por pastagem, 23% por lavoura temporária, 20% por vegetação natural e 7% por solo preparado (COSTA, 2020). Após 10 anos – em 1999- a pastagem, as lavouras temporárias e a vegetação nativa ocupavam 50%, 17% e 26% da área, respectivamente. Em 2009, inicia-se o aumento das áreas ocupadas por lavouras temporárias em detrimento das pastagens que, nesse momento, representavam 16 e 53%, respectivamente. Por fim, em 2019, as lavouras temporárias eram a prática predominante em 45% das terras do município (Figura 2).

Figura 2: Classes de uso da terra no município de Caiabu entre os anos de 1989 e 2019.



Fonte: Organizado por Costa (2020).

Nas Figura 3, Figura 4, Figura 5 e Figura 6 é possível analisar as mudanças em relação às classes de uso da terra no município de Caiabu.

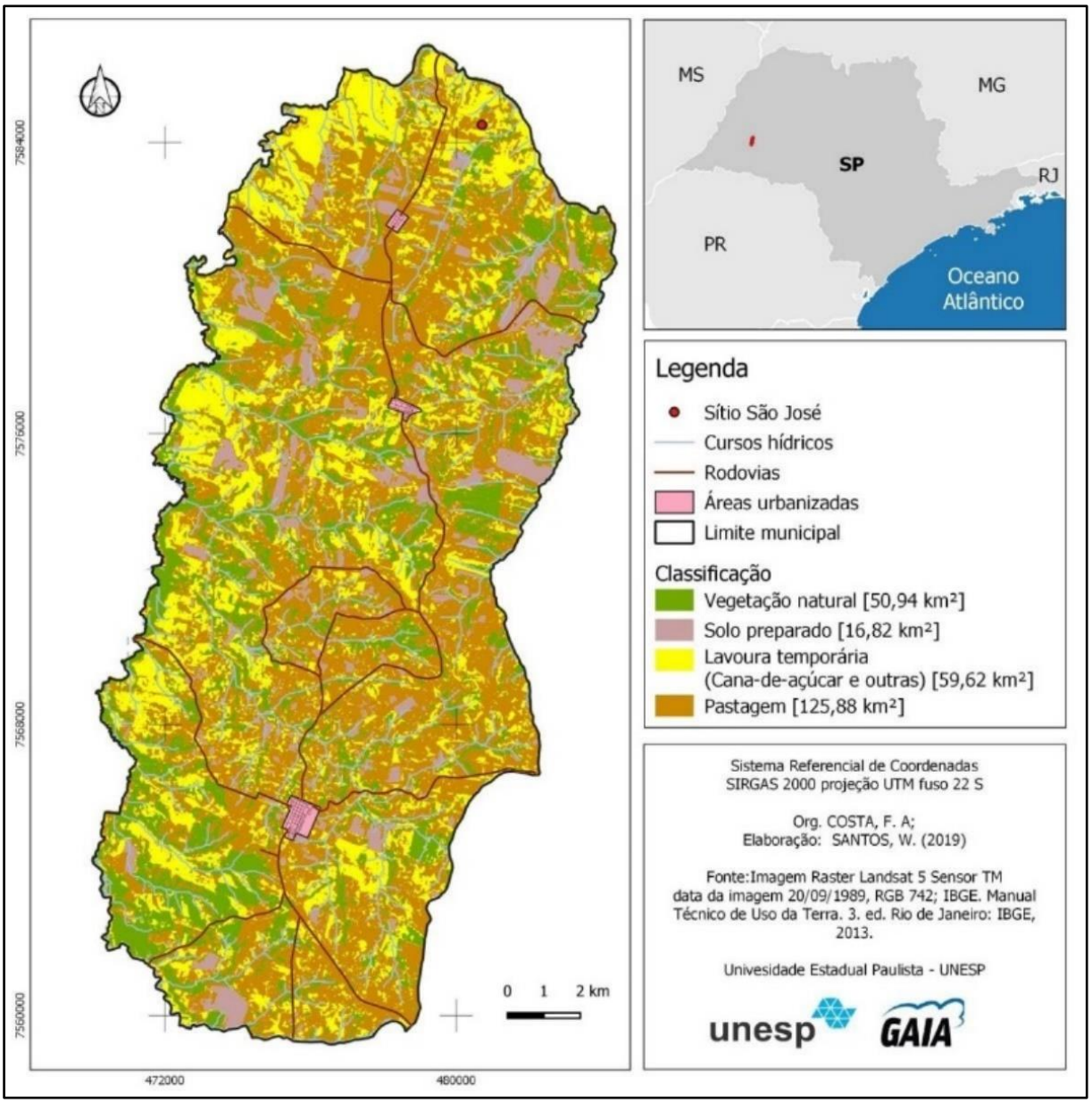
Posto que a ocupação e o desenvolvimento da sociedade na área foi um fator de alteração do meio físico, pode-se dizer que o quadro de degradação dos solos do território de Caiabú está intimamente relacionado as classes de uso do solo na região. Então, é válido que se faça uma análise de como e em qual intensidade estas classes são degradadas pelos processos utilizados na área.

A vegetação natural é a que se apresenta com melhores condições de estruturação e incorporação de material orgânico. Este quadro faz com que a perda de solo por erosão hídrica seja mínima. Por este motivo, é importante que sejam preservadas, principalmente áreas onde o solo tem pré-disposição a ser erodido. Atualmente, restam poucos remanescentes isolados de matas nativas, os quais desempenham a função de preservar os ecossistemas naturais. Estes, existem, em sua maioria, porque são protegidos pela lei 12.651, de 25 de maio de 2012, a qual tem como objetivo prevenir vegetação nativa em áreas de uso restrito, reserva legal, exploração florestal, preservação permanente, etc.

A classe de uso solo exposto cresceu em 4%. Esta condição está associada ao aumento de cultivo de lavouras temporárias, que expõe o solo às adversidades climáticas após a colheita. Vale ressaltar que ao serem expostos, a manutenção da vida nos solos édesfavorecida; por outro lado, processos prejudiciais, como a erosão hídrica, são favorecidos a partir da lixiviação das bases e do desprendimento de partículas primárias.

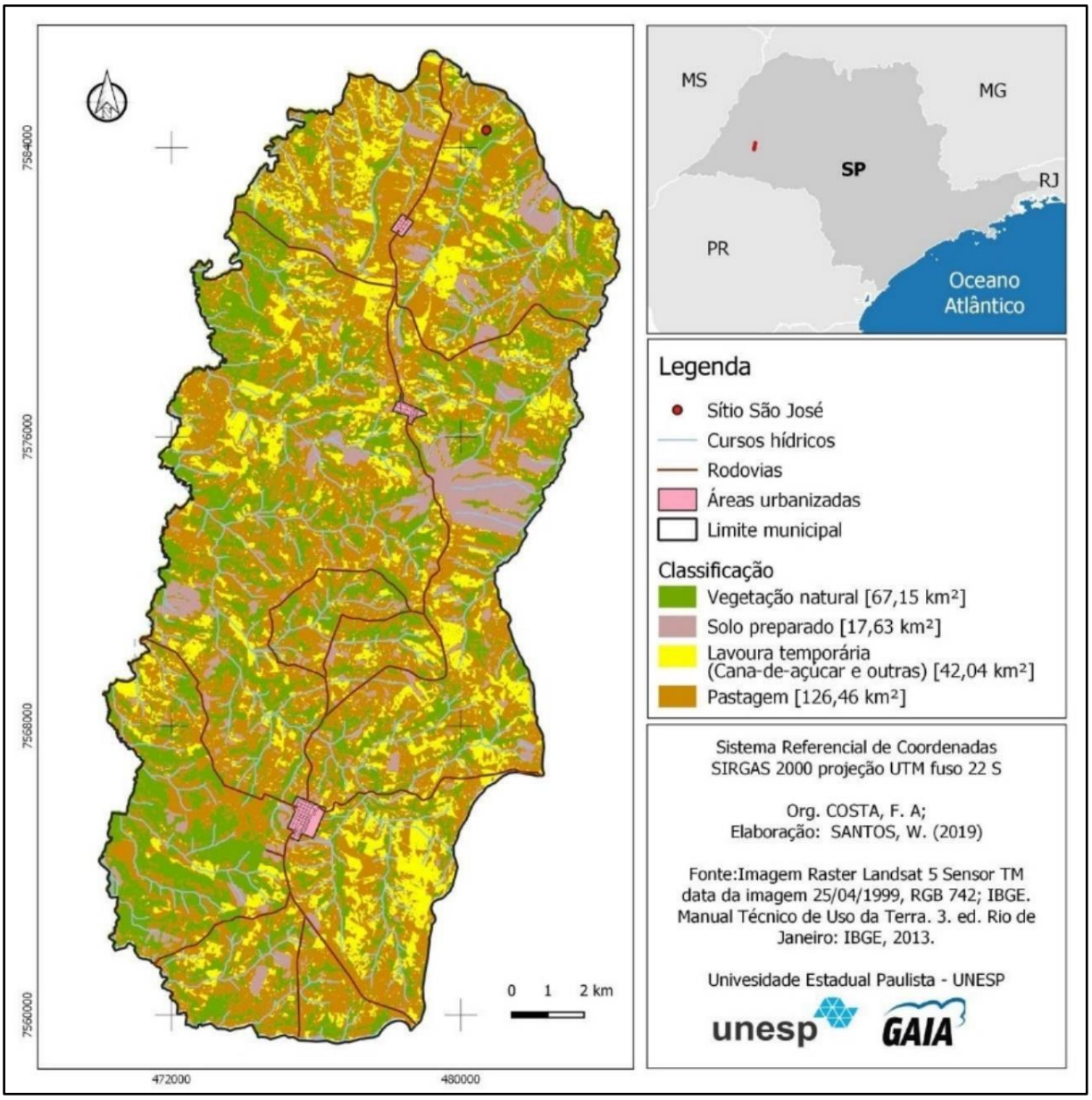
A indústria canavieira ganhou influência no município a partir da instalação da unidade Floresta da Usina Alto Alegre (UAA), em 1996, no distrito de Eneida, município de Presidente Prudente. A partir daí, intensificou-se a demanda por cana-de-açucar, o que culminou em um aumento significativo nas culturas desta commoditie. Destaca-se que a cana-de-açucar é cultivada em um modelo de monocultura, e que o uso deste modelo no solo implica em empobrecimento dos ecossistemas pois causam desequilíbrio ecológico e favorecem o surgimento e proliferação de pragas. Por muitas vezes, para o controle de pragas, são utilizados de agrotóxicos, que podem causar a contaminação do solo e da água.

Figura 3: Disposição das classes de uso e cobertura da terra no município de Caiabu no ano de 1989.



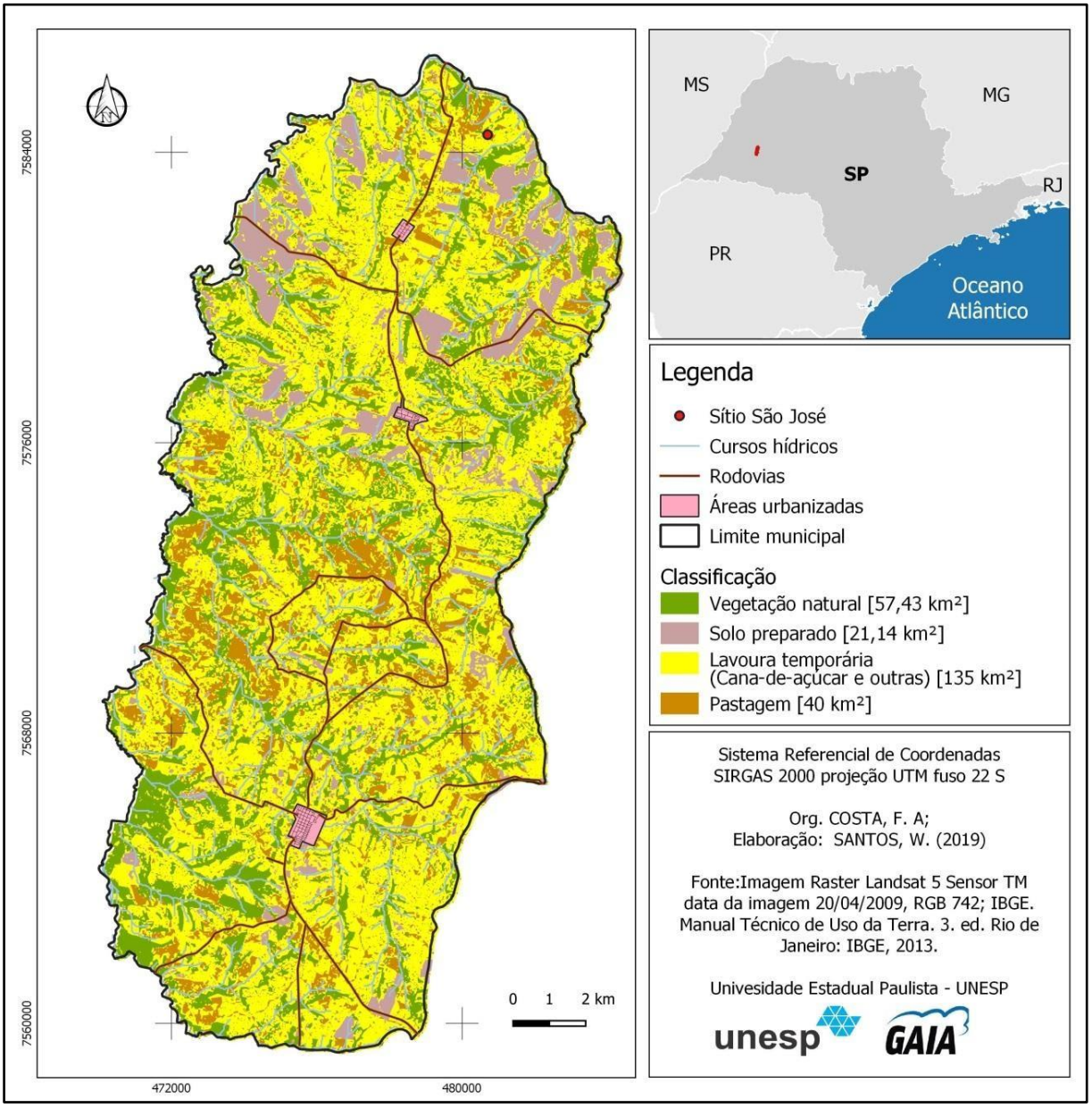
Fonte: Organizado por Costa (2020).

Figura 4: Disposição das classes de uso e cobertura da terra no município de Caiabu no ano de 1999.



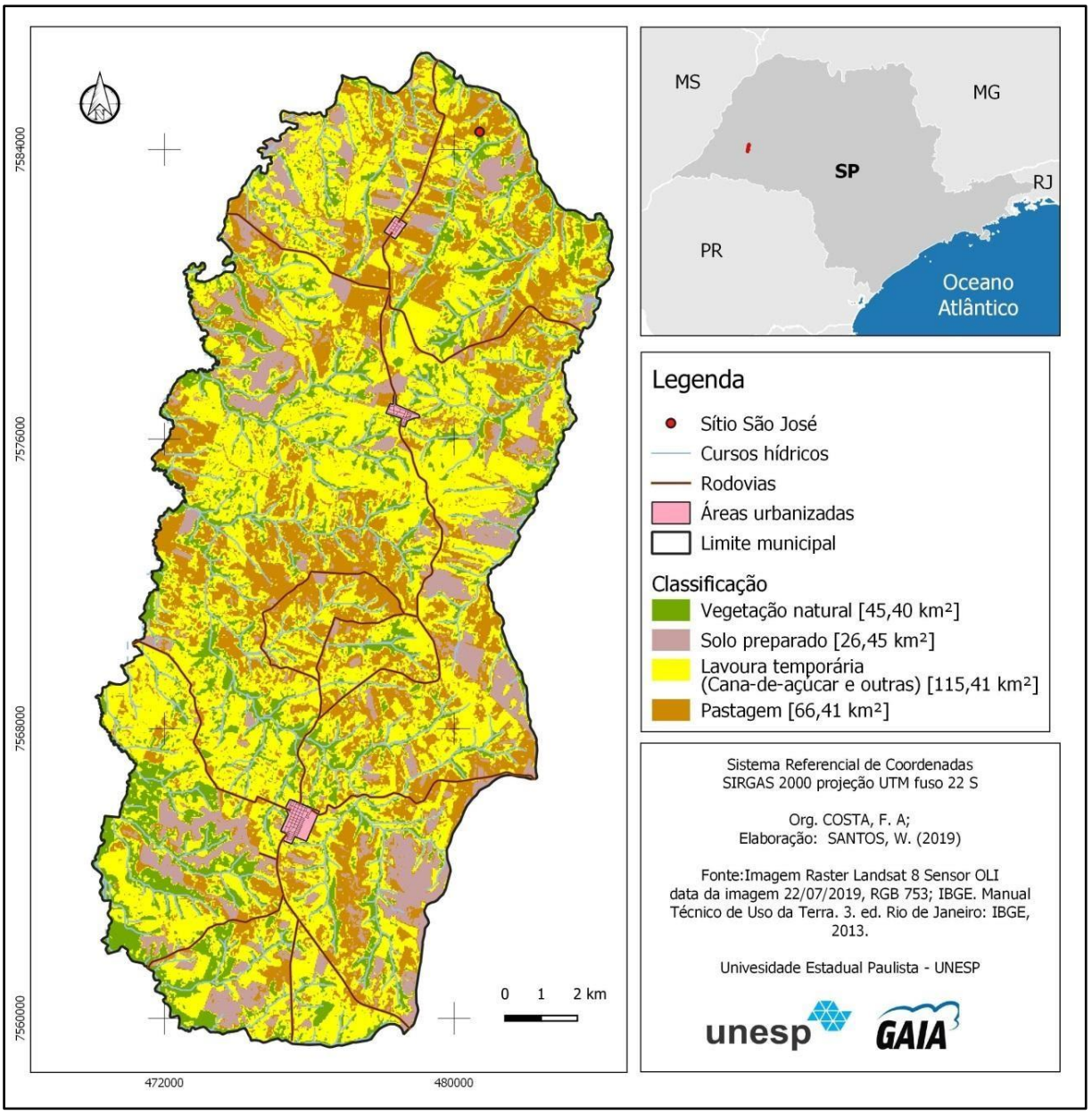
Fonte: Organizado por Costa (2020).

Figura 5: Disposição das classes de uso e cobertura da terra no município de Caiabu no ano de 2009.



Fonte: Organizado por Costa (2020).

Figura 6: Disposição das classes de uso e cobertura da terra no município de Caiabu no ano de 2019.



Fonte: Organizado por Costa (2020).

A cana-de-açucar é cultivada em forma de lavouras temporárias, ou seja, assim como o feijão, hortaliças, soja, milho, entre outras, possui um ciclo de produção que normalmente não ultrapassa 18 meses, dependendo das condições edafo-climáticas associadas. Por ter um ciclo de produção tão curto, esse tipo de cultivo movimenta grandes extensões de solo nos horizontes superficiais, modificando o comportamento morfológico dos mesmos, podendo também interferir na infiltração de água nesses locais.

A pastagem é caracterizada por uma porção de terra onde as gramíneas recobrem o terreno; as gramíneas do gênero *Brachiaria* estão intimamente relacionadas às átividades pecuárias e são fortes aliadas na estruturação das partículas do solo. Essa condição confere ao solo mais resistência à erosão hídrica, diminuindo a velocidade da água da chuva e protegendo o solo do impacto direto da chuva, evitando o efeito splash.

3.4. Caracterização geológica

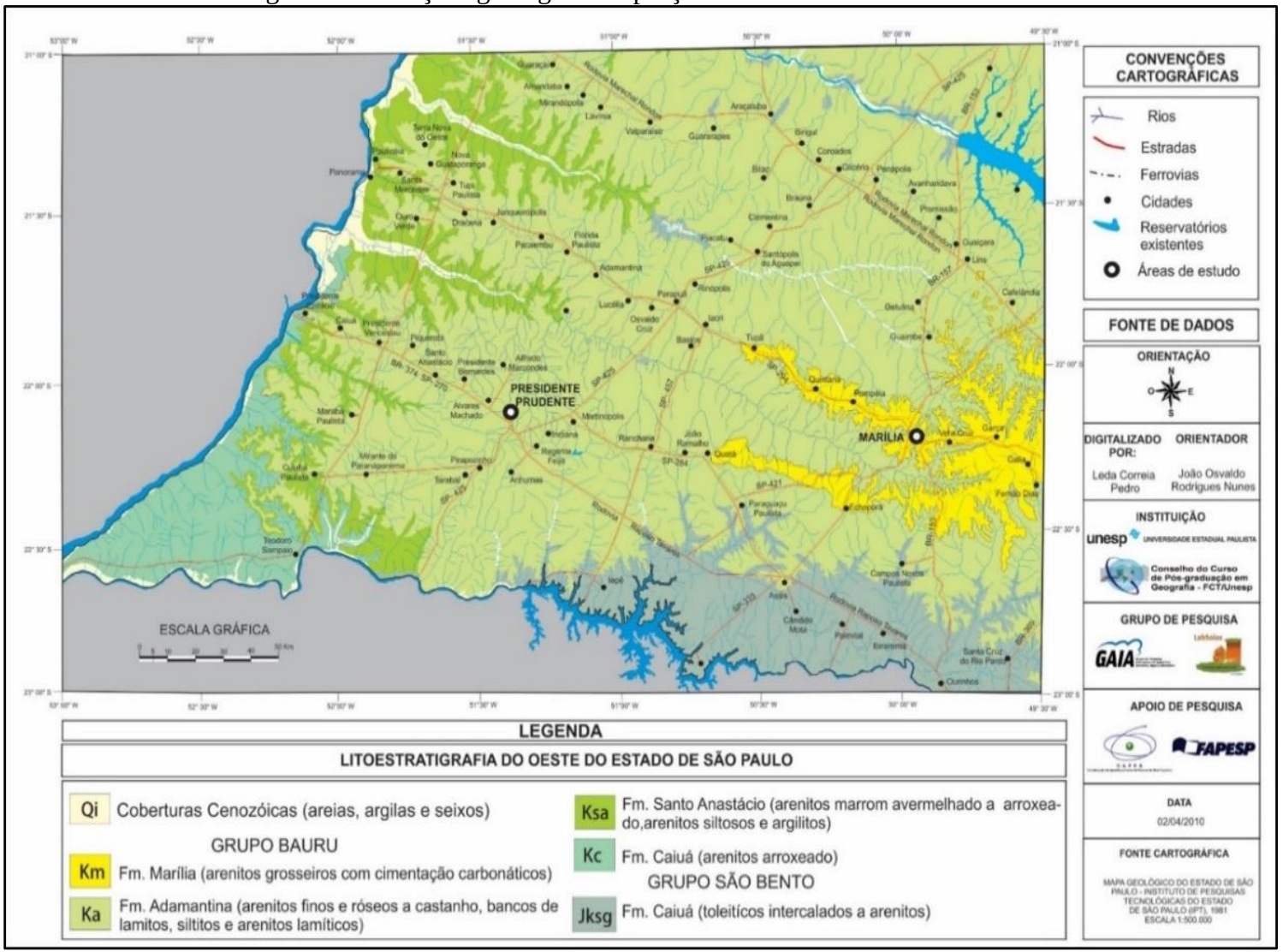
O município de Caiabu está localizado na região do Oeste Paulista, sua morfoestrutura é compreendida pela Bacia Sedimentar do Paraná, a qual é constituída por rochas sedimentares ígneas (idade Mesozóica) e por depósitos recentes (idade Cenozóica) (IPT, 1981 a: 46) (Figura 7).

Segundo o IPT (1981 a: 48), as formações geológicas que afloram na região do Pontal do Paranapanema pertencem ao Grupo São Bento – Formação Serra Geral – JKsg (4,3%); ao Grupo Bauru – Formação Caiuá – Kc (28, 7%), Santo Anástácio – Ksa (2,7%), Adamantina – Ka (62,2%), e aos Depósitos Cenozóico – Qa (2,1%).

A gênese das rochas pertencentes ao Grupo Bauru se deu a partir da interrupção dos derramamentos de lavas vulcânicas que deram origem à Formação Serra Geral na Bacia do Paraná. Percebeu-se uma tendência de soerguimento epirogênico em toda a Plataforma Sul-Americana; no território brasileiro, a porção norte da Bacia do Paraná comportou-se como área negativa em relação aos soerguimentos marginais e a parte central da bacia. Este evento marcou o início de embaciamento (IPT, 1981a).

De acordo com o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), na escala 1:500.000, o município de Caiabu está localizado sobre rochas pertencentes ao Grupo Bauru, sendo constituído pela Formação Adamantina (Ka).

Figura 7: Formações geológicas da porção oeste do estado de São Paulo.



Fonte: IPT (1981a), organizado por Pedro (2010).

Na área de estudo, predomina a Formação Adamantina, sendo composta de arenitos finos e muito finos, podendo apresentar cimentação e nódulos carbonáticos, com lentes de siltitos arenosos e argilitos, ocorrendo em bancos maciços; possui uma estratificação plano-paralela e cruzada de pequeno e médio porte (IPT, 1981a). Boin (2000) complementa que os bancos de arenito são de cor rósea à castanha, com sua espessura variando entre dois a vinte metros, alternados com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos de cor castanha avermelhada à cinza-castanho, maciço ou com acamamento plano paralelo grosseiro, constantemente com marcas de onda e micro estratificação cruzada.

A Formação Adamantina (Ka) está presente na maior parte do Planalto Ocidental Paulista, com exceção apenas das porções mais baixas dos vales dos rios, onde, sob o efeito da erosão, seus sedimentos foram removidos (BOIN, 2000).

3.5. Caracterização geomorfológica

De acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), escala 1:500.000, o município de Caiabu está localizado sobre a morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista. É constituído por um relevo ondulado, com predomínio de colinas e morrotes, esculpidos nos arenitos do grupo Bauru. Por situar-se essencialmente sobre rochas do Grupo Bauru, é constituído por diversas formações areníticas que, em algumas regiões, são cimentadas por carbonato de cálcio, as quais recobrem rochas basálticas. Essas são raramente expostas, exceto quando afloram extensivamente ao longo dos rios Paranapanema e Pardo. (IPT, 1981b, p. 70) (Figura 8).

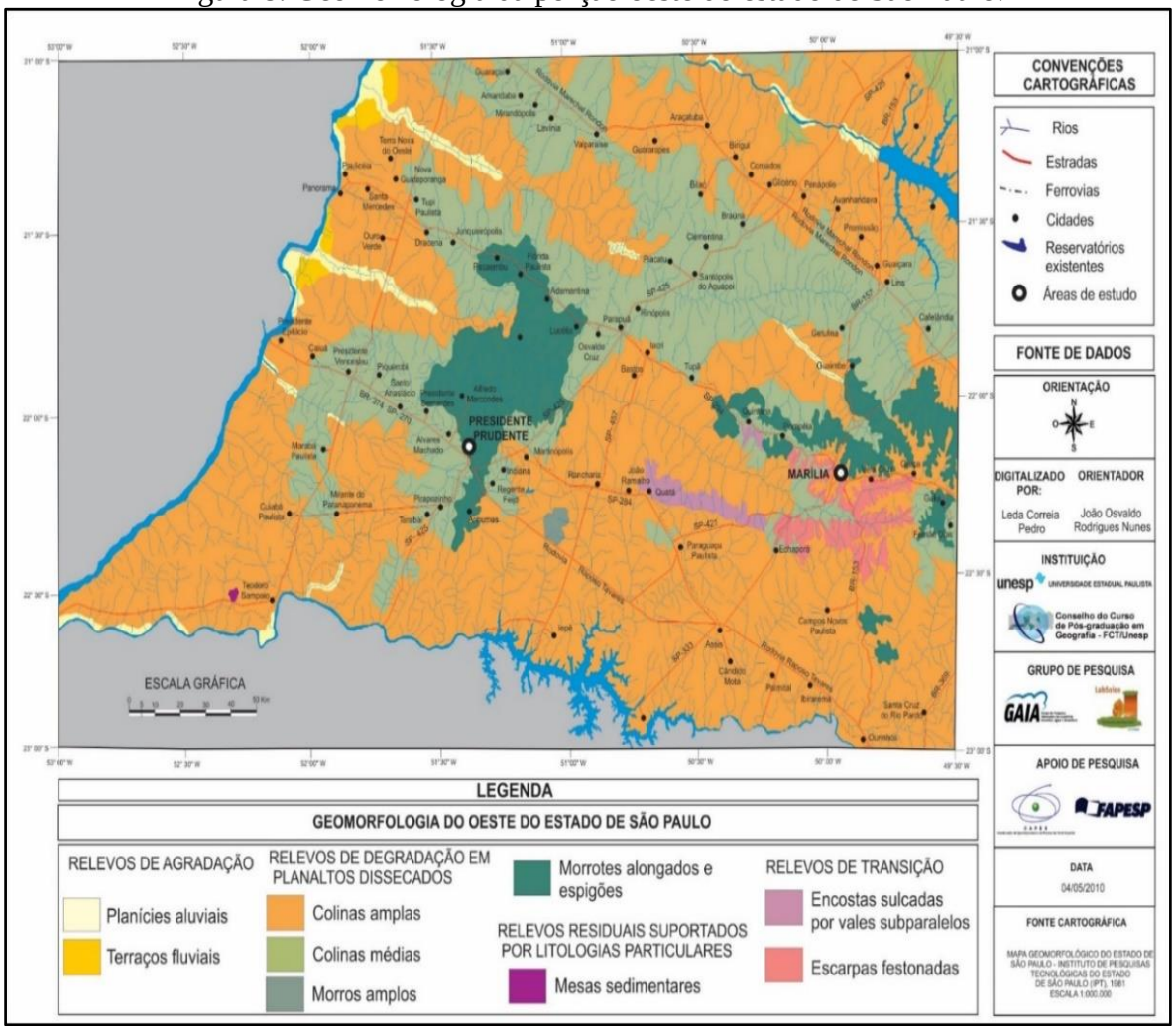
O Planalto Ocidental Paulista encontra-se na porção oeste do estado de São Paulo; sua composição é de camadas com caimento para oeste, com cotas próximas de 500 metros nos limites orientais e com 247 metros de altitude na foz do Rio Paranapanema (IPT, 1981b).

Sua drenagem ocorre por meio de rios afluentes, tributários e consequentes dos três principais rios do estado de São Paulo: Grande, Paranapanema e Tietê. São características dessa drenagem as cachoeiras e corredeiras. Algumas de suas quedas d’agua já foram descritas em levantamentos da Comissão Geográfica e Geológica do estado de São Paulo (CGG) e aproveitadas como sítios de implantação de algumas das hidrelétricas de maior importância do estado (IPT, 1981b).

De acordo com o IPT (1981), o relevo do município de Caiabu é caracterizado como sendo de colinas médias, predominando interflúvios com área de 124 km², topos aplainados, vertentes com perfis convexas a retilíneas. Drenagem de média a baixa densidade sub-

retangular, vales abertos a fechados, planícies aluviares restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes. Constitui um sistema de relevo encontrado restrito às cabeceiras dos rios Turvo e Pardo, sobre arenitos da Formação Adamantina.

Figura 8: Geomorfológia da porção oeste do estado de São Paulo.

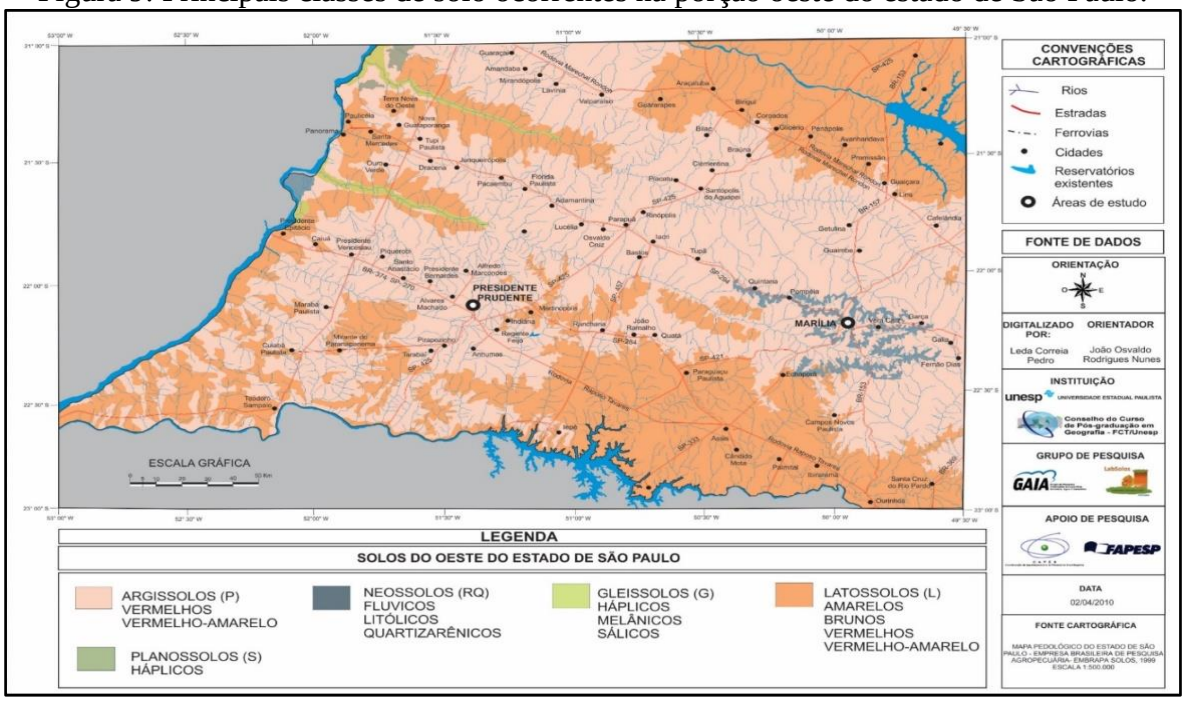


Fonte: IPT (1981b), organizado por Pedro (2010).

3.6. Caracterização pedológica

De acordo com o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, produzido pela EMBRAPA (1999), escala 1:500.000, no município de Caiabu predominam os Latossolos Vermelhos (LV 78) e os Argissolos Vermelhos-Amarelos (PVA 5) (Figura 9).

Figura 9: Principais classes de solo ocorrentes na porção oeste do estado de São Paulo.



Fonte: Embrapa (1999), organizado por Pedro (2010).

Os Latossolos são os de maior representação geográfica no Brasil, e proporcional a um quarto do mundo (LEPSCH, 2010). Os Latossolos são:

> Solos constituídos por material mineral apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200 cm a partir da superfície ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura (EMBRAPA, 2018. p. 94).

O seu horizonte A é pouco espesso com transição difusa em relação ao horizonte B latossólico, sendo este último normalmente encontrado com grande espessura em cores avermelhadas, brunadas e amareladas com consistência bastante friável e alta porosidade. É mais comum encontrar esse tipo de solo em regiões equatoriais e tropicais, ocorrendo também em zonas subtropicais, distribuído por amplas e antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços fluviais antigos, comumente encontrado em relevo plano, suave ondulado e podendo ocorrer também em áreas acidentadas ou relevo montanhoso (EMBRAPA, 2018).

Os Latossolos se desenvolvem em condições de ambientes marcantes como tropicais quentes e úmidos; se apresentam com estruturas subangulares de agregados pouco desenvolvidos e com baixa resistência e textura predominantemente uniforme, sendo que varia de média a muito argilosa.

Por conta da condição do clima tropical úmido atuar muito tempo em relevos estáveis (quase planos), houve a alteração dos variados tipos de regolitos que estiveram durante milhões

de anos a erosão e a deposição, com isso, minerais desses regolitos foram intensamente intemperizados, sobrando apenas os minerais mais resistentes (quartzo e caulinita), sendo a estes acrescentados os óxidos de ferro, alumínio e empobrecidos de sílica e cátions básicos (LEPSCH, 2010).

Segundo Lepsch (2010), os materiais descritos anteriormente sofreram intensa ação de microrganismos pela bioturvação, tornando-os muito remexidos; dessa forma, mesmo que em perfis muito profundos, ainda se encontram bastante homogêneos, uma vez que poucos processos pedogenéticos levam uma maior diferenciação de horizontes.

Os Latossolos são solos que tem como característica uma alta porosidade, que lhe confere uma alta permeabilidade, mesmo quando apresentam altos valores de argila (LEPSCH, 2010). Quimicamente, são solos com baixa saturação por bases e ácidos, distróficos ou alumínicos (EMBRAPA, 2018).

Os Latossolos, por serem muito espessos e apresentar pequena coerência entre os agregados, são os preferidos para muitos trabalhos de engenharia como escavações, estradas, aterros sanitários, lagoas de decantação de efluentes de esgoto etc. (LEPSCH, 2010).

Os Argissolos são:

> Solos constituídos por material mineral com argila de atividade baixa, ou atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou E e apresentando ainda os seguintes requisitos:
> Horizonte plínitico, se presente, não está acima nem á coincidente com a parte superficial do horizonte B textural;
> Horizonte glei, se presente, não está acima nem é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural (EMBRAPA, 2018. p. 87).

Os Argissolos ocorrem muito associados aos Latossolos, pois ambos se desenvolvem em ambientes tropicais úmidos. Com relação a sua extensão no Brasil, é o segundo maior depois dos Latossolos, ocupando uma extensão de 20% do território nacional (LEPSCH, 2010). Os Argissolos, assim como os Latossolos, são bastante intemperizados, só que ao contrário dos Latosssolos, apresentam marcante diferenciação de horizontes, apresentando maior acúmulo de argila no horizonte B (LEPSCH, 2010).

A transição entre os horizontes A e Bt é usualmente: clara, abrupta ou gradual; boa parte desses solos apresenta maior quantidade de argila no horizonte B com relação aos superficiais, podendo ou não haver esse decréscimo nos horizontes subsuperficiais (EMBRAPA, 2018). A textura dos Argissolos varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt; sua profundidade pode ser variável, são considerados

desde forte a imperfeitamente drenados, apresentam-se nas cores avermelhadas, amareladas e raramente brumadas ou acizentadas (EMBRAPA, 2018). O relevo é um fator muito variável, podendo ser montanhoso ou suave ondulado; quando relacionados com os Latossolos, situam-se em relevos mais declivosos (LEPSCH, 2010). Os Argissolos são subdivididos em cinco, sendo os Argilossolos Bruno- Acinzentados, Acinzentados, Amarelos, Vermelhos e Vermelhos-Amarelos (Quadro 2);

Quadro 2: Subordens e Regiões dos Argissolos.

Subordens	Regiões que se encontram no Brasil
Bruno-Acizentado e Acizentados	Região Sul
Amarelos	Principalmente na região Amazônia e tabuleiros costeiros do Nordeste
Vermelhos-Amarelos	Principalmente na região Amazônia e em áreas ocupadas antes pela mata atlântica

Fonte: Lepsch (2010), organizado por Autores (2020).

O material mineral dos Argissolos apresenta características diferenciais à presença do horizonte B textural de argila de baixa atividade, ou se de alta atividade, desde que associada com a saturação por bases baixa ou com caráter alumínico (EMBRAPA, 2018). Via de regra, o horizonte B textural (Bt) estará abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, com exceção o hístico, quando não apresentados os requisitos estabelecidos para enquadrar-se nas classes dos Luvissolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos (EMBRAPA, 2018).

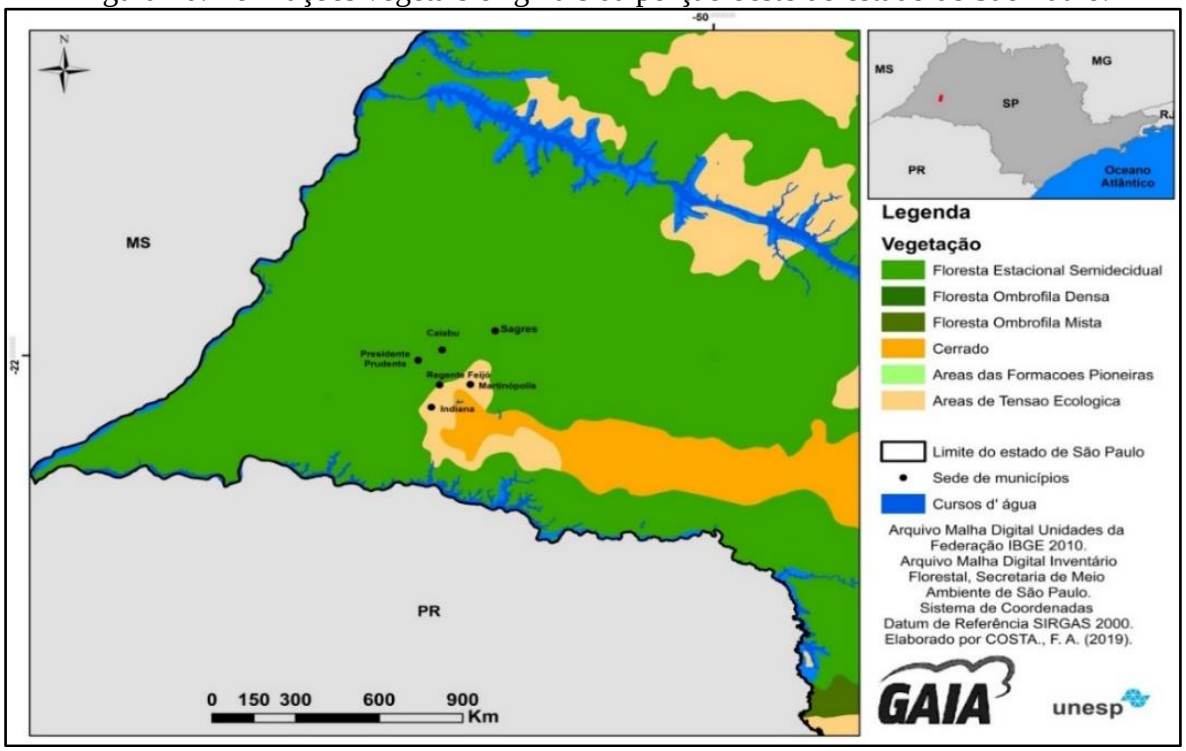
Os Argissolos são bons para a agricultura quando não se encontram em regiões montanhosas e com fortes declives, pois nessas situações são susceptíveis à erosão, já que apresentam um horizonte A arenoso com aumento abrupto nos subhorizontes; por isso, também são considerados pobres em nutrientes e apresentam boa parte ácida, necessitando-se de corretivos agrícolas e fertilizantes para tal uso (LEPSCH, 2010).

3.7. Caracterização da cobertura vegetal

Segundo Risso (2009), em quase toda a extensão do Planalto Ocidental Paulista ocorria o predomínio da Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica de Interior) (Figura 10). Por conta da ocupação produtiva em grande parte do estado de São Paulo gerou-se uma redução, tanto na diversidade biológica quanto na extensão territorial de tal formação florística, restando

apenas alguns pontos de conservação de mata nativa. Na região do Oeste Paulista o remanescente mais expressivo dessa vegetação é encontrado na região do Pontal do Paranapanema, denominado de Parque estadual do Morro do Diabo.

Figura 10: Formações vegetais originais da porção oeste do estado de São Paulo.



Fonte: Coordenadoria de Planejamento Ambiental do Estado de São Paulo (2010), organizado por Costa (2019).

O bioma Mata Atlântica está minimamente protegido no Art. 35º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 que diz que "a conservação [...], da vegetação primária ou da vegetação secundária em qualquer estágio de regeneração do Bioma Mata Atlântica, cumpre função social e é de interesse público, [...]" (BRASIL, 2012).

Este tipo de fisionomia é pertencente ao bioma Floresta Atlântica. O termo estacional está ligado com as condições de tempo, que compreende a alternância da estação seca e um outro período de muita chuva. A formação vegetal, apresenta-se com porte de estratos mais altos de aproximadamente 20 metros e uma característica importante é que no período seco ocorre a perda de folhas, e na época chuvosa sua fisionomia pode confundir-se com a da floresta ombrófila densa, porém, o período seco deixa claro a diferença entre elas.

3.8. Caracterização climática

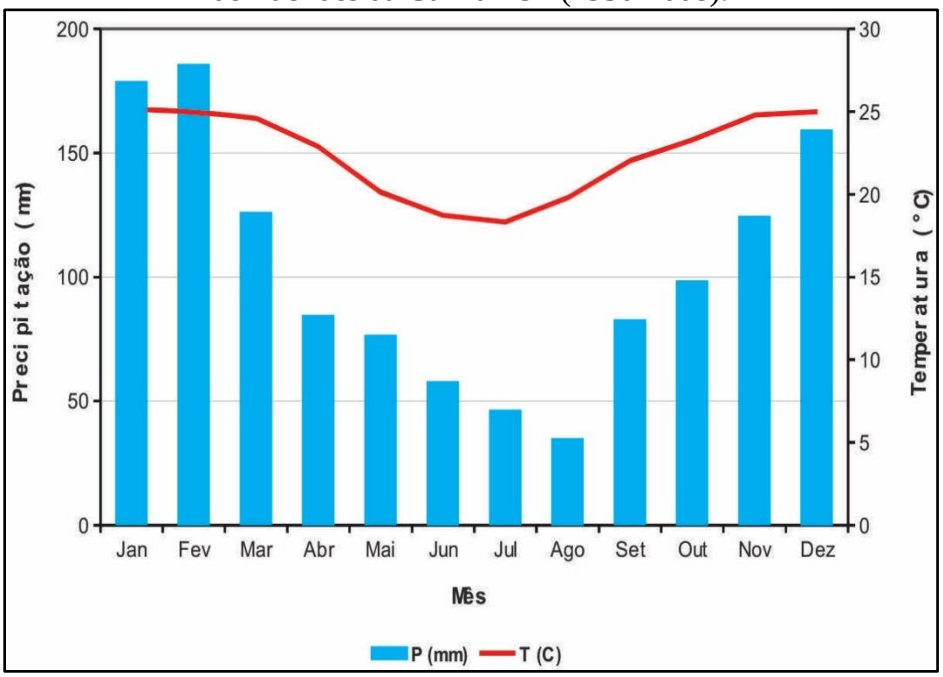
O clima é um aspecto muito importante para este trabalho, uma vez que ele é

considerado um fator ativo na formação do solo. De acordo com Nunes (2014, p. 78), em "período de intensa precipitação, é forte a tendência de se ampliarem os processos erosivos, principalmente nas áreas de solos desprovidos de cobertura vegetal de porte".

Desta forma, o município de Caiabu está localizado na região climática do tipo Awa, segundo Koppen. Em sua classificação, A representa clima tropical, w representa a presença de uma estação seca no inverno e a representa um verão quente; sendo assim, o clima nesta região pode ser caracterizado como tropical úmido, apresentando um inverno seco e um verão muito chuvoso, considerando o fato que sua pluviosidade média anual pode chegar em torno de 1.276, 9 mm (Figura 11).

Pode-se confirmar isso com o presente climograma abaixo (Figura 42), sendo agosto o mês mais seco, atingindo um total médio mensal de 34, 9 mm, enquanto fevereiro atingiu um total médio mensal de 185,5 mm. Os padrões relacionados a pluviosidade podem sofrer alterações diante das anomalias climáticas, como por exemplo os anos de El Ninõ [1] ou La Ninã[2] (SANTANA, 2017).

Figura 11: Valores médios mensais de temperatura (ºC) e precipitação (mm) para o município de Euclides da Cunha - SP (1950-2008).



Fonte: Organizado por Tommaselli (2012).

[1] El ninõ: pode ser entendido como uma interação oceano-atmosfera relacionados ao aquecimento anormaldo Oceano Pacífico tropical, isso podo ser associado a alteração dos padrões normais da Temperatura da Superfície do Mar e dos ventos alísios, na região do Pacífico Equador, entre a Costa Peruana e no Pacíficooeste próximo à Austrália. (http://enos.cptec.inpe.br/elnino/pt).

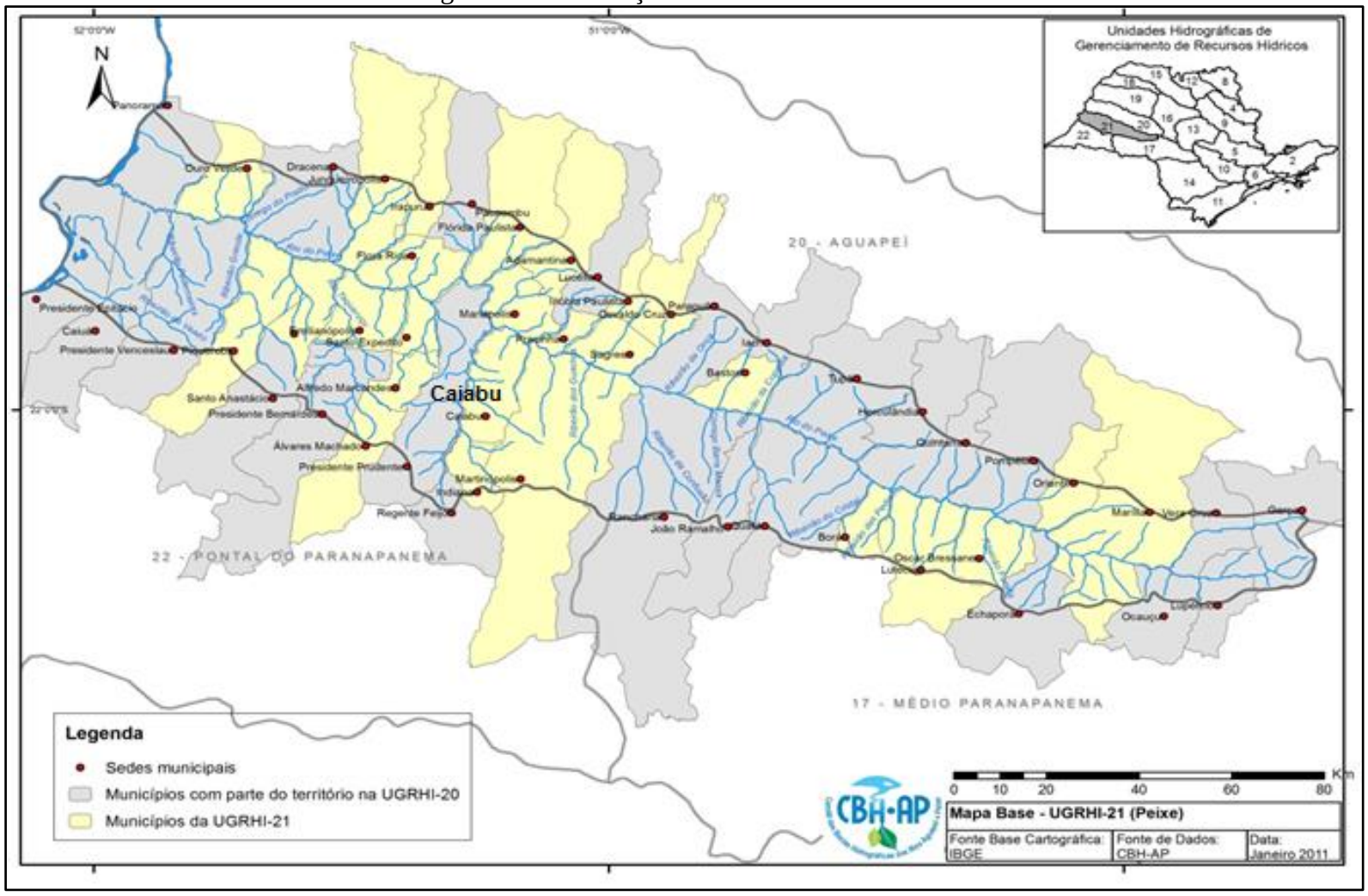
[2] La Niña ("a menina" em espanhol) é um fenômeno oceânico-atmosférico caracterizado pelo resfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial, ou seja, suas características são opostas as do El Niño (aquecimento anormal das águas do oceano Pacífico) (http://enos.cptec.inpe.br/elnino/pt).

Podemos assim dizer que o clima regional contribui para a intensificação dos processos erosivos, pois como já apontado, segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005), as perdas de solo são diretamente proporcionais ao produto da energia cinética total da chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos.

O munícipio pertence a Bacia Hidrográfica do rio do Peixe, que abrange uma área de drenagem de 10769 km2, apresentado seus limites a leste com a Serra de Agudos e do Mirante; ao norte, com a bacia do rio Aguapeí; a oeste, com o rio Paraná e; ao sul, com a Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (UGRHI – 22).

Este rio nasce na Serra de Agudos a uma altitude de 670 metros e possui sua extensão de 380 km, sendo os principais rios pertencentes a esta UGRHI: rio Aguapeí, rio Tibiriça, ribeirão Cainguangues e ribeirão das Marrecas (Figura 12).

Figura 12: Localização da bacia do rio do Peixe.

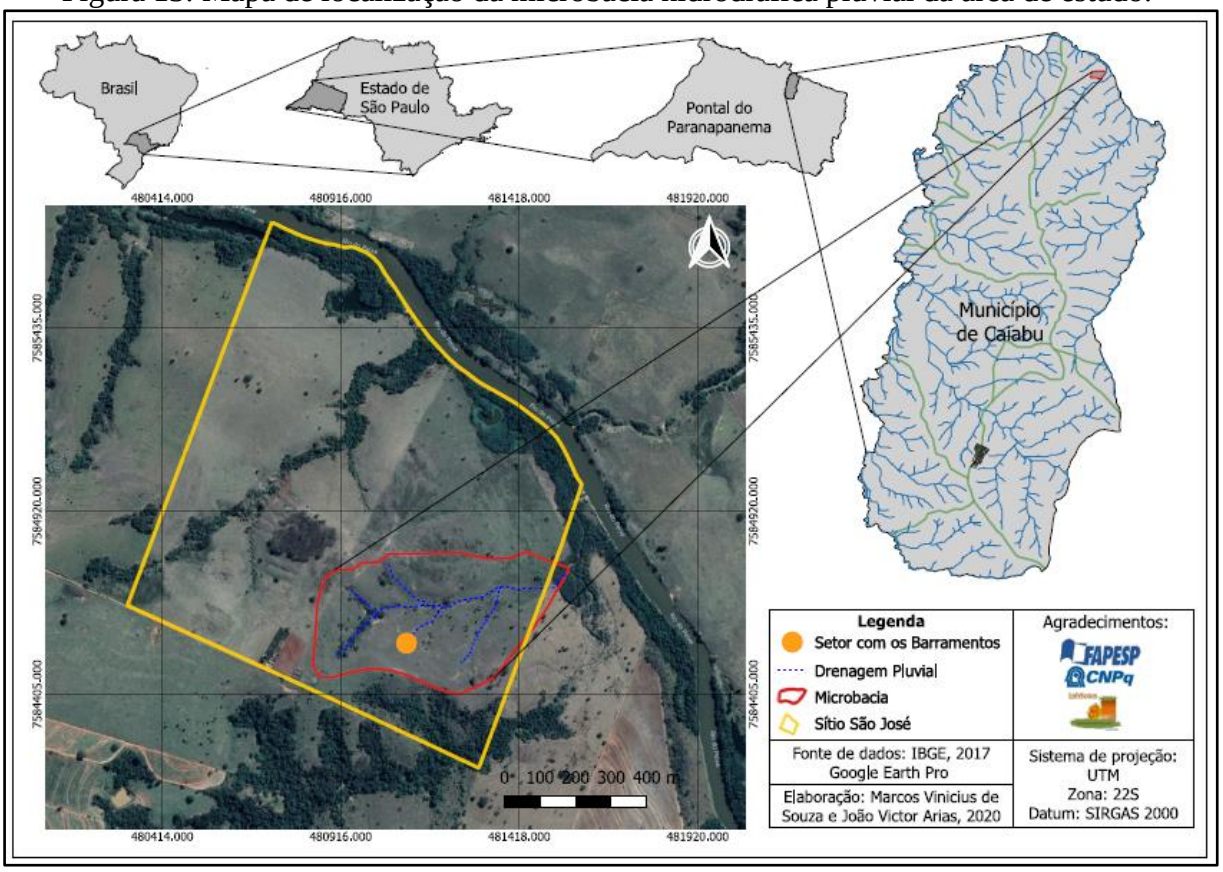


Fonte: Comitê de Bacia Hidrográfica Aguapeí/Peixe.

3.9. Caracterização da microbacia hidrográfica pluvial

Para melhor compreensão da área estudada, elaborou-se um mapa de localização da microbacia hidrográfica pluvial para apresentar o setor com os barramentos, as drenagens pluviais e os limites do Sítio São José (Figura 13). Através da construção deste produto, foi possível a geração dos demais mapas temáticos presentes nesta pesquisa.

Figura 13: Mapa de localização da microbacia hidrodráfica pluvial da área de estudo.



Fonte: Autores (2020).

3.10. Processos erosivos

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005, p. 68),

> Erosão é o processo de desprendimento e arraste das partículas do solo causado pela água e pelo vento. A erosão do solo constitui, sem dúvidas, a principal causa do depauperamento acelerado das terras. As enxurradas, provenientes das águas de chuva que não ficaram retidas sobre a superfície, ou não se infiltraram, transportam partículas de solo em suspensão e elementos nutritivos essenciais em dissolução. Outras vezes, esse transporte de partículas de solo se verifica, também, por ação do vento.

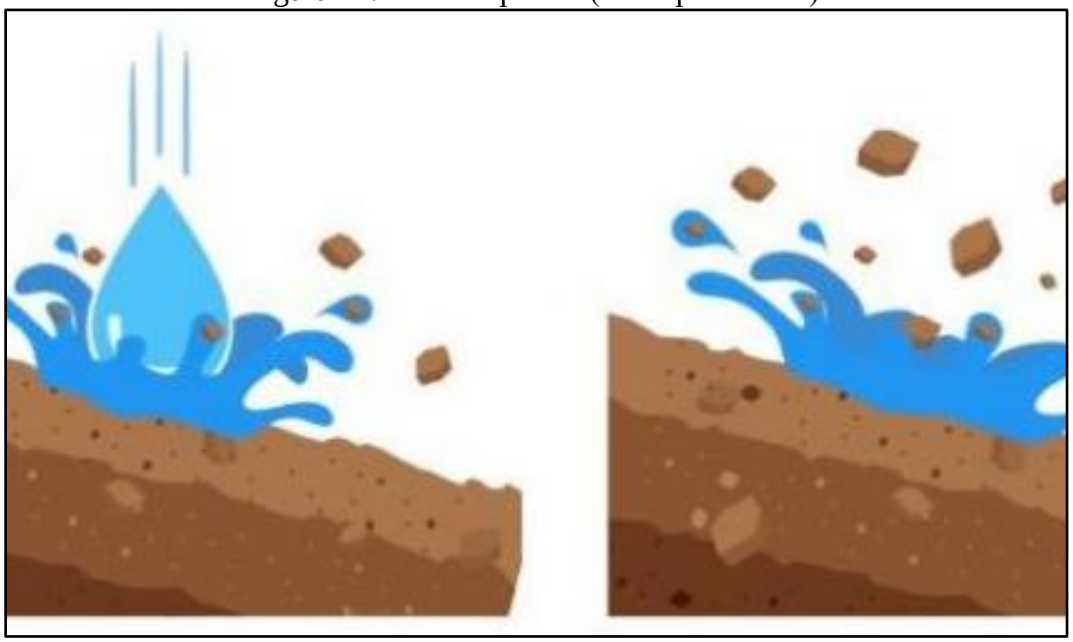
A erosão hídrica é a mais comum no Brasil, sendo esta causada pela força da água, através do transporte de partículas do solo. Como apontado anteriormente, a chuva sobre um solo exposto onde não se tem os devidos cuidados pode ser um fator causador de processos erosivos, uma vez que o impacto das gotas de água sobre o solo causa o efeito “splash” (Figura 14), desencadeando o processo erosivo. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005, p. 71),

> O processo de salpicamento das superfícies das partículas de solo é afetada pelo tamanho das gotas, pela velocidade de queda e pela intensidade da chuva. Estudos com simuladores de chuva demonstram que, aumentando o diâmetro da gota de 1 para 5 cm, a velocidade de infiltração de água diminui 70% enquanto as perdas de solo pela erosão são aumentadas 120 vezes. Isso demonstra que há uma relação direta entre a energia cinética das gotas de chuva e a resultante perda de solo.

Lepsch (2010) aponta que a facilidade do transporte de uma partícula de solo está relacionada com seu o seu tamanho, as partículas de argila, silte e matéria orgânica são facilmente carreadas pela água; isso acontece porque estas apresentam pequenas dimensões.

O Brasil apresenta altos índices de processos erosivos, isso está intimamente relacionado ao avanço da agricultura sem os devidos cuidados, que novas terras para serem exploradas deixando muitos sinais de degradação; um exemplo disso é a cultura do café, que inicialmente teve sua chegada no Rio de Janeiro e, após isso, caminhou-se para o estado de São Paulo e oeste do Paraná. Os solos do vale do rio Paraíba são casos de solos que foram muito empobrecidos por este processo, e até hoje não se recuperaram (LEPSCH, 2010).

Figura 14: Efeito “splash” (ou salpicamento).



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Efeito-splash-provocando-o-inicio-do-processo- erosivo-nas-encostas_fig1_328436756

Algumas atividades que aceleram a degradação do solo brasileiro podem ser listadas como a aração, plantio e cultivo no sentido “morro abaixo”, queimadas e o intenso pisoteio do gado (LEPSCH, 2010).

3.10.1. Erosão laminar ou em lençol

Lepsch (2010, p.192) aponta que:

> Erosão laminar é a uniforme remoção de uma delgada camada superior do terreno. Ao colidirem com a superfície do solo desnudo, as gotas de chuva rompem os agregados, reduzindo-os a partículas menores, passíveis de serem arrastadas pela energia da enxurrada. Esse tipo de desgaste é constado em certos terrenos, mesmo os que possuem inclinações pequenas.

Bertoni e Lombardi Neto (2005) dizem que a erosão em enxurrada depende do tipo de material, velocidade e turbulência deste, pois a velocidade aumenta com quantidade da enxurrada e com altas declividades de terrenos, a turbulência aumenta se aumentar a intensidade da chuva, e a capacidade abrasiva da enxurrada dependerá da energia do escoamento da água e da quantidade e do tipo de material em suspensão.

Esse tipo de erosão é menos notado e por isso é considerada a mais perigosa, porém, pode-se perceber os sinais desse tipo de erosão quando em dias de chuva a água se torna mais barrenta; com isso os solos adquirem uma coloração mais clara e a produtividade tende a diminuir. A produtividade diminuirá porque a erosão laminar (Figura 15) carregará as partículas mais leves, ou seja, as que estão ligadas a fertilidade do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005).

Figura 15: Erosão laminar.



Fonte:http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6714/1/CM_COECI_2015_2_22.pdf

3.10.2. Erosão linear

A erosão linear manifesta-se em três estágios: sulcos, ravinas e voçorocas. Os sulcos são o início do processo erosivo linear antes de se tornar uma ravina ou voçoroca; e, se não aplicadas as práticas de controle, o processo se intensificará e cada vez mais se tornará difícil a recuperação.

3.10.2.1. Sulcos

A erosão em sulcos é o inverso da erosão laminar, pois sua presença é facilmente notada (Figura 16). Bertoni e Lombardi Neto (2005) dizem que este tipo de erosão é desencadeado por chuvas de grande intensidade sobre terrenos de alta declividade. São processos que podem ser contidos com operações normais de preparo do solo, se estiverem em sua fase inicial. A erosão em sulcos resulta do acúmulo de enxurrada em irregularidades sutis no sentido do declive apresentado pelo terreno, assim, aumenta-se o volume e velocidade, formando pequenps canais que concentram o fluxo de água (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005).

Figura 16: Erosão em estágio de sulcos.



Fonte: Autores (2020).

3.10.2.2. Ravinas

As ravinas diferenciam-se dos sulcos, pois não se trata apenas de estruturas que foram

destruídas pelas operações de preparo do solo. As ravinas surgem através dos fluxos lineares concentrados presentes nas encostas, onde a canalização do fluxo aumenta e as partículas começam a ser transportadas com mais intensidade. Assim, a erosão sempre avançará mais nos canais preferenciais que já estão formados (GUERRA; SILVA;BOTELHO, 1999).

Considera-se a formações de ravinas um processo crítico, sendo associado a um rápido aumento no transporte de sedimentos causado pelo escoamento, uma vez que estabelecidas em uma encosta tendem a evoluir através dos seus pontos de ruptura (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999) **(**Figura 17**).**

Para Ploey (1983), citado por Guerra, Silva e Botelho (1999, p.35),

> [...]as ravinas podem se formar a uma distância muita curta, a partir de um divisor, mas essa distância não pode ser universal, ou seja, as condições locais onde o processo se estabelece é que vão determinar onde as ravinas se iniciam.

Figura 17: Processo de ravinamento na área de estudo.



Fonte: Autores (2020).

A estabilização do processo de ravinamento e fundamental para que não se intensifique a ponto de se tornar uma voçoroca. Para isso, deve-se saber identificar os vários estágios de evolução de uma ravina, pois ela antecede a formação de uma voçoroca, desta forma, tendo o conhecimento do início do processo, pode-se tomar medidas afim de evitar sua evolução (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999).

3.10.2.3. Voçorocas

Lepsch (2010, p. 193), diz que:

> A evolução dos sulcos para voçoroca é normalmente causada por aradura, semeadura e cultivos alinhados no sentido morro abaixo, o que facilita o direcionamento das enxurradas. A pecuária extensiva, com animais caminhando repetidamente em uma mesma direção muito inclinada, e estradas rurais mal planejadas, também podem concorrer para a formação das voçorocas.

A resistência dos materiais que compõem os horizontes do solo onde há ocorrência de uma voçoroca está diretamente relacionada com o formato dela. Bertoni e Lombardi Neto (2005) dizem que se os materiais que compõem os horizontes do solo forem de consistência uniforme, a voçoroca irá se desenvolver em paredes mais ou menos verticais; se for de material muito friável, estará sujeita a desmoronamento; se o material do subsolo (ou horizontes mais profundos) for mais resistente que os horizontes superficiais, a voçoroca apresentará paredes em formas de "V".

A diferença entre ravina e voçoroca é que, no caso das voçorocas, há o afloramento no nível do aquífero freático suspenso no fundo do canal, esse estágio é considerado um avanço do processo de ravinamento, ocasionando dificuldades para a sua recuperação (HIGGINS, 1990) (Figura 18) .

Figura 18: Erosão em estágio de voçoroca.



Fonte: https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/188001/vocoroca.

3.10.3. Fatores causadores

Para entender melhor os fatores causadores de erosão, dividiu-os em dois tópicos, sendo “fatores naturais” e “fatores antrópicos”. O primeiro, abordará os seguintes subtópicos: “chuva”, “cobertura vegetal” e “topografia”; já o segundo tópico abordará os fatores de: “desmatamento”, “superpastoreio” e o “manejo agrícola inadequado”.

3.10.3.1. Fatores Naturais

A erosão pode ser causada por forças ativas e passivas, sendo que as forças ativação listadas como as características da chuva, a declividade, comprimento do rampa do terreno e a capacidade que o solo tem de absorver a água, já as forças passivas podem ser relacionadas a resistência que exerce o solo à ação erosiva da água e a cobertura vegetal (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005). O DAEE (1989) aponta que os principais fatores naturais associados aos processos erosivos compreendem: a chuva, a cobertura vegetal, a topografia e os tipos de solos.

A aceleração dos fatores naturais da erosão pode estar relacionada com a ocupação humana, pois esta representa o fator decisivo da intensificação dos processos erosivos (DAEE, 1989).

3.10.3.1.1. Chuva

A chuva é tida como um dos fatores de maior importância do processo de erosão dos solos. Quanto maior for a duração e frequência de eventos pluviométricos, maior será o volume e velocidade da enxurrada. (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005).

As denominadas chuvas torrenciais ou as trombas d’água durante o período chuvoso, que no território paulista ocorre no verão, é a forma mais agressiva de impacto da água no solo, no período desses eventos o processo de aceleração da erosão é máximo (DAEE, 1989).

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005), a intensidade da chuva é considerada o fator mais importante, pois quanto maior for a intensidade, maior será a perda de solo por erosão; contudo, a duração da chuva é um complemento da intensidade (a combinação destes dois fatores determina a chuva total), e por fim, a frequência das chuvas também influenciará na perda de solo por erosão, pois quanto menor for o intervalo entre elas, maior será o teor de umidade do solo e assim as enxurradas serão mais volumosas.

Para Bertoni e Lombardi Neto (2005), as gotas de chuva que caem sobre solo são vistas como um agente que colabora para os processos erosivos de três formas:

I. Desprende partículas de solo no local que sofre o impacto;
II. Transportam, por salpicamento, as partículas desprendidas;
III. Imprimem energia, em forma de turbulência, à água superficial.

Quando todos os fatores, exceto a chuva, são mantidos constantes, a perda de solo por unidade de área de um terreno, onde não há cobertura vegetal, é diretamente proporcional ao produto de duas características da chuva, energia cinética e sua intensidade máxima em 30 minutos (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2005).

3.10.3.1.2. Cobertura vegetal

Segundo Lepsch (2010), solos que estão completamente cobertos por vegetação apresentam-se em condições ideais para absorver água da chuva e resistir a erosão, pois com a cobertura vegetal sobre o terreno, seja de um denso cultivo ou até mesmo por resíduos de cultivos anteriores, o impacto da chuva sobre o solo é diminuído e faz com que aumente a absorção de água. Além disso, as raízes proporcionam uma espécie de malha entrelaçada, que terá como função segurar o solo.

Bertoni e Lombardi Neto (2005, p. 59) dizem que:

> A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão. O efeito da vegetação pode ser assim enumerado: (a) proteção direta contra o impacto das gotas de chuva; (b) dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo; (c) decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumentam a infiltração da água; (d) melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água; (e) diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.

O tipo de cobertura que proporciona maior proteção do solo são as florestas sendo fundamental para a existência da vida na Terra, uma vez que esta é de interesse mútuo, pois:

> A floresta é nosso maior recurso natural de caráter renovável: conserva a água a utilizar na irrigação; protege o solo; regula o volume das nascentes; fornece áreas de recreação e é ambiente adequado à fauna. Com um manejo apropriado, além desses múltiplos usos, pode dar ocupação e renda econômica para milhões de pessoas (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2005, p.32).

3.10.3.1.3. Topografia do terreno

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005), a topografia do terreno é representada pela declividade e o comprimento da vertente (ou comprimento dos lançantes); o tamanho do material em suspensão que é arrastado pela água depende da velocidade de escoamento, sendo que essa velocidade é com relação ao comprimento da vertente e o grau de declividade. O mesmo autor apresenta fórmulas utilizando as variáveis declividade do terreno, comprimento dos lançantes e algumas constantes que permitem estimar a perda de solo. Contudo, tais constantes variam de local para local. Isso acontece por conta de alguns fatores que também variam, como por exemplo a cobertura vegetal.

Lepsch (2010) aponta que a declividade influencia muito na concentração de dispersão e velocidade da enxurrada, tendo consequências que implicam em um maior ou menor arraste das partículas superficiais do solo. Nota-se que em terrenos planos a água escoa em uma velocidade menor, pois além de possuir menos energia, tem mais tempo para infiltrar. Em terrenos muito inclinados acontece totalmente o oposto, e isso explica porque regiões montanhosas apresentam maior susceptibilidade a erosão hídrica.

Bertoni e Lombardi Neto (2005, p. 56-57) diz:

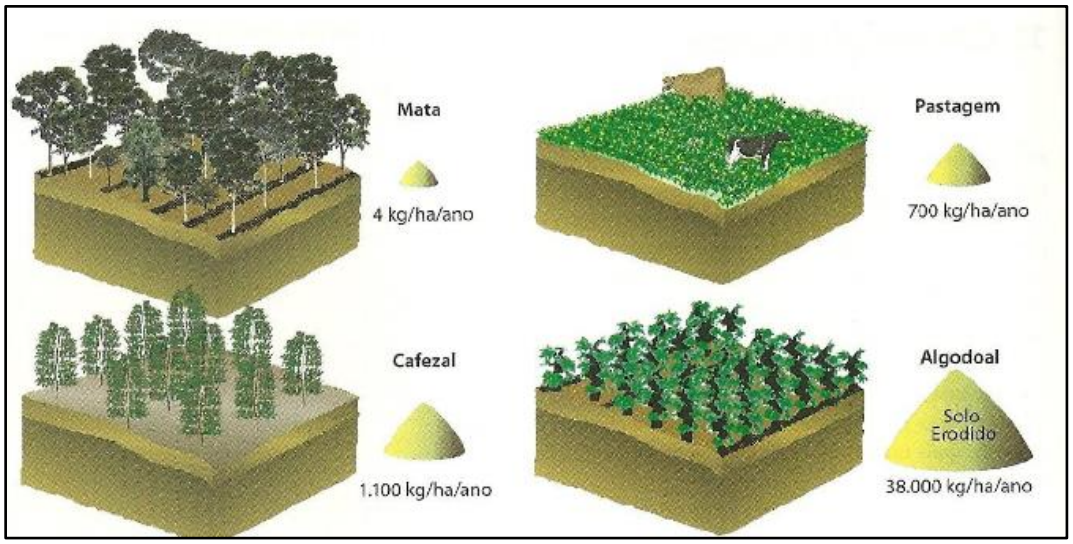
> O comprimento da rampa não é menos importante que o declive, pois à medida que o caminho percorrido vai aumentando, não somente as águas vão-se avolumando proporcionalmente como, também, a sua velocidade de escoamento vai aumentando progressivamente. Em princípio, quanto maior o comprimento da rampa, mais enxurrada se acumula, e a maior energia resultante se traduz por uma erosão maior.

A forma da vertente é um dos aspectos mencionados na topografia do terreno podendo ser: côncavo, convexo, homogêneo ou deformado. Porém, ainda quanto aos efeitos da vertente côncavo e convexo, estes não se encontram bem definidas, mas mesmo com dados escassos e utilizando o gradiente médio do comprimento de rampa, pode-se subestimar as perdas de solos de declives convexos e superestimar as dos côncavos (BERONI e LOMBARDI NETO, 2005).

3.10.3.2. Fatores Antrópicos

A erosão é um processo que ocorre naturalmente, porém, com a intervenção antrópica pode-se intensificar este processo. Como visto Figura 19, as perdas de solo por erosão variam de acordo com o uso que se faz da terra.

Figura 19: As perdas por erosão de um mesmo tipo de solo variam em intensidade de acordo com o uso da terra.



Fonte: Lepsch, 2010, p. 198.

3.10.3.2.1. Desmatamento

A proteção de das florestas, além de ser fundamental para a existência da vida na Terra é de interesse mútuo, pois:

> A floresta é nosso maior recurso natural de caráter renovável: conserva a água a utilizar na irrigação; protege o solo; regula o volume das nascentes; fornece áreas de recreação e é ambiente adequado à fauna. Com um manejo apropriado, além desses múltiplos usos, pode dar ocupação e renda econômica para milhões de pessoas (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2005, p.32).

Boa parte das florestas foram desmatadas pelos colonizadores com o intuito de abrir novas áreas para os empreendimentos agrícolas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005). Lespch (2010) aponta que o homem, afim de cultivar a terra, faz com que o equilíbrio benéfico da natureza seja rompido, pois para o cultivo é necessário retirar a cobertura vegetal original e remover o solo com o arado, fertilizá-lo e o irrigá-lo; e todas essas operações, quando não trabalhadas com os devidos cuidados, podem promover a erosão e outros tipos de degradações.

As queimadas são uma forma mais rápidas e econômicas de limpar um terreno, de combater certas pragas das culturas, de facilitar a colheita (como no caso da cana-de-açúcar) e de renovar pastagens; em sistemas de agricultura temporária (feijão, arroz e milho) é a forma de se disponibilizar rapidamente nutrientes em forma de cinza, porém, quando a queimada é efetuada com muita frequência o solo fica muito exposto, o que aumenta a susceptibilidade a

erosão, volatiliza os elementos úteis à nutrição das plantas e contribui com a poluição atmosférica (LESPCH, 2010).

3.10.3.2.2. Superpastoreio

Segundo o MMA (1999, p. 21):

> No sistema de exploração extensivo um dos impactos ambientais negativos mais expressivos da produção animal é gerado pelo superpastoreio que provoca, a partir do pisoteio excessivo, alteração significativas na estrutura da camada superficial do solo e na composição das espécies vegetais. O superpastoreio intensifica a compactação dos solos e a subtração da cobertura vegetal, favorecendo o processo de erosão. A intensidade dos impactos depende da espécie, porte e carga animal das unidades produtivas, bem como da topografia e do tipo do solo na área.

Os ruminantes eliminam através das fezes e da urina o gás metano. A incorporação desta matéria orgânica no solo é benéfica para sua fertilização, logo, com um manejo adequado pode-se mitigar os impactos causados ao meio ambiente pela pecuária.

3.10.3.2.3. Manejo agrícola inadequado

O manejo agrícola pode ser entendido como o "conjunto de todas as práticas aplicadas a um solo visando a produção agrícola. Inclui operações de cultivo, práticas culturais, práticas de correção e fertilização, entre outras" (EMBRAPA, 2008, p. 1). O manejo do solo pode trazer vários benefícios para o produtor, porém, se realizado de forma inadequada, pode acarretar graves consequências, tanto para o sistema orgânico como para o sistema convencional de produção. Dentre as consequências, pode-se citar: deficiência e toxidez nutricional, revolvimento excessivo, erosão e compactação do solo (EMBRAPA, 2008).

Em um mesmo solo, é possível ocorrer a degradação e o transporte de partículas por ação da chuva; a intensidade disso dependerá do sistema agrícola aplicado a ele, que podem ser os cultivos perenes ou os anuais. As culturas anuais deixam as superfícies mais expostas do que os cultivos perenes e, desse modo, este solo estará mais susceptível a erosão (LEPSCH, 2010).

Nota-se diferentes quantidades de perdas de solo por erosão para cada tipo de cultura. Diante disso, recomenda-se o plantio em faixas, em que as culturas que perdem muito solo (cobertura vegetal menos densa), fiquem entre as que perdem pouco (cobertura vegetal mais densa) (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2005).

Realizou-se a construção da Tabela 1, de acordo Bertoni e Lombardi Neto (2005), onde algumas considerações são necessárias para o entendimento, como a média pluviométrica sendo

de 1.300 mm em um terreno com declividade entre 8,5% e 12,8%; atribui-se o valor de 100 para a cultura que apresenta maior quantidade de terra arrastada (e no sentido decrescente para a que apresenta menor); e a divisão dos grupos em graus crescentes, está relacionado com as culturas que apresentam maior proteção contra erosão (ou seja, 1º grupo é o que menos oferece proteção e o 4º grupo é o que mais oferece proteção).

Tabela 1: Efeito do tipo de cultura anual sobre as perdas por erosão e a quantidade de terra arrastada.

	Perdas de		**Quantidade de terra arrastada**	
Cultura anual	**Solo (t/há)**	**Água (% da chuva)**	**100 para cultura que apresentou maior quantidade**	**Grupos**
Mamona	41,5	12	100	
Feijão	38,1	11,2	92	1º grupo
Mandioca	33,9	11,4	83	
Amendoim	26,7	9,2	64	
Arroz	25,1	11,2	60	2º grupo
Algodão	24,8	9,7	60	
Soja	20,1	6,9	48	3º grupo
Batatinha	18,4	6,6	44	
Cana-de-açúcar	12,4	4,2	30	
Milho	12	5,2	29	4º grupo
Milho + Feijão	10,1	4,6	24	
Batata-doce	6,6	4,2	16	

Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (2005), organizado por Autores (2020).

Diante da tabela apresentada acima, nota-se a importância de se adotar as práticas conservacionistas na agricultura, como por exemplo o plantio em faixas apresentado anteriormente que é proposto por Bertoni e Lombardi Neto (2005), uma vez que, tanto a forma de cultivo como o tipo de cultura apresentam grandes variações quanto a perda de solo por erosão (LEPSCH, 2010).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em três níveis de forma integrada: levantamento bibliográfico, trabalho de campo e laboratório. No levantamento bibliográfico, buscou-se entender os processos a partir de bibliografias consistentes que discorrem sobre os assuntos abordados ao longo da pesquisa. No trabalho de campo, foram empregados os conhecimentos obtidos no levantamento bibliográfico, realizando-se anotações de campo, implementando técnicas práticas de contenção de erosão, coleta de amostras de solos para as análises laboratoriais e ensaios de permeabilidade. Por fim, no laboratório, foram realizadas análises das amostras que possibilitaram inferir informações importantes a respeito das características do solo amostrado em campo.

Vale destacar que ao longo do trabalho foram enfrentadas algumas dificuldades. A pandemia da COVID-19 prejudicou o desenvolvimento da pesquisa, especialmente os trabalhos de campo, ao criar dificuldades de deslocamento e de comunicação com o orientador. A solução para este problema foi estabelecer comunicação por e-mail, Google Meet e pelo aplicativo Whatsapp. Além disso, houve o fechamento da Biblioteca – FCT Unesp, do Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos e dos espaços de estudos da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus de Presidente Prudente - SP, restringindo o acesso livros e outros materiais de pesquisa.

Ainda assim, apesar de todas as dificuldades, foi possível, empregando dedicação e esforço, superar os obstáculos e cumprir com os objetivos propostos no projeto de pesquisa.

4.1. Análise da morfologia das amostras de solos

Em campo foram realizado a coleta das amostras de solo e sua descrição quanto a “cor”, “textura”, “estruto”, “perosidade”, “cerosidade”, “consistência” e “coesão”, de acordo com o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo de Santos et. al do ano de 2005.

4.1.1. Cor

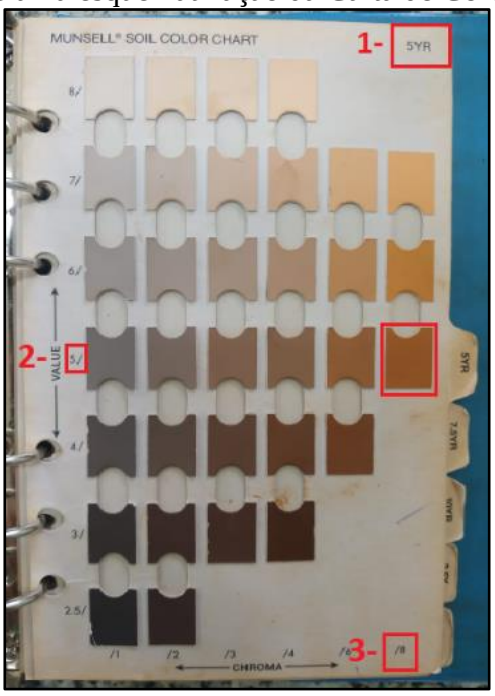
A propriedade “cor” é considerada indispensável na análise morfológica de um perfil de solo, pois mesmo não tendo influência direta sobre o desenvolvimento das plantas, a cor auxilia na interpretação da pedogênese e contribui para a classificação do solo, de acordo com critérios estabelecidos no Manual de Classificação de Solos da EMBRAPA, do ano de 2005.

Para a caracterização da cor são utilizados os critérios estabelecidos na Carta de Cores Munsell para Solos, ou mais conhecida como a tabela Munsell, sendo o primeiro sistema aceito para a identificação de todas as cores visíveis a olho humano. Desenvolvida pelo professor Anbert H. Munsell, em 1905, a Carta de Cores Munsell apresenta o grau de intensidade em três componentes diferentes, sendo eles: matiz (‘hue’), valor (‘value’) e croma (‘chroma’) (KIEHL, 1979; SANTOS et al., 2005).

O “matiz” na Tabela Munsell é representado por um número entre 0 e 10, e por uma ou duas letras maiúsculas que correspondem às iniciais das cores do espectro solar (R, YR, Y, G, BG, B, PB, P e RP); são as que estão rotuladas na Figura 20 como número “1”. O “valor” é considerado o segundo elemento a ser analisado da cor, representando a tonalidade e indicando a proporção de branco e de preto combinados com determinado matiz (SANTOS, et al., 2005). O valor varia de branco absoluto até preto absoluto, sendo respectivamente de 0 a 10, porém, para solos constam valores de 2 a 8 que estão presentes na escala vertical; encontra-se na Figura 20 como número “2”. Por fim, o croma relaciona a pureza relativa ou a saturação da cor, podendo variar de 0 para cores neutras e acinzentadas e aumentando gradativamente até 10, mas na Carta de Cores Munsell para Solos, são apresentadas apenas as combinações de 1 a 8, encontradas na escala em sentido horizontal, identificado na Figura 20 como número “3”.

Ademais, pontua-se que a cor do solo é uma determinação importante na interpretação das condições do mesmo, sendo possível observar se há uma correlação do solo com os processos determinantes do ambiente.

Figura 20: Exemplo de uma esquematização da Carta de Cores Munsell para Solos.



Fonte: Autores (2020).

4.1.2. Textura

A textura é considerada uma análise essencial para o estudo de solos degradados por erosão hídrica, uma vez que o tamanho e distribuição das partículas relacionam-se diretamente com o solo e como irá se comportar ao receber a gota d'água da chuva, podendo impactar tanto ao desprendimento dos agregados, quanto a capacidade de reter água que o mesmo apresenta.

Na geral, horizontes superficiais apresentam-se mais arenosos, isso acontece porque partículas menores tendem a deslocar-se para os horizontes subjacentes, quando não, pode-se perdê-las também pela ação do escoamento superficial. Solos de características arenosas são considerados solos mais susceptíveis a erosão, pois apresentam a dificuldade de formar agregados, o que os tornam mais soltos. Por outro lado, são solos que apresentam facilidade de drenar a água nos eventos de chuva, o que, por sua vez, diminui a saturação e o escoamento superficial.

De outra forma, os solos argilosos apresentam-se com uma maior resistência à ação erosiva, isso está relacionado a sua facilidade em formar agregados e por reter maior teor de matéria orgânica, ambas as características auxiliam na estruturação do solo. Porém, em casos de concentrações de partículas de argila no horizonte B, e com horizontes superficiais arenosos, tendem a inferir em um maior escoamento subsuperficial, por isso o processo erosivo é favorecido.

A textura influencia na Capacidade de Troca Catiônica (CTC). Solos arenosos apresentam baixa CTC, pois absorvem maior volume de água; porém, possuem pouca capacidade de retê-la. Por outro lado, solos argilosos encontram dificuldade de infiltrá- la, contudo, retém a umidade entre os microporos por mais tempo.

Com relação a aeração e a drenagem, quanto mais arenoso, melhores são estas condições e quanto mais argiloso, mais resistente são a estas propriedades. Já em relação ao teor de matéria orgânica, de maneira geral, os solos arenosos apresentam menor teor, ao mesmo tempo que os argilosos, dependendo das condições de preservação, apresentarão maior teor desta propriedade.

4.1.3. Estrutura

Considera-se a estrutura uma propriedade que pode ser alterada por diversos fatores, como a estação do ano, grau de umidade do solo, sistema radicular que envolve as partículas primárias, manutenção do teor da matéria orgânica e especialmente pelo manejo adotado para

os diferentes usos da terra. De modo geral, a estrutura é “padrão de arranjamento das partículas primárias do solo em unidades estruturais compostas, chamadas agregados, separadas entre si pelas superfícies de fraqueza” (SANTOS, et al., 2005).

Em campo, foram levantados os parâmetros da forma, o tamanho e o grau de desenvolvimento do solo.

A forma é subdividida em estruturas do tipo laminar; prismático: prismático e colunar; em blocos ou cúbicos: blocos angulares e subangulares; e granular ou esferoidal: granular e grumosa.

- Laminar: apresentam aparência de lâmina com suas espessuras variadas que não ultrapassam o comprimento horizontal, sendo comuns em horizontes superficiais.
- Prismática: caracteriza-se por apresentar um plano vertical maior que a unidade horizontal (PERUSI, 2005). Sua subdivisão prismática e detectada quando a porção superior da unidade estrutural é plana; e para colunar, quando essa extremidade é arredondada.
- Blocos ou cúbicas: suas dimensões de altura, largura e espessura são semelhantes. Segundo Santos *et al.* (2005), sua subdivisão em angular se dá quando apresenta-se com ângulos planos e subangular quando os mesmos estão arredondados.
- Granular: possui três dimensões aproximadamente iguais com superfícies arredondadas. Geralmente ocorrem em horizontes superficiais, formando grumos.

O tamanho é a segunda propriedade a se analisar. Este fator pode ser influenciado por fatores adversos, como por exemplo, o impacto da gota de água da chuva sobre o solo, ou também pelas enxurradas que acabam carregando estruturas superficiais decorrente do processo de rolamento, que irá diminuir as suas arestas e o seu tamanho. Classifica-se, em análise de campo, os tamanhos das partículas de solo como:

- muito pequeno;
- pequeno;
- médio;
- grande;
- muito grande.

O grau de desenvolvimento é a terceira e última característica desta análise; este, por sua vez, está ligado ao nível de coesão dos agregados dentre e entre si (FREIRE, 2006). Para esta análise segue os seguintes critérios:

i. Sem unidades estruturais ou peds;

ii. grãos simples – não coerente;
iii. maciço – coerente.
iv. com unidades estruturais ou peds;
v. fraca: unidades estruturais pouco frequentes em relação a terra solta;
vi. moderada: unidades estruturais bem definidas e há pouca terra solta;
vii. forte: unidades estruturais são separadas com facilidade e quase não se observa partículas soltas.

Realiza-se a descrição da estrutura em campo, sendo essa análise realizada na avaliação visual das amostras, levando em conta o grau de umidade e de preferência utilizando uma lupa.

Analisar estes critérios estruturais permite uma melhor leitura do solo relacionada as suas condições de uso, cobertura e manejo, ainda mais quando estas condições estão relacionadas a mudanças do seu ecossistema natural para receber sistemas antrópicos (como por exemplo: a pecuária, agricultura etc.), que, por sua vez, pode modificar o arranjo das partículas do solo.

4.1.4. Porosidade

A porosidade é a relação entre a textura e a estrutura do solo, essa relação é de extrema importância para entender os focos erosivos, pois está relacionada ao espaço em que a água terá para infiltrar antes de que se inicie o processo de escoamento superficial. Além do mais, esta propriedade é capaz de indicar condições de compactação e o grau de estruturação ou resistência que as partículas primárias apresentarão sob o impacto da gota de água da chuva. Mas mesmo sendo um forte indicador de erodibilidade, não deve-se deixar de lado as outras propriedades do solo.

4.1.5. Cerosidade

A cerosidade aponta o brilho de determinada classe de argila que predomina no perfil, servindo como uma informação importante para fazer a relação da quantidade dessa partícula, assim como o seu comportamento mediante aos seus distintos graus de umidade, que está relacionada as estações do ano.

4.1.6. Consistência

A textura e o teor de matéria orgânica são considerados propriedades que influem diretamente na consistência, assim como no grau de umidade, o conteúdo e natureza do material coloidal e o tipo de cátion absorvido (SANTOS, et al., 2005). No campo, a descrição da consistência deve ser feita com a amostra em três estados: seca, úmida e molhada, assim como está previsto no manual. A amostra indicará características de dureza ou tenacidade quando seca. Amostra em seu estado seco: para realizar o exame é necessário comprimir entre o polegar e o indicador uma amostra de torrão seco, com aproximadamente 3 cm e logo após será anotado o grau de consistência do solo em seu estado seco, seguindo os critérios do Quadro 3.

Amostra no seu estado físico úmida indicará características de friabilidade. Para seu exame, é necessário comprimir um torrão de 3 cm em seu estado úmido intermediário, após isto, será anotado o nível de consistência do solo quando úmido, seguindo os critérios do Quadro 4.

A amostra quando molhada poderá indicar características de plasticidade e pegajosidade. A plasticidade é a propriedade que o material do solo apresenta de ser moldada ao receber uma tensão (CAMPOS, 1999). Já sobre a pegajosidade Santos et al. (2005, p. 36) aponta que é "à propriedade que pode apresentar a massa do solo de aderir a outros objetos".

A amostra de solo umedecida deve ser modelada nas formas de cilindro para plástica e deve-se testar a aderência do material entre os dedos para a análise da pegajosidade. Para a consistência do solo molhado, considerando sua plasticidade e pegajosidade, segue-se os parâmetros do Quadro 5.

Os exames da consistência em campo, sendo a dureza, friabilidade, plasticidade e pegajosidade, estão ligados diretamente com a qualidade física do solo, podendo apresentar a pressão suportada por ele em diferentes condições de umidade.

Quadro 3: Descrição da consistência do solo quando seco.

CONSISTÊNCIA DO SOLO QUANDO SECO	
Consistência	**Caracterização**
Solta	Não coerente entre o polegar e o indicador
Macia	A massa do solo é fracamente coerente e frágil, quebra-se em material pulverizado ou grãos individuais sob pressão muito leve
Ligeiramente dura	Fracamente resistente à pressão, facilmente quebrável entre o polegar e oindicador
Dura	Moderadamente resistente à pressão, pode ser quebrado nas mãos, sem dificuldade, mas é dificilmente quebrável entreo indicador e o polegar
Muito dura	Muito resistente à pressão. Somente com dificuldade pode ser quebradonas mãos. Não quebrável entre o indicador e o polegar
Extremamente dura	Extremamente resistente à pressão. Não podeser quebrado com as mãos

Fonte: Manual de descrição e coleta de solo no campo – Santos, et al., 2005, organizado por Autores (2020).

Quadro 4: Descrição da consistência do solo quando úmido.

CONSISTÊNCIA DO SOLO QUANDO ÚMIDO	
Solta	Não coerente
Muito friável	O material do solo esboroa-se com pressão muito leve, mas agrega-se por compressão posterior
Friável	O material do solo esboroa-se com pressão muito leve, mas agrega-se por compressão posterior
Firme	O material do solo esboroa-se sob pressão moderada entre o indicador e o polegar, mas apresenta resistência distintamente perceptível
Muito firme	O material do solo esboroa-se sob forte pressão, dificilmente esmagável entre o indicador e o polegar
Extremamente firme	O material do solo somente se esboroa sob pressão muito forte, não pode ser esmagado entre o indicador e o polegar e deve ser fragmentado pedaço por pedaço

Fonte: Manual de descrição e coleta de solo no campo – Santos, et al., 2005, organizado por Autores (2020).

Quadro 5: Descrição da consistência do solo quando molhado.

CONSISTÊNCIA DO SOLO QUANDO MOLHADO			
Plasticidade	É a propriedade que de apresentar o material do solo de mudar continuamente de forma, pela ação da força aplicada, e de manter a forma imprimida, quando cessa a ação da força	**Não - plástica**	Quando muito, forma-se um fio, que éfacilmente deformado
		Ligeiramente plástica	Forma-se um fio, que é facilmente deformado
		Plástica	Forma-se um fio, sendo necessária pressão moderada para sua deformação
		Muito plástica	Forma-se um fio, sendo necessária muita pressão para deformá-lo
Pegajosidade	É a propriedade que pode apresentar a massa do solo de aderir a outros objetos.	**Não - pegajosa**	Após cessar a pressão, não se verifica, praticamente, nenhuma aderência da massa ao polegar e indicador
		Ligeiramente pegajosa	Após cessar a pressão, o material adere a ambos os dedos, mas desprende-se de um deles perfeitamente. Não há apreciável esticamento ou alongamento quando os dedos são afastados
		Pegajosa	Após a compressão, o material adere a ambosos dedos e, quando estes são afastados, tende a alongar-se um pouco e romper-se, em vez de desprender-se de qualquer um dos dedos
		Muito pegajosa	Após a compressão, o material adere fortemente a ambos os dedos e alonga-se perceptivelmente quando eles são afastados

Fonte: Manual de descrição e coleta de solo no campo – Santos, et al., 2005, organizado por Autores (2020).

4.1.7. Coesão

A coesão é uma propriedade que está ligada a resistência que o solo apresenta ao aplicar uma determinada força com um determinado objeto.

Os dois graus de coesão foram descritos de acordo com Santos et al. (2005);

Moderadamente coeso: quando seca, a amostra de solo resiste à penetração do martelo pedológico ou trado e apresenta uma fraca organização estrutural. Geralmente seco, apresenta consistência dura e quando úmido varia de friável a firme.

Fortemente coeso: quando seca, a amostra de solo resiste fortemente a penetração do martelo pedológico ou trado e não apresenta uma organização estrutural visível.

Geralmente seco, apresenta consistência muito dura e às vezes extremamente dura e quando úmido, a consistência varia de friável a firme.

Os resultados de coesão devem ser complementados com as informações a partir do exame da consistência; e também deve ser comparado com os resultados laboratoriais da quantificação das partículas simples. Desta forma, se tem uma visão geral relacionada a resistência do solo e sobre as interferências antrópicas submetidas a ele.

4.2. Atividades realizadas em laboratório

No Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solo da FCT/UNESP, Campus de Presidente Prudente, SP, foram realizadas as análises de textura e da densidade do solo, com base nos procedimentos estabelecidos no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997), revisado por Teixeira et al. (2017). Para isso, partiu-se das seguintes etapas: secagem, destorroamento e peneiramento das amostras, análises granulométricas e densidade do solo.

4.2.1. Separação das amostras

Separou-se as amostras de acordo com a identificação realizada em campo, seguindo a sequência da numeração de 1 até 13, que foi o total de amostras coletadas (Figura 21).

Figura 21: Separação das amostras em laboratório.



Fonte: Autores (2019)

4.2.2. Secagem, destorroamento e peneiramento das amostras

Em recipientes plásticos devidamente identificados, as amostras foram espalhadas para garantir a secagem uniforme do material amostrado. Dispensou-se a estufa de ventilação em temperatura de 40º, realizando assim o método da secagem ao ar na sombra, que também está previsto no manual. O tempo para secagem foi de aproximadamente seis dias, considerando que foram realizados teste individuais em cada amostra ao longo deste período, a fim de checar a umidade de cada uma delas.

Após isso, realizou-se o destorroamento do material manualmente, sendo necessário o uso do martelo de borracha apenas nas amostras com grau mais elevado de dureza, realizando todo procedimento de forma suave a fim de evitar a moagem do material (Figura 22).

Por fim, foi realizado o peneiramento das amostras, passando-as por uma peneira de malha de 2 mm, separando o material com diâmetro inferior a essa medida, a fim de separar a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), que seguiu para análise granulométrica. Deve- se lembrar que não foi necessário a utilização das peneiras de 4 e 8 mm nesse procedimento, pois não havia partículas mais grosseiras como os cascalhos, separando apenas algumas raízes que estava junto a amostra.

Figura 22: Amostra 1 seca, peneirada e destorroada



Fonte: Autores (2019).

4.2.3. Análise granulométrica

A finalidade da análise granulométrica é quantificar a distribuição das partículas individualizadas de minerais do solo. Esse procedimento visa a ruptura dos agregados de solo e a separação dessas partículas através da energia mecânica e química que apresentará a formação de uma suspensão estabilizada e a quantificação após a separação das frações (VIANA, et al., 2017).

Para realizar esse procedimento utilizou-se dos seguintes materiais: béquer de 50 ml, placas de vidro, proveta 1L, peneira com malha de 2,0 e 0, 053 mm, funil, suporte para funil, bastão para agitação com uma tampa de borracha contendo vários furos, e de diâmetro um pouco menor do que o cilindro ou proveta, termômetro, cronometro, pipeta graduada de 25 ml, agitador rotativo (mesa agitadora), balança de precisão, e estufa com circulação forçada. Utilizou-se também um reagente químico composto pela solução hidróxido de sódio 1 mol L-1.

Vale ressaltar que para todas as amostras foram realizadas repetições, a fim de garantir o controle dos procedimentos.

4.2.3.1. Dispersão das amostras

As amostras foram pesadas (10 gramas de TFSA) e transferidas para um elenmeyer de 200ml. Foram acrescentados 20 ml de água deionizada e 10 ml do reagente de hidróxido de sódio, e foram levados os elenmeyers para a mesa agitadora por 6 horas a 50 rpm.

4.2.3.2. Separação da areia

Para a separação da areia foi montado um jogo de peneira de 0, 053 mm em um funil que estava sobre um suporte e o conjunto todo estava sobre uma proveta. O conteúdo que estava em uma garrafa foi esvaziado sobre a peneira e lavado com água deionizada sobre uma pressão frequente e uniforme até o volume da proveta atingir 1000 ml. O objetivo deste procedimento é permitir que as partículas que apresentaram diâmetros menores que 0,053 mm passem pela peneira, já as partículas de areia ficam retidas.

As frações retidas na peneira foram depositadas nas Placas de Petri com peso conhecido e levadas para secagem na estufa por um período de 24 horas, sob uma temperatura de 105 ºC. Após isso, as amostras foram retiradas da estufa e encaminhadas para o dessecador para esfriar. Com as amostras já frias, realizou-se a pesagem em uma balança analítica para que posteriormente fossem efetuados os cálculos.

4.2.3.3. Método da pipeta

Com o material contendo silte e argila resultante da filtragem realizou-se o método da pipeta. Para isso, as provetas contendo esse material foram colocadas no tanque; após medir a temperatura das soluções com um termômetro, determinou-se o tempo de pipetagem (Tabela 2). Realizou-se a agitação, que foi feita com o auxílio de um bastão, e cada proveta foi agitada por 30 segundos, guardando um intervalo de tempo entre elas de 1 minuto.

Depois de ter aguardado o tempo entre a agitação das provetas e a pipetagem, iniciou-se o procedimento com 5 ml de solução (conteúdo com argila), a 5 cm de profundidade. O material foi transferido para um béquer de 40 ml e adicionado 5 ml de água deionizada; mas, anteriormente, o béquer foi deixado um tempo na estufa e foi feita a pesagem. Após esse procedimento, os béqueres foram levados para a estufa a uma temperatura de 105 ºC durante 24 horas. Posterior a isso, os béqueres foram encaminhados para o dessecador e pesados novamente.

Tabela 2: Tempo de sedimentação para a pipetagem.

Temperatura (ºC)	Tempo (h e ‘)
15	4h e 19’
16	4h e 12’
17	4h e 05’
18	3h e 59’
19	3h e 53’
20	3h e 48’
21	3h e 42’
22	3h e 37’
23	3h e 32’
24	3h e 27’
25	3h e 22’
26	3h e 18’
27	3h e 13’
28	3h e 09’
29	3h e 05’
30	3h e 01’

Fonte: EMBRAPA (1997).

4.2.3.4. Cálculo das porcentagens de areia, silte e argila

4.2.3.4.1. Porcentagem de areia

M_{areia} = P2 (peso da placa com areia) – P1 (peso da placa)

% argila = 10 * M_{areia}

4.2.3.4.2. Porcentagem de argila

M_{argila} = P4 (peso do béquer com a argila) – P3 (peso dobéquer)

%argila = (M_{argila} – 0,002) * 2000

4.2.3.4.3. Porcentagem de silte

% silte = 100% - % areia - % argila

4.2.4. Densidade do solo

A densidade do solo pode ser considerada a relação entre a massa de uma amostra de solo seco a 105 ºC, a soma dos volumes ocupados pelas partículas e pelos poros que também podem estar ocupados com ar e/ou água.

Através da densidade é possível avaliar algumas propriedades, como: a drenagem, a porosidade, a condutividade hidráulica, a permeabilidade ao ar e à água, capacidade de saturação, armazenamento de água e a umidade disponível para as atividades microbianas.

Para a coleta dos dados de densidade utilizou-se o método do anel volumétrico, sendo que este necessitou de coletas em campo. Tais coletas foram realizadas em triplicatas para cada horizonte amostrado, utilizando o anel de Kopeck de bordas cortantes e capacidade interna conhecida. Com o auxílio de um martelo foi possível cravar o anel na parede do perfil que, após removido, retirou-se todo o excesso de terra com o auxílio de uma faca, igualando as superfícies e garantindo que o material de dentro do anel não se perdesse; após isso, foi transferido para um recipiente apropriado (Figura 23).

Com os anéis já em laboratório, foram secados a 105 ºC por 2 horas. Após isso, foram pesados e os valores anotados para realizar, posteriormente, os seguintes cálculos Ds=M/V, sendo: Ds a densidade do solo; M é a massa da amostra e V é o volume da amostra. Desta forma, os resultados foram expressos em gramas por centímetro cúbico.

As variações de densidade do solo variam da seguinte forma:

- solos argilosos, de 0,90 a 1,25 g/cm3;
- solos arenosos, de 1,25 a 1,60 g/cm3;
- solos húmicos, de 0,75 a 1,00 g/cm3;
- solos turfosos, de 0,20 a 0,50 g/cm3.

Através dos resultados obtidos, pode-se dizer que quanto mais elevada a densidade do solo mais compactado o mesmo se apresenta, com menos espaços porosos entre as partículas e acarretando menor capacidade de drenagem e armazenamento de água. Isso significa que em eventos chuvosos, o solo satura de maneira mais rápida e acaba provocando em menos tempo o processo de escoamento superficial, o que indica a degradação de sua estrutura. Por outro lado, solo menos denso pode apresentar uma melhor estruturação, pois encontra-se com maior quantidade de agregados e macroporos, além de demonstrar concentração de matéria orgânica.

Figura 23: Coleta de solo utilizando anel volumétrico.



Fonte: Autores (2020).

4.3. Elaboração de mapas temáticos com software de SIG

Para a elaboração dos mapas temáticos, primeiramente, realizou-se um estudo da área. Para isso, necessitou-se de um levantamento bibliográfico que possibilitou obter o conhecimento das características físicas e históricas. Nesta etapa, realizou-se busca para a estruturação do banco de dados.

4.3.1. Construção da carta geomorfológica

Para a elaboração da carta geomorfológica em escala de semidetalhes da bacia hidrográfica onde está localizada a área de pesquisa, foi utilizado o programa “StereoPhoto Maker 6.02”, com a geração de anaglifos a partir de imagens de satélite do Google Earth Pro, e visualização tridimensional, com a técnica de estereoscopia digital, permitindo o mapeamento detalhado das feições geomorfológicas como as formas das vertentes, fundos de vales e divisores d’água, ações erosivas etc. A legenda baseou-se em Tricart (1965) e Verstappen e Zuidam (1975) (Figura 24).

Figura 24: Simbologia utilizada na carta geomorfológica.

ELEMENTOS	DENOMINAÇÃO			SÍMBOLO
Formas de Vertente e Interflúvios	Vertentes	Côncava		
		Convexa		
		Retilínea		
		Linha de cumeada		
	Feições erosivas	Sulcos		
		Ravinas		
	Topografia e morfometria	Curva de nível		
		Ponto cotado		×550
Ações das Águas Correntes	Feições de drenagens	Canal pluvial		
		Área de acumulação		
	Modelado de entalhe	Fundo de vale	Em V	
			Plano	
Modelado Antrópico	Degraus antrópicos			
	Cercas e divisas			

Fonte: Tricart (1965) e Verstappen e Zuidam (1975).

Na elaboração da carta geomorfológica procurou-se destacar as formas erosivas, como sulcos e ravinas; para isso, utilizou-se de símbolos que apresentavam destaque no mapeamento.

As formas erosivas através de sulcos são pequenas incisões verticais e não muito profundas, que na maioria das vezes são causadas por solo exposto ou por ação zoógena. São muito parecidos com um risco, sendo possível identificar em imagens coloridas através de tons bem claros, assemelhando-se ao branco, ou em solos arenosos, apresentando tons avermelhados.

A ravina é o processo avançado em relação à erosão em sulco, sendo possível reconhecê-la através de seu desenvolvimento horizontal, demarcando um sombreamento dentro da feição erosiva.

Após gerada a base geomorfológica, realizou-se o processo de georreferenciamento da mesma. Foi utilizado o software QGis versão 3.12.2 e pontos de controle coletados com um GPS de navegação da marca Garmin em trabalhos de campo. O sistema de projeção utilizado foi o Universal Transversal de Mercator (UTM), zona 22 Sul. Procurou-se destacar as feições erosivas presentes na área através de simbologia e cores, utilizando uma linha curvada com uma flecha para indicar sulcos, e para as ravinas presentes na microbacia do canal pluvial, atribui-se a feição avermelhada na forma de um polígono irregular.

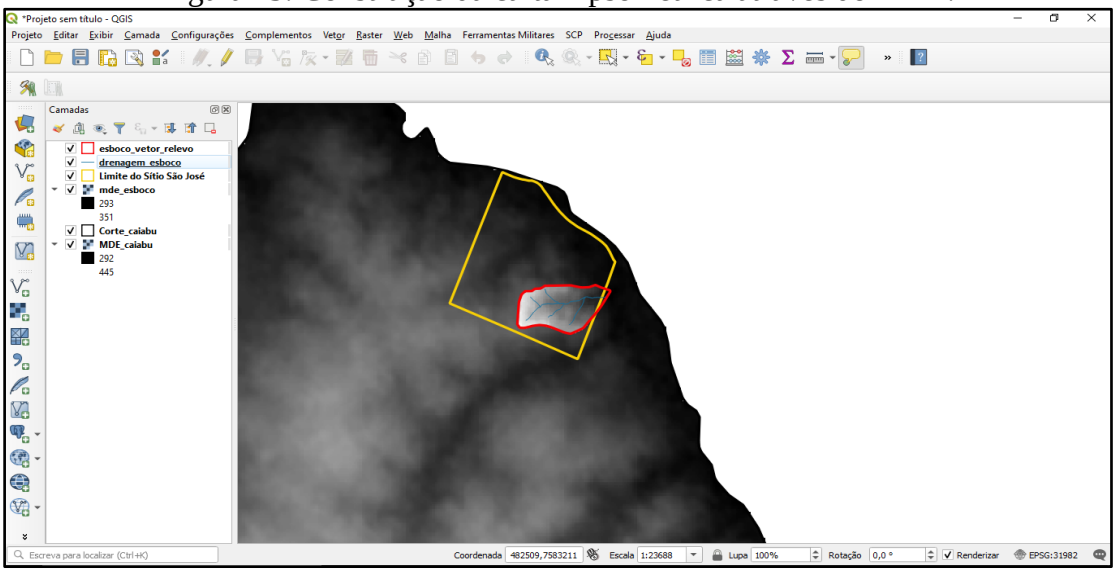
Com o uso da carta geomorfológica gerada através da técnica de estereoscopia foi possível delimitar, no software QGis, a área da microbacia hidrográfica pluvial, assim como a rede de drenagem pluvial e as feições erosivas que, posteriormente, serviu para a base da construção dos demais mapas presentes nesta pesquisa.

4.3.2. Carta hipsométrica

Para gerar a carta hipsométrica utilizou-se um Modelo Digital de Elevação (MDE) (Figura 25) do satélite Alos PALSAR, e do software QGis versão 3.12.2. Foram utilizadas as imagens FBS do sensor PALSAR, que está acoplado no satélite japonês ALOS (Advanced Land Observing System). O Alos PALSAR oferece seus dados entre os períodos de janeiro de 2006 a maio de 2011 em uma resolução espacial de 12,5 m; este sensor é um radar imageador de abertura sintética que opera na banda L, isso contribui para que diminuísse bastante os problemas com interferência atmosférica. Neste trabalho, foi utilizada a imagem ALPSRP266506740, a qual foi capturada no dia 25 de janeiro de 2011 (Figura 25).

Para as simbologias representativas das feições erosivas em forma de sulcos, espelhou-se no esboço geomorfológico gerado na etapa anterior. A partir disso, elaborou- se uma shapefile em formato de pontos e posteriormente foi aplicada a simbologia de representação presente na carta hipsométrica.

Figura 25: Construção da carta hipsométrica através do MDE.

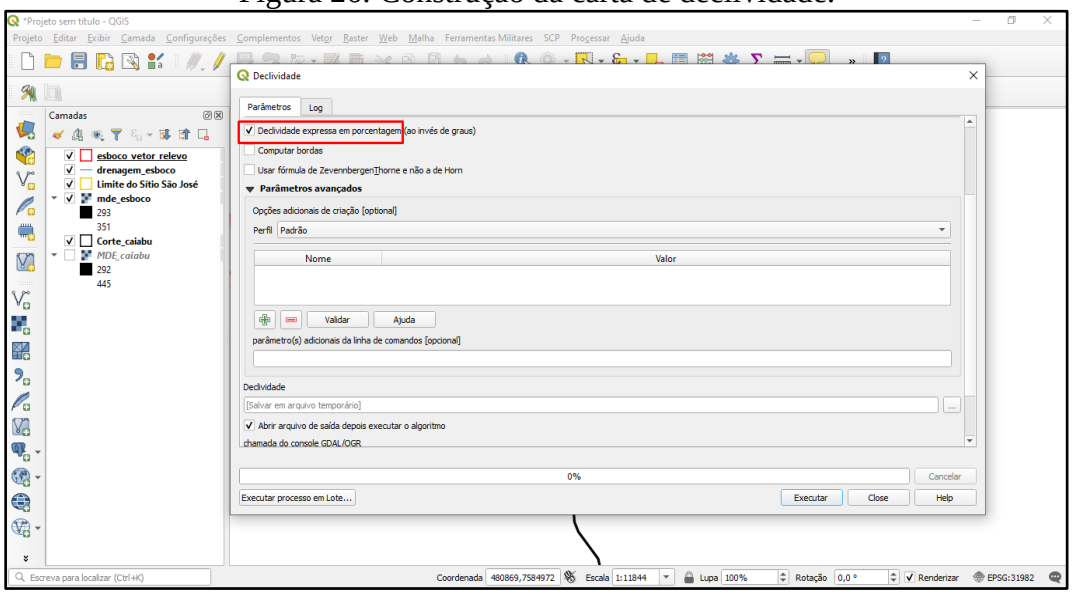


Fonte: Autores (2020).

4.3.3. Carta de declividade

A carta de declividade foi gerada através do MDE do Alos PALSAR, sendo a mesma imagem utilizada no procedimento da carta hipsométrica. Fazendo uso do software Qgis versão 3.12.2, com o módulo “declividade” da ferramenta “raster/analise” (Figura 26), foi possível realizar o cálculo do percentual desta camada. Por fim, realizou-se a reclassificação dos dados e para isso utilizou-se as classes propostas por Lepsch (1983) adaptada por Zanatta (2018), sendo ajustada para nossa área.

Figura 26: Construção da carta de declividade.



Fonte: Autores (2020).

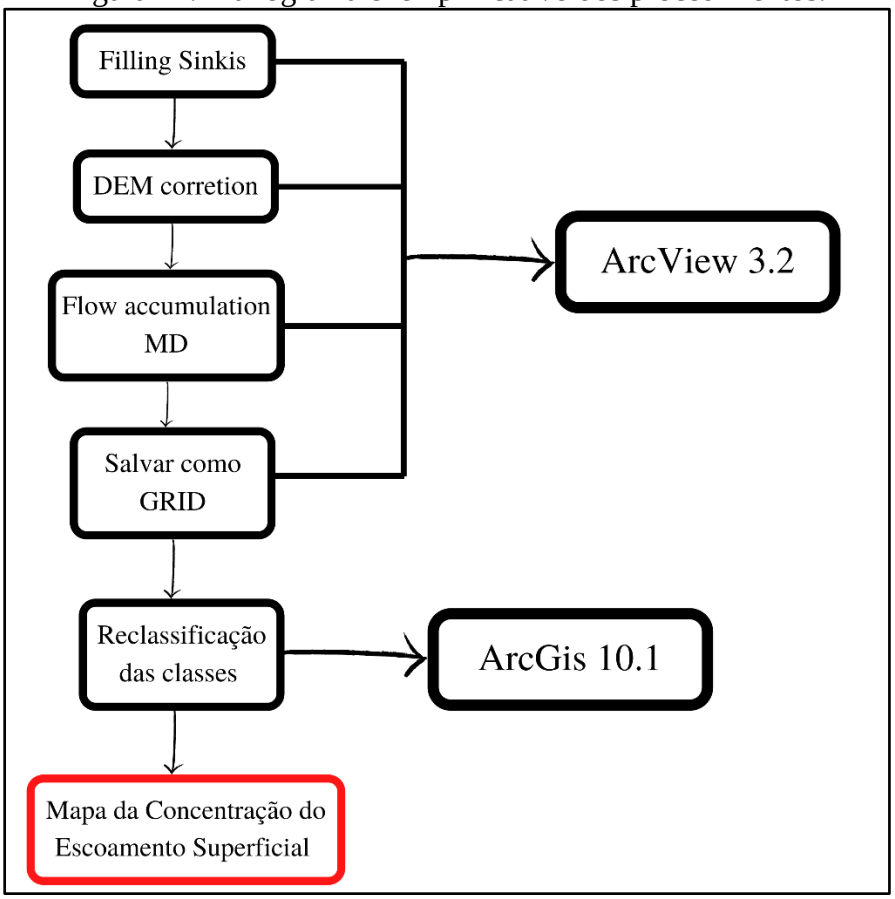
4.3.4. Construção da carta de concentração do escoamento superficial.

A estrutura geomorfológica da área revela a importância de se entender o escoamento pluvial superficial, sendo este um dos principais influenciadores no processo erosivo do local. Desta forma, tornou-se fundamental a elaboração de uma carta temática que revelasse a concentração do escoamento superficial.

Para elaboração desta carta temática utilizou-se as curvas de nível geradas a partir do modelo digital de elevação (MDE) do Alos PALSAR, o mesmo utilizado para gerar a carta de declividade e a hipsométrica. Também foram empregados os softwares QGis 3.12.2, ArcView 3.2 e o ArcGis 10.1. Com o QGis, foram geradas as curvas de nível, baseando–se no MDE, que tornou possível extrair estas com uma equidistância de 12,5m. No ArcGis com as camadas de drenagem, curvas de nível e o limite da microbacia pluvial, utilizando-sea ferramenta “Spatial

Analyst Tools", depois "interpolation" e "topo to raster", gerou-se uma imagem no formato de "GRID". Depois, utilizando o ArcView e novamente o ArcGis, seguiu-se para o processamento representado na Figura 27;

Figura 27: Fluxograma exemplificativo dos procedimentos.



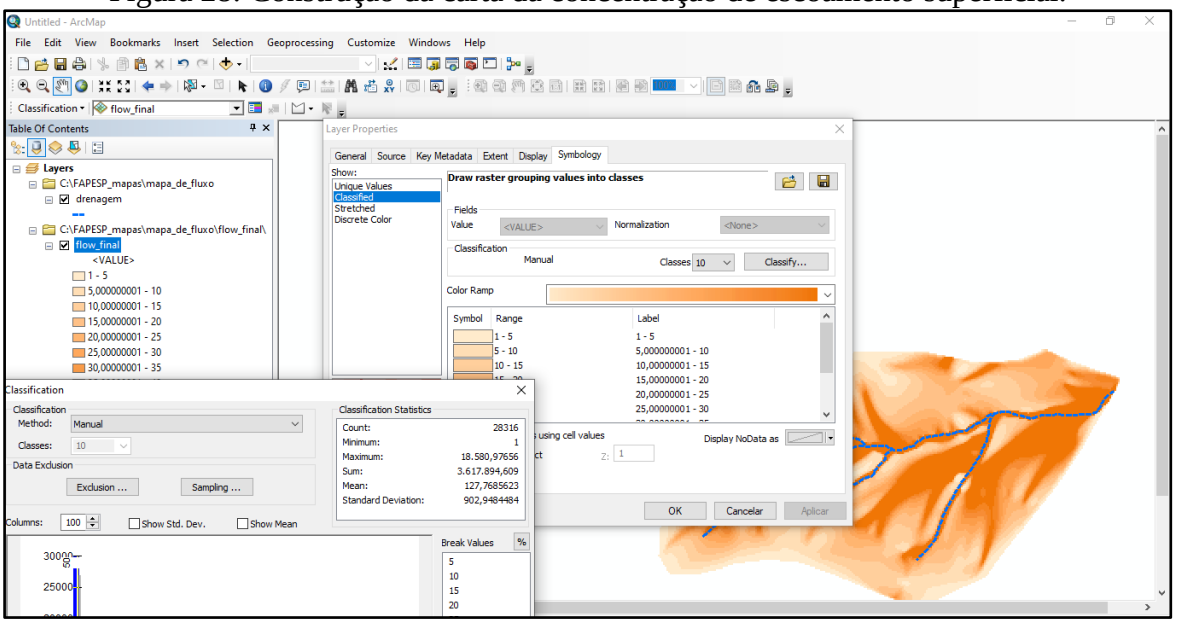
Fonte: Thomazini (2017), adaptada pelos Autores (2020).

Todo esse procedimento foi realizado de acordo com Thomazini (2017), sendo que o mesmo auxiliou em todo o processo. Posterior ao trabalho realizado no ArcView, gerou-se outro GRID que foi exportado para o ArcGis. e foi realizada uma reclassificação (Figura 28) para melhor representar o escoamento superficial presente na área.

O presente MDE foi gerado com células 2x2m; na classificação considerou-se 5 células para cada pixel. Desta forma, foi definido o intervalo para a reclassificação entre 20m^2 a > 200 m2 (Figura 29). Sabendo que cada pixel apresenta 20m^2, entende-se que "este receberá a contribuição do escoamento superficial referente a tonalidade do pixel" (THOMAZINI, 2017). Desta forma, quanto mais claro for o pixel, menor será a interferência da área presente a montante com relação ao seu escoamento. Por outro lado, quanto mais escuro for a tonalidade do pixel, maior será o escoamento que aquela área receberá da área a montante, sendo de 200

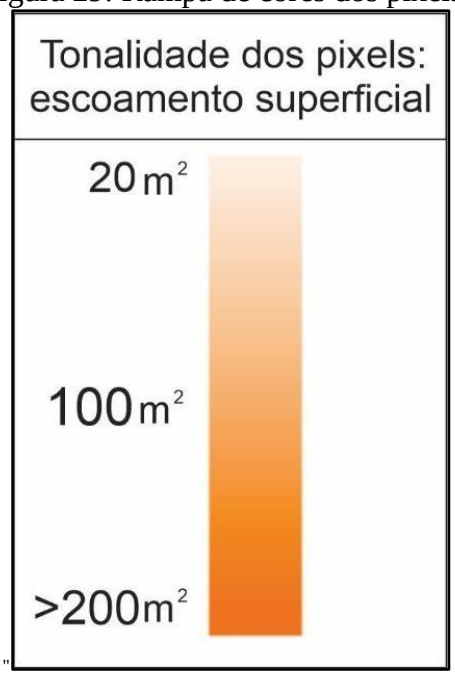
m^2 de todo o escoamento concentrado a montante (THOMAZINI, 2017).

Figura 28: Construção da carta da concentração de escoamento superficial.



Fonte: Autores (2020).

Figura 29: Rampa de cores dos pixels.



Fonte: Autores (2020).

4.3.5. Carta de uso da terra

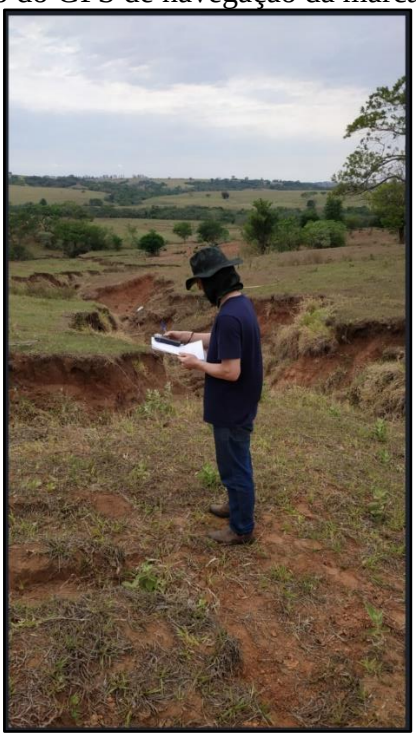
A construção da Carta de uso da terra da microbacia hidrográfica do canal pluvial da área estuda baseou-se no Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013), que apresenta as

seguintes classificações: Nascente, Hidrografia, Vegetação Natural, Horticultura, Área de Pastagem e Cultivo de Cana-de-açúcar. Porém, tal metodologia foi adaptada para o presente trabalho, visto que no local existem apenas dois tipos de uso da terra, sendo eles: Vegetação Natural e Área de Pastagem.

Para a classificação das áreas, foi realizado um trabalho de interpolação visual utilizando como base imagens georreferenciadas do Google Earth do ano de 2019. No processo de georreferenciamento, utilizou-se pontos de controle que foram coletados com o GPS de navegação da marca Garmin em trabalhos de campo (Figura 30), e através do software QGis, versão 3.12.2, foi possível aplicar esses pontos e gerar o produto digital em formato “Tiff”. O sistema de projeção utilizado foi o Universal Transversal de Mercator (UTM), zona 22 Sul.

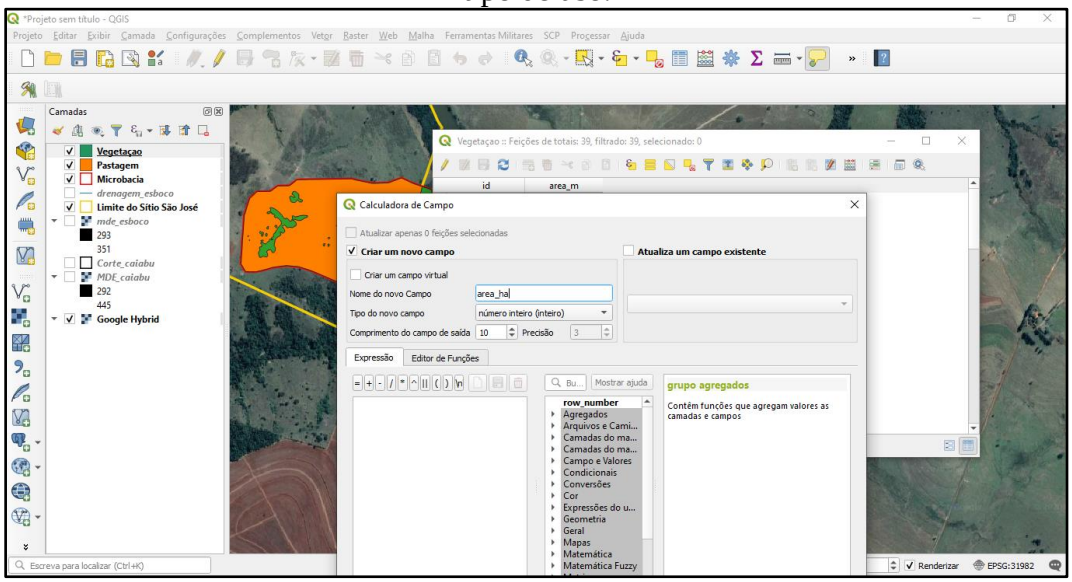
Por fim, realizou-se o cálculo das áreas com os seus determinados tipos de uso (Figura 31), utilizando o mesmo software que foi empregado no georreferenciamento. Assim, foi possível calcular as áreas dos polígonos que representavam cada feição na carta, bem como a área total da microbacia hidrográfica pluvial.

Figura 30: Utilização do GPS de navegação da marca Garmin em campo.



Fonte: Autores (2020).

Figura 31: Procedimento utilizando a calculadora de campo para calcular a área referente ao tipo de uso.



Fonte: Autores (2020).

4.4. Aplicação da técnica de paliçada

Para a construção das paliçadas, antes de tudo, observou-se a área onde seria aplicada a técnica, com o intuito de analisar o caminho que os fluxos preferenciais de água estavam seguindo, para que pudesse determinar pontos em que os barramentos de bambus tivessem melhor eficiência. Após isso, em uma conversa com o proprietário averiguou-se se havia bambus no sítio e se seria possível sua coleta. Necessitou-se da ajuda do proprietário, que disponibilizou um trator (Figura 32 e Figura 33), para realizar o transporte do material

A metodologia alternativa de bioengenharia utilizando as palhiçadas consiste na construção de barramentos de bambus para a contenção de processos erosivos lineares e diminuir o fluxo do escoamento superficial, contribuindo para a retenção dos sedimentos que são transportados pela água, além de favorecer a infiltração da água no solo. Este sistema demonstra-se eficiente para o controle de processos erosivos lineares, e pode apresentar resultados satisfatórios a médio e a longo prazo, incorporando áreas degradadas a se reintegrarem a prática da agricultura novamente (BALDASSARINI, 2014).

Após o corte e o transporte dos bambus até a ravina, iniciou-se a construção dos barramentos, mas, antes disso, com o uso de uma trena definiu-se o tamanho horizontal (extensão do barramento) e vertical (altura do barramento) que seria necessário para aquele ponto. Com isso, utilizando-se de uma serra, cortou-se os bambus nos tamanhos preestabelecidos. Depois disso, foram feitos os buracos utilizando uma cavadeira para que

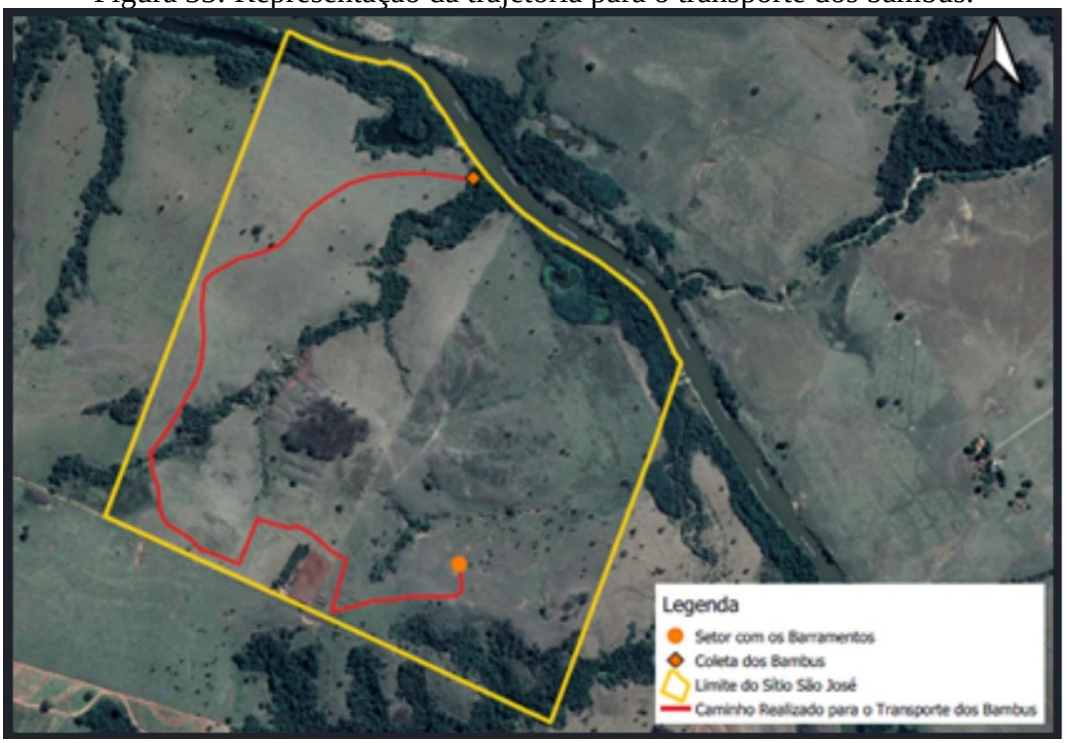
fixasse o bambu de apoio na vertical (Figura 34). Após esta etapa, apoiou-se os bambus na horizontal, o que necessitou de aberturas de canaletas nas laterais da erosão; para isso, utilizou-se uma enxada. Por fim, prendeu-se os bambus colocados na horizontal nos de apoio com o auxílio de arame.

Figura 32: Utilização do trator para o transporte dos bambus.



Fonte: Autores (2020).

Figura 33: Representação da trajetória para o transporte dos bambus.



Fonte: Google earth pro, organizado Autores (2020).

Figura 34: Montagem dos barramentos de bambu.



Fonte: Autores (2020).

Depois da etapa da construção dos barramentos, utilizando abraçadeiras plásticas, fixou-se sacos de ráfia em cima dos barramentos, que depois de dois meses foram substituídos por telas de sombrite de polietileno utilizados em hortas (Figura 35). O intuído desta última etapa é favorecer a retenção de sedimentos. A substituição dos sacos de ráfia pelas telas de sombrite foi feita em razão de os sacos de ráfia terem se deteriorado rapidamente. As telas de sombrite, em um primeiro momento, foram empregadas de forma experimental, por apresentarem um resultado de durabilidade e resistência ao tempo superior em relação aos sacos de ráfia. Com isto, optou-se por utiliza-lo no restante do processo.

A fixação das telas de sombrite nos barramentos foi realizada de forma análoga aos sacos de ráfia, com uso de abraçadeiras plásticas que exerceram a função de prender as telas de sombrite na parte superior dos barramentos, de forma que sobrasse uma porção estendida sobre o solo, a qual foi coberta com bambus para evitar que sedimentos passassem por baixo dele (Figura 35).

Figura 35: Instalação dos sacos de rafia e do sombrite.



Fonte: Autores (2020).

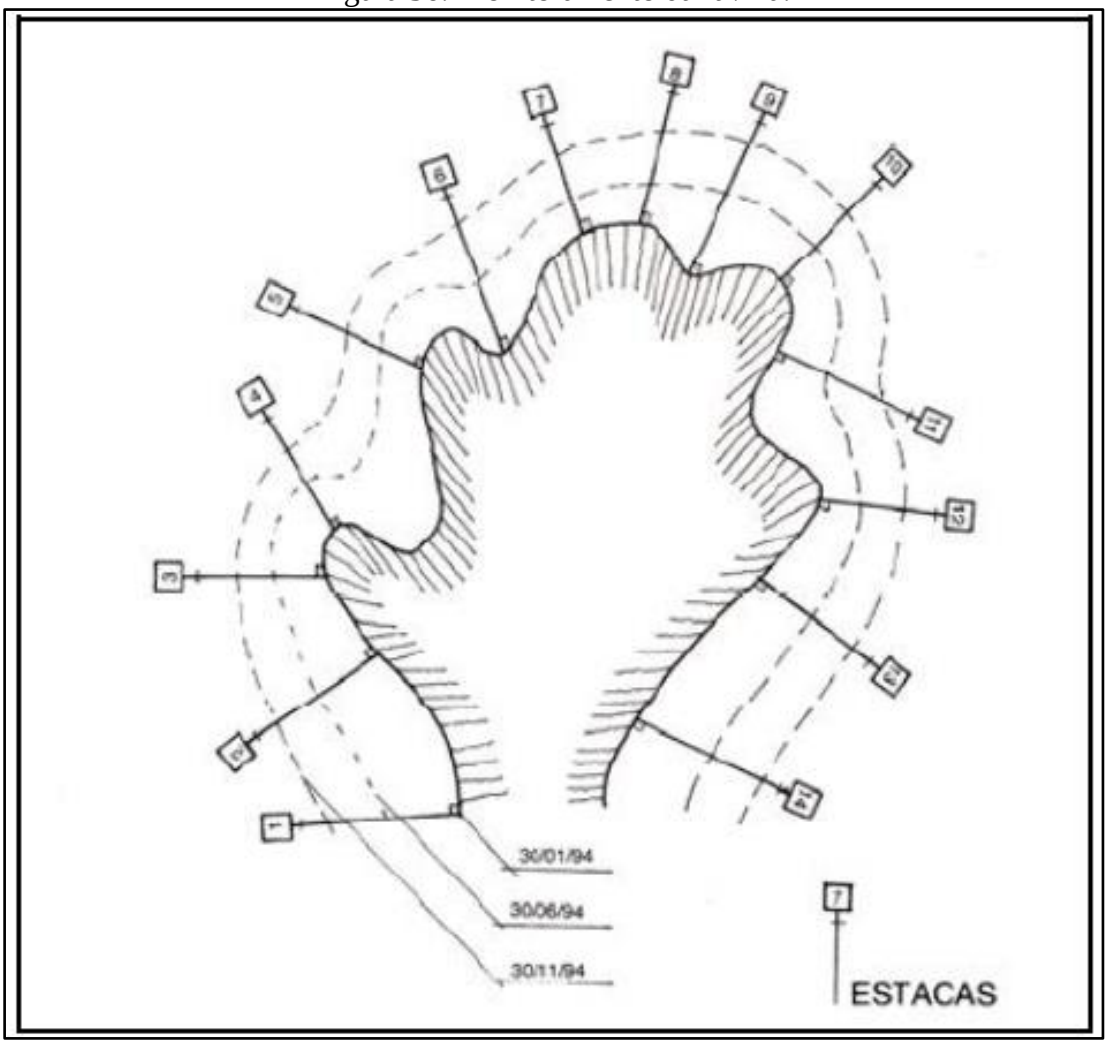
Dividiu-se os barramentos em três conjuntos distintos, efetivou-se esta divisão de acordo com a ordem de construção dos mesmos, sendo os barramentos 1, 2 e 3, referentes ao conjunto 1; os barramentos 4, 5, 6 e 7 pertencem ao conjunto 2; e os barramentos 8, 9, 10, 11, 12 e 13 designam-se ao conjunto 3. Realizou-se essa separação para melhor análise e interpretação dos resultados.

4.5. Monitoramento da ravina

Para o monitoramento da ravina, foi utilizada a metodologia apresentada por Guerra (2002), com o intuito de analisar seu posterior avanço ou estabilização.

A respeito da implementação da metodologia, primeiramente, consultou-se a carta geomorfológica que foi obtida no procedimento anterior e necessitou-se de trabalhos de campo para análise da área. Guerra (2002) ressalta a necessidade de se colocar certo número de estacas de madeira ao redor da voçoroca, padronizando-se a mesma distância entre elas (Figura 36), assim como suas dimensões, podendo ter 40 cm de altura por 2 cm de espessura e 5 cm de largura (Figura 37 e Figura 38).

Figura 36: Monitoramento da ravina.

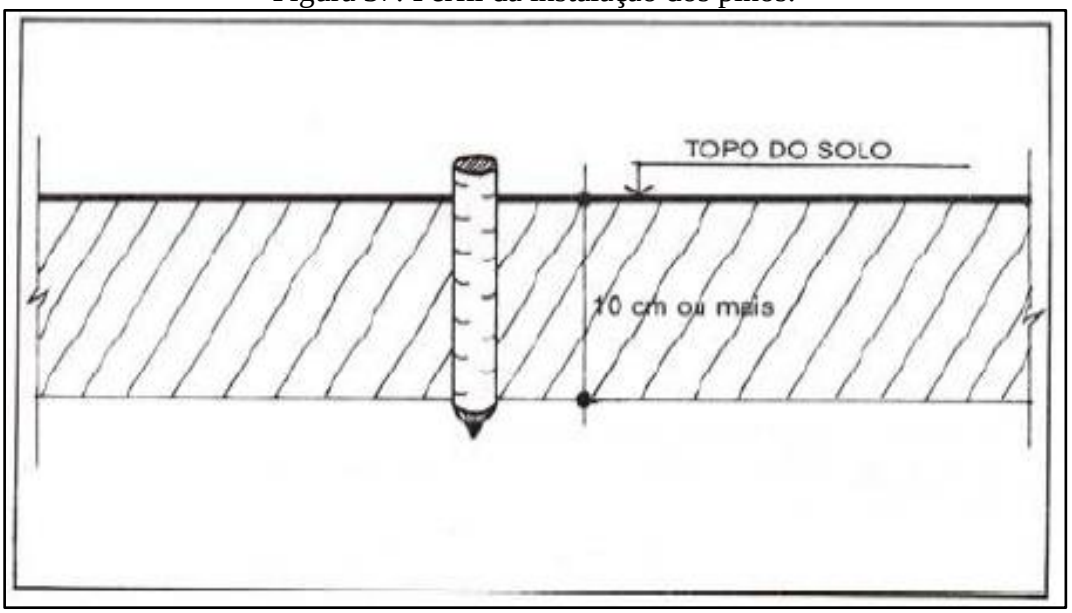


Fonte: Guerra (2002, p. 144).

Porém, devido as características da ravina estudada neste trabalho, optou-se pela adaptação de tal metodologia, uma vez que foram utilizadas estacas de ferro de 40 cm de altura, evitando possíveis depredações pelos animais presentes na área, assim como facilitando o manuseio na sua fixação no solo. Para serrar os vergalhões, utilizou-se de uma serra manual de cortar ferro.

Em todos os pinos foi realizado uma marca com o auxílio de um esmeril de bancada (Figura 38) sinalizando-as com tinta vermelha afim de destacá-los (Figura 39). As marcas foram feitas a uma altura de 30 cm, com o intuito de facilitar o controle da medição do nível dos sedimentos transportados ao longo do período de monitoramento.

Figura 37: Perfil da instalação dos pinos.



Fonte: Guerra (2002, p. 151).

Figura 38: Marcação dos pinos.



Fonte: Autores (2020).

Figura 39: Pinos de instalação da ravina.



Fonte: Autores (2020).

Optou-se por fixar as estacas a uma profundidade de 30 cm do solo, estabelecendo uma distância de 10 metros entre as estacas e 3 metros entre as estacas e a borda da ravina (Figura 40 e Figura 41). No total foram implementados 12 pinos, sendo que cada ponto foi registrado com ajuda de um GPS de navegação da marca Garmin para facilitar a interpretação dos dados (Figura 42).

Figura 40: Instalação das estacas.



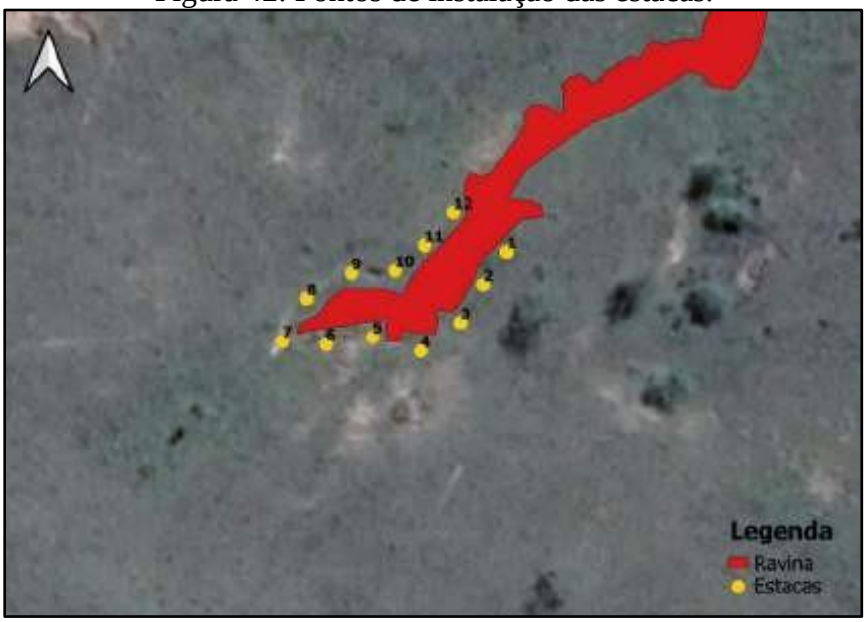
Fonte: Autores (2020).

Figura 41: Estacas instaladas.



Fonte: Autores (2020).

Figura 42: Pontos de instalação das estacas.



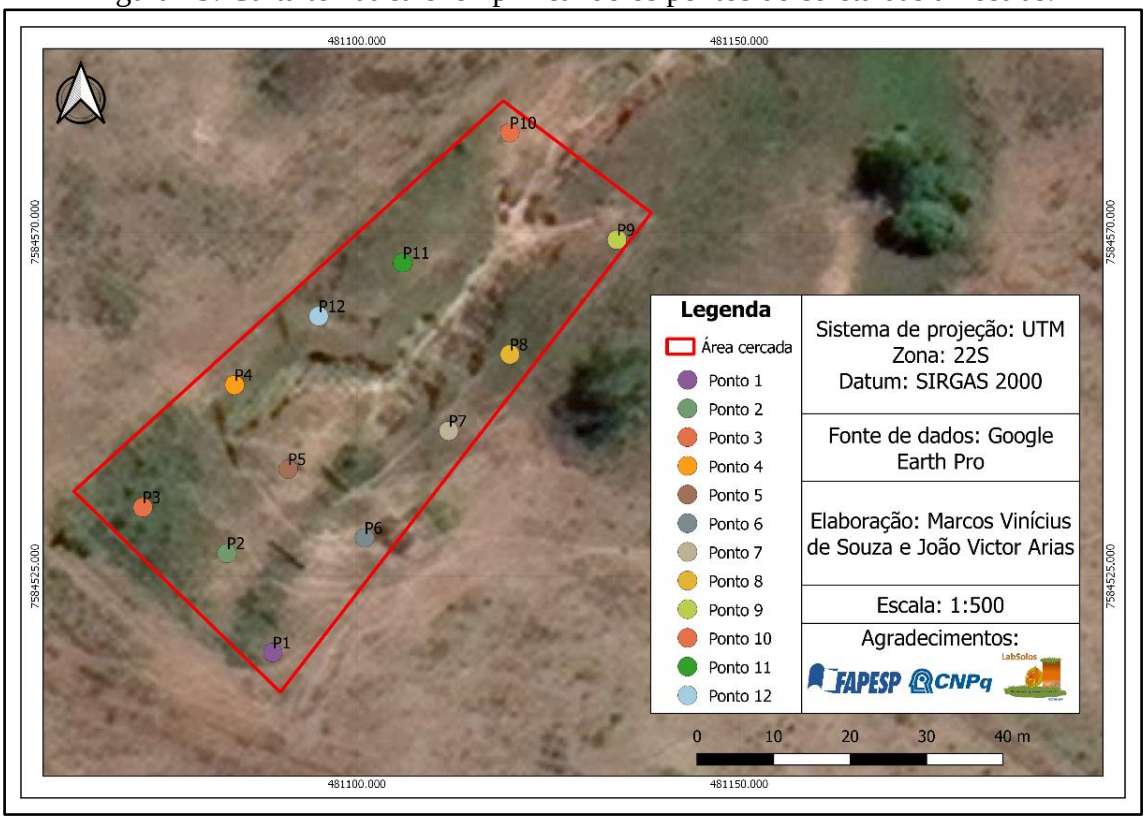
Fonte: Autores (2020).

A instalação dos pinos foi feita no trabalho de campo realizado nos dias 15, 16 e 17 de outubro de 2020; os materiais utilizados para isso foram: uma trena de 50 metros e uma marreta oitavada de 1 kg. Para realizar o monitoramento da ravina foram realizados trabalhos de campos mensalmente.

4.6. Análise química das amostras de solo

Foram analisadas 12 amostras obtidas na área onde nesta práticava-se a cultura de pastagem, sendo hoje esta área cercada para a realização da intervenção na conteção da erosão hidrica. As amostras foram coletadas à uma profundidade de 0-20 cm. A Figura 43 exemplifica os pontos onde foram realizadas as coletas do material para as respectivas análises.

Figura 43: Carta temática exemplificando os pontos de coleta das amostras.



Fonte: Autores, 2021.

4.7. Permeabilidade do Solo

A permeabilidade do solo é um aspecto muito importante quando se fala em erodibilidade do solo. Nesse sentido, quanto maior for a permeabilidade do solo mais água infiltrará, portanto, o desencadeamento de processos erosivos tende a ser menor. De acordo com

Bertoni e Lombardi Neto (1999), essa característica relaciona-se com a capacidade do solo de deixar penetrar água e ar em seus perfis. A condutividade hidráulica do solo saturado medida, usualmente, em termos de infiltração em milímetros por hora, é refere-se ao movimento da água.

Tal capacidade depende principalmente do tamanho médio dos poros, que tem relação com: a distribuição do tamanho médio das partículas, a sua forma e a estrutura manifestada pelo solo. Em geral, os solos arenosos apresentam uma maior permeabilidade, principalmente em seu horizonte A, sendo que no horizonte B, o processo é desfavorecido devido ao acúmulo de argila (BERTON; LOMBARDI NETO, 1999).

Realizou-se o ensaio de permeabilidade utilizando-se do instrumento Permeâmetro de Guelph. Para tal, analisou-se o local a fim de encontrar um ponto adequado para realização do procedimento. Depois foi feito um furo no solo utilizando o trado (Figura 44). Posteriormente, fez-se a montagem do permeâmetro de acordo com o procedimento descrito em seu manual de instruções (Figura 45).

Vale ressaltar que o Permeâmetro de Guelph pode ser ajustado para solos argilosos ou arenosos, utilizando diferentes configurações de seus reservatórios. Em solos argilosos, menos permeáveis, utiliza-se um reservatório com menor volume de água, o reservatório interno do permeâmetro. Para solos arenosos, que são mais permeáveis, utilizasse um reservatório com maior volume de água, que é composto pelo reservatório interno somado a um externo. Para este ensaio, utilizou-se a configuração para solos argilosos.

Figura 44: Utilização de trado para furar ponto de instalação do Permeâmetro de Guelph.



Fonte: Autores, 2021.

Figura 45: Ensaio de permeabilidade utilizando o Permeâmetro de Guelph.



Fonte: Autores, 2021.

Após a instalação do equipamento em local adequado, adicionou-se água ao equipamento, abriu-se o registro e foi dado início ao procedimento. O procedimento foi realizado duas vezes, uma em que a altura do nível de água no reservatório (H) foi de 5 cm (H_1), e outra de 10 cm (H_2). Em ambos os casos foram feitas leituras da altura do nível de água a cada 2 minutos, até que a diferença do nível entre três leituras consecutivas fosse constante.

A taxa de queda d'água (R) foi obtida a partir da razão entre a diferença de nível em centímetros e o tempo em segundos entre leituras consecutivas. A taxa de queda d'água após estabilização da água no reservatório H_1 foi denominada R_1, e para a taxa de queda após estabilização da água no reservatório H_2, nomeou-se R_2.

A condutividade hidráulica saturada de campo foi calculada em laboratório. No caso da utilização do reservatório interno, a equação empregada é:

K_{fs} = (0,0041) · (Y) · (R2) – (0,0054) · (Y) · (R1)

em que Y = 35,39 cm^2, que é a constante utilizada quando os reservatórios forem interligados (cm^2).

No entanto, em razão de o procedimento ter sido realizado com a configuração para solos argilosos, a equação mais adequada é:

K_{fs} = (0,0041) · (X) · (R2) – (0,0054) · (X) · (R1)

em que X = 2,19 cm^2, que é a constante utilizada quando apenas o reservatório interno estiver selecionado (cm^2).

Ambas as constantes estão indicadas na válvula do permeâmetro de Guelph.

Na Tabela 3 constam valores que classificam os solos em mais ou menos permeáveis.

Tabela 3: Valores típicos do coeficiente de permeabilidade.

PERMEABILIDADE		TIPO DE SOLO	K (cm/s)
SOLOS PERMEÁVEIS	Alta	Pedregulhos	> 10-3
	Alta	Areias	10-3 a 10-5
	Baixa	Siltes e Argilas	10-5 a 10-7
SOLOS IMPERMEÁVEIS	Muito baixa	Argila	10-7 a 10-9
	Baixíssima	Argila	< 10-9

Fonte: CRUZ, 1996.

4.8. Cercamento da área

Visto que o gado ainda permanecia na área até o mês de fevereiro de 2021 e estava afetando o desenvolvimento do trabalho, pois além de impedir a regeneração da vegetação natural, também estava esbarrando nos barramentos já construídos, diminuindo a eficiência dos mesmos e exigindo uma maior atenção nas manutenções (Figura 46).

A cerca foi confeccionada utilizando 47 lascas de eucalipto tratado de 2,2 metros de comprimento, com diâmetro aproximado de 10 centímetros e aproximadamente 940 metros de arame farpado. As lascas foram arranjadas com distanciamento de cerca de 5 metros entre si e soterradas em aproximadamente 70 cm de profundidade no solo. Os arames farpados foram dispostos em 4 linhas paralelas entre si ao longo das lascas criando a barreira que constituiu a cerca representada na Figura 47. A área total cercada inclui toda região onde foram instalados os barramentos e corresponde a 2392 m². A cerca está representada nas Figura 48.

Figura 46: Manutenção dos barramentos em fev. 2021.



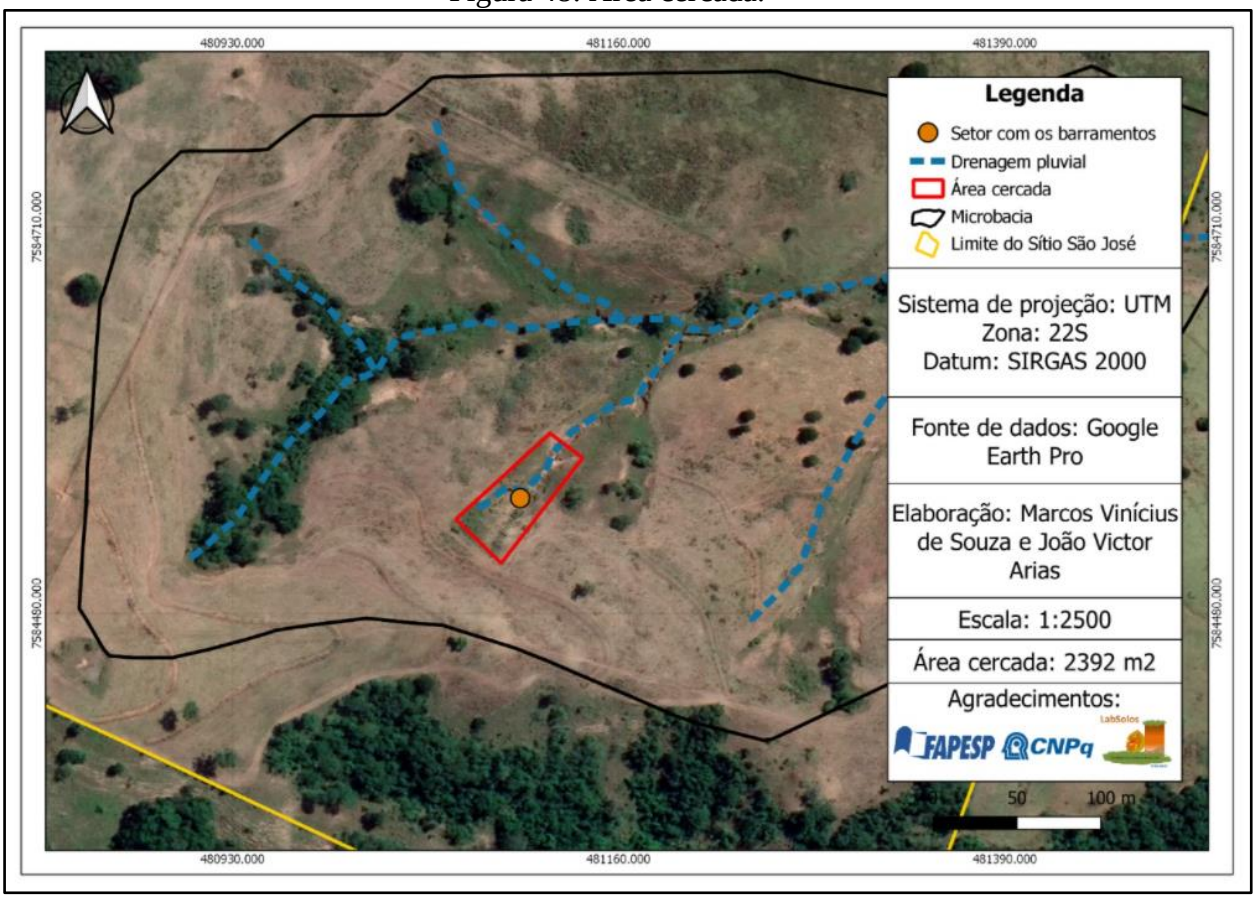
Fonte: Autores (2021).

Figura 47: Cerca confeccionada para isolamento da área.



Fonte: Autores (2021).

Figura 48: Área cercada.



Fonte: Autores (2021).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. O sítio São José

No sítio São José, há a ocorrência de processos erosivos lineares; eles podem ser encontrados tanto em forma de sulcos, como também em forma de ravinas (Figura 49). Esse quadro ocorre principalmente por conta do histórico de uso e ocupação da área que foi marcado pelo desmatamento, passou por fases de lavouras temporárias, como já exposto, no relato do atual proprietário e se agrava cada vez mais pela prática da pecuária (Figura 50), que atualmente é a que predomina na área de estudo.

Vale apontar que dentro da ravina na qual foram aplicadas as técnicas de bioengenharia, pode-se observar o afloramento dos arenitos das rochas sedimentares da Formação Adamantina (Figura 51), e que, muito provavelmente, não há o afloramento de água apenas pelo fato de que à montante a infiltração é dificultada pela falta de cobertura vegetal de porte.

Figura 49: Sulcos e ravinas encontradas no Sítio São José.



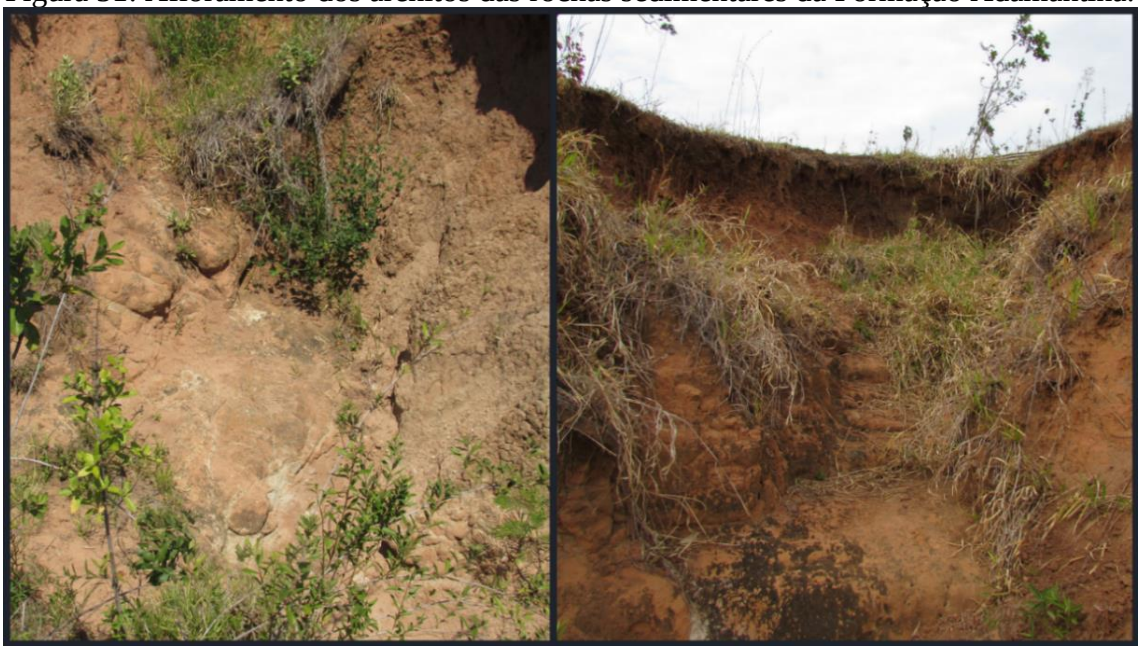
Fonte: Autores (2020).

Figura 50: A intervenção da pecuária na área de estudo.



Fonte: Autores (2020).

Figura 51: Afloramento dos arenitos das rochas sedimentares da Formação Adamantina.



Fonte: Autores (2020).

Outro fato a ser considerado é que o Rio do Peixe (Figura 52) marca o limite do sítio, podendo-se inferir que as partículas que se desprendem do solo por processos erosivos são carreadas até o rio, causando assoreamento. Esse quadro é reafirmado pela presença e funcionamento de dragas próximas ao local, que retiram areia do rio para comercialização (Figura 53).

Figura 52: Rio do Peixe.



Fonte: Autores (2020).

Figura 53: Extração de areia do rio do Peixe.



Fonte: Autores (2020).

5.1.1. Carta geomorfológica

A carta representando o esboço geomorfológico da área estudada (Figura 54) foi de extrema importância nesta pesquisa, pois auxiliou na estruturação do banco de dados, que posteriormente foi utilizado na construção dos demais produtos cartográficos.

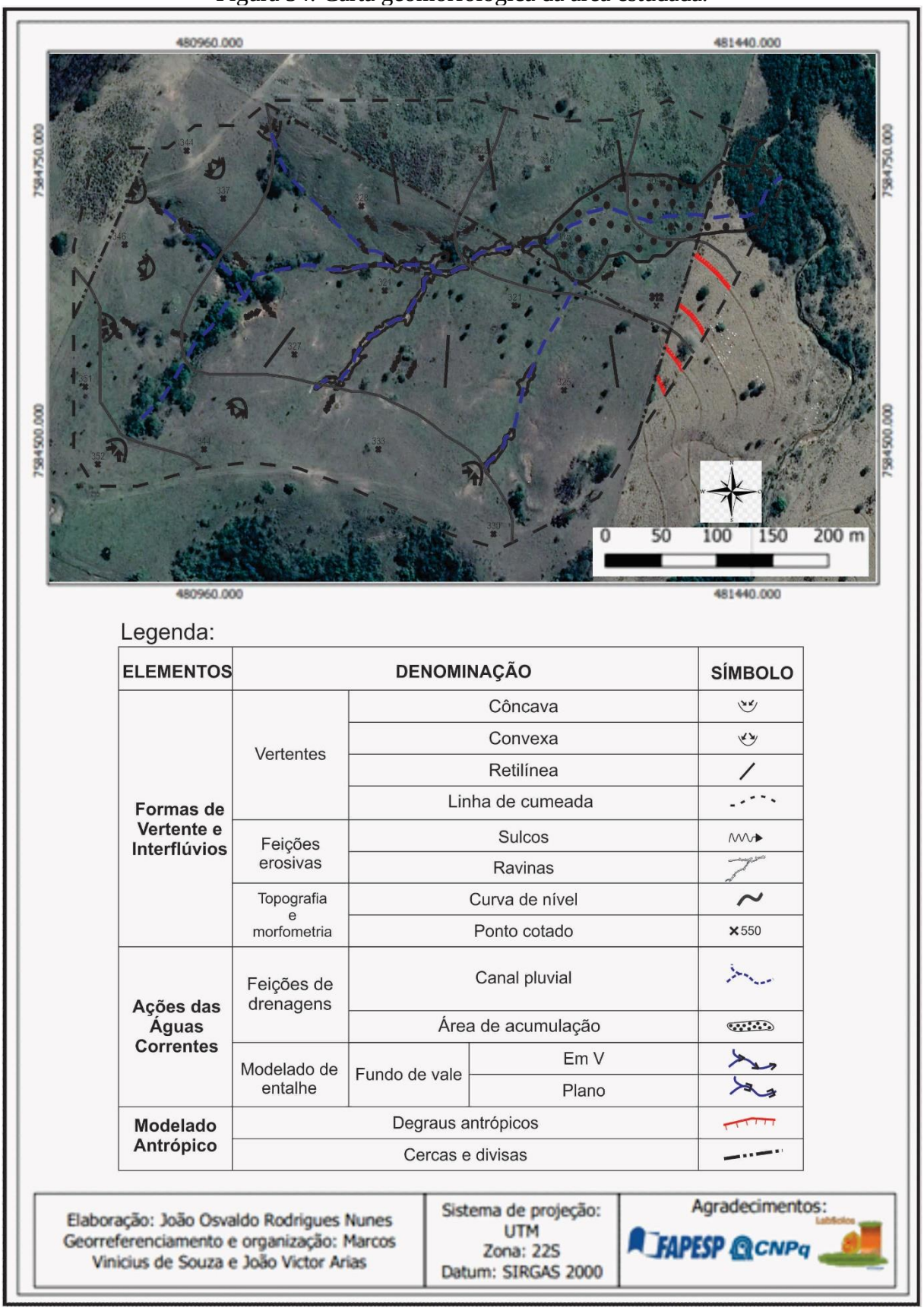
Este produto possibilitou uma melhor interpretação da área, sendo nele representado as drenagens pluviais e as formas das vertentes (côncavas, convexas e retilíneas), que são uma das principais influenciadoras dos processos erosivos lineares; através das curvas de nível e pontos cotados, permitiu uma melhor compreensão do direcionamento do fluxo superficial da água.

Nesta carta, procurou-se destacar os processos erosivos em sulcos que, na maioria das vezes, estão localizados nos setores a montante e nas médias vertentes côncavas concentradoras de fluxos de escoamento superficial, que sem o manejo adequado de rodízio de pastagem pelo gado, ocasionam o superpastoreio. Se não forem tomados os devidos cuidados, os sulcos podem

ser intensificados, evoluindo para o processo erosivo em formas de ravinas ou até mesmo voçorocas. Para Bertoni Lomardi Neto (1999), as pastagens têm apresentado grandes danificações pelo excessivo pisoteio do gado, a revegetação natural é bastante lenta, ainda mais quando nestas áreas permanece o gado.

Na carta procurou-se destacar também, os processos erosivos em formato de ravina, estando associados diretamente ao fluxo superficial concentrado das águas pluviais. Por fim, entende-se a importância da construção dos barramentos, sendo esses destinados a diminuir a velocidade da água, direcionando-a a infiltrar mais nos solos e a escoar menos na superfície.

Figura 54: Carta geomorfológica da área estudada.



Fonte: Autores (2020).

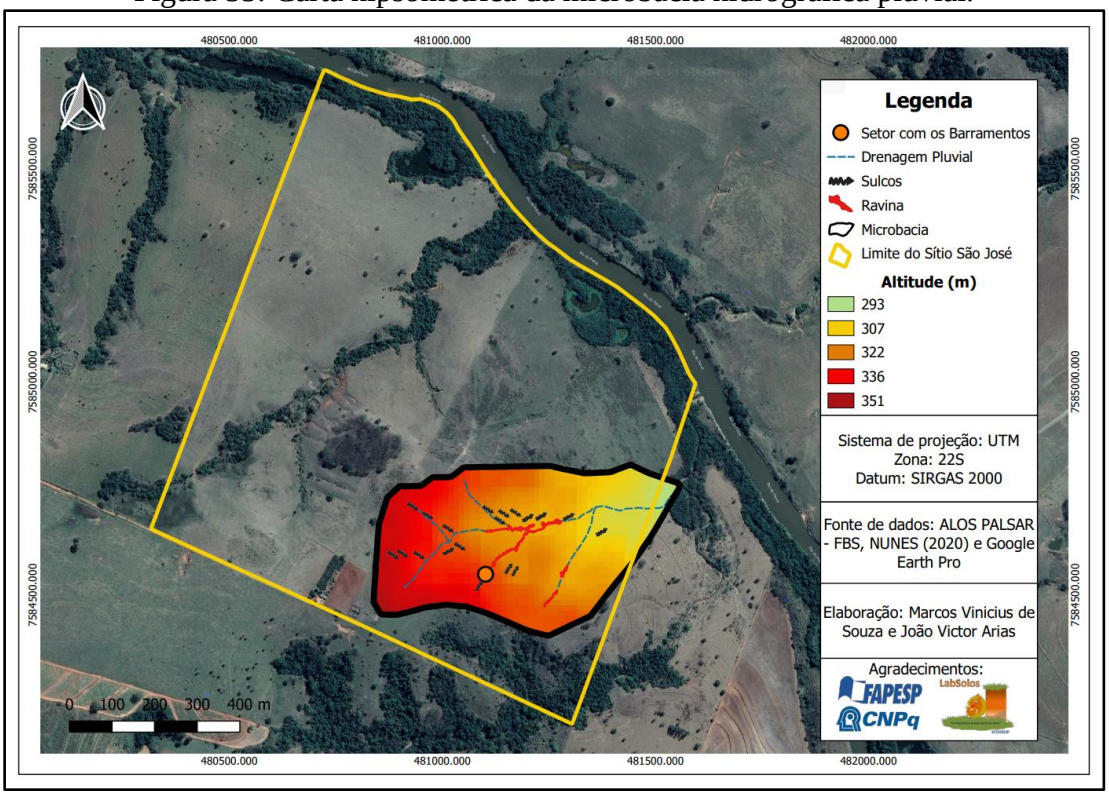
5.1.2. Carta hipsométrica

Com base na carta hipsométrica da microbacia hidrográfica pluvial (Figura 55), pode-se destacar em diferentes níveis de cores a forma do relevo através de suas altitudes, que são representadas através de um modelo digital de elevação.

A intenção na elaboração deste produto cartográfico foi relacioná-lo com o esboço geomorfológico da área, confirmando as diferentes curvas localizadas nas distintas altitudes. Nele, são representadas áreas mais elevadas, com 351 metros de altitude, localizadas a oeste da imagem, entendidas como divisores de água. Em direção a jusante, ocorrem os desníveis topográficos com relação as cabeceiras de drenagem em forma de anfiteatros, até chegar ao ponto mais a jusante da microbacia de drenagem pluvial, com 293 metros de altitude.

Esta carta temática objetivou destacar a presença dos sulcos na área, sendo estes relacionados intimamente com a drenagem pluvial do local, além do uso e cobertura da terra caracterizados pelas pastagens. Nota-se também a presença destas feições a montante do setor com os barramentos.

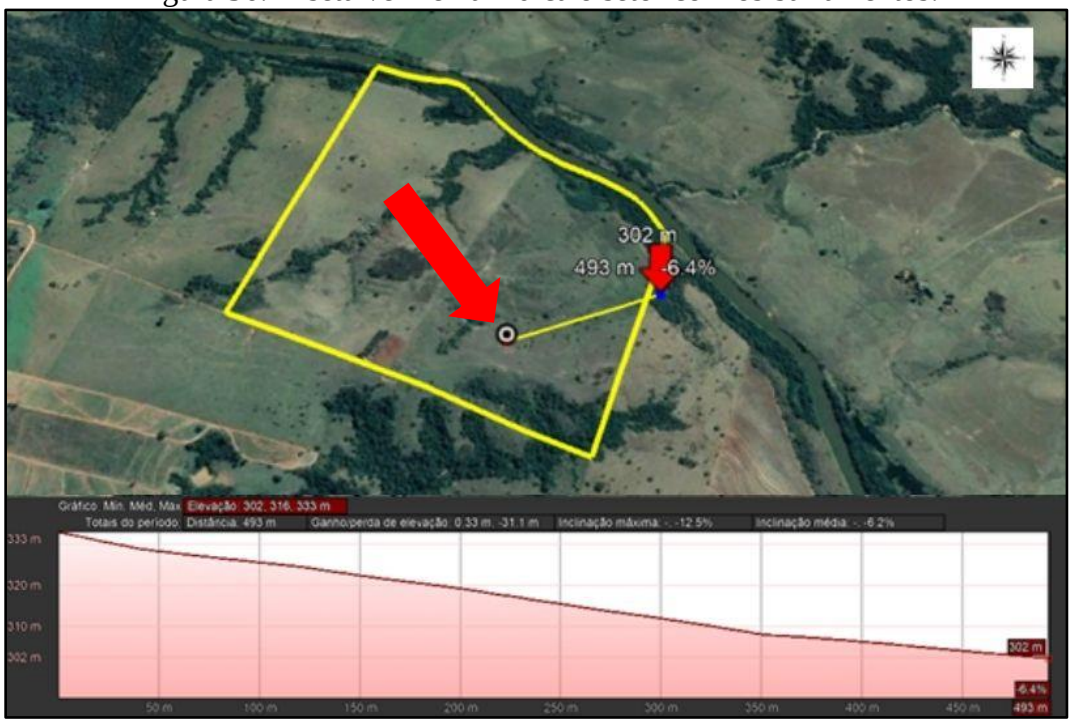
Figura 55: Carta hipsométrica da microbacia hidrográfica pluvial.



Fonte: Autores (2020).

A Figura 56 mostra o perfil topográfico entre o setor com os barramentos e o ponto mais a jusante, onde está situado o final da ravina.

Figura 56: A seta vermelha indica o setor com os barramentos.

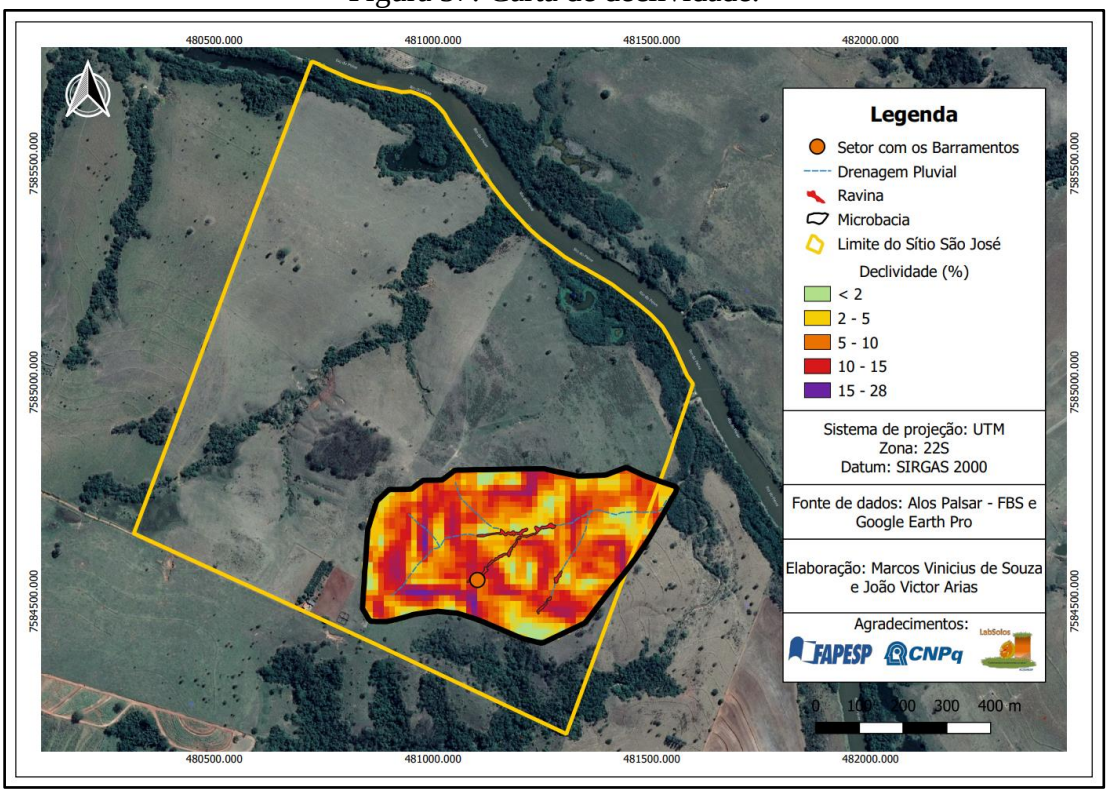


Fonte: Google Earth (2019), organizado autores (2020).

5.1.3. Carta de declividade

Na carta de declividade (Figura 57), identificou-se o intervalo de 2% - 28% decividade. Observa-se que os setores onde estão os sulcos e ravinas compreendem as áreas com maiores percentuais de declividades, sem a presença de terraços agrícolas acompanhando as curvas de nível, que possibilitariam a diminuição do fluxo de escoamento superficial. Além disso, nestas áreas ocorre o predomínio de gramíneas sem manejo adequado de pastagens para o gado.

Figura 57: Carta de declividade.



Fonte: Autores (2020).

5.1.4. Carta concentração do escoamento superficial

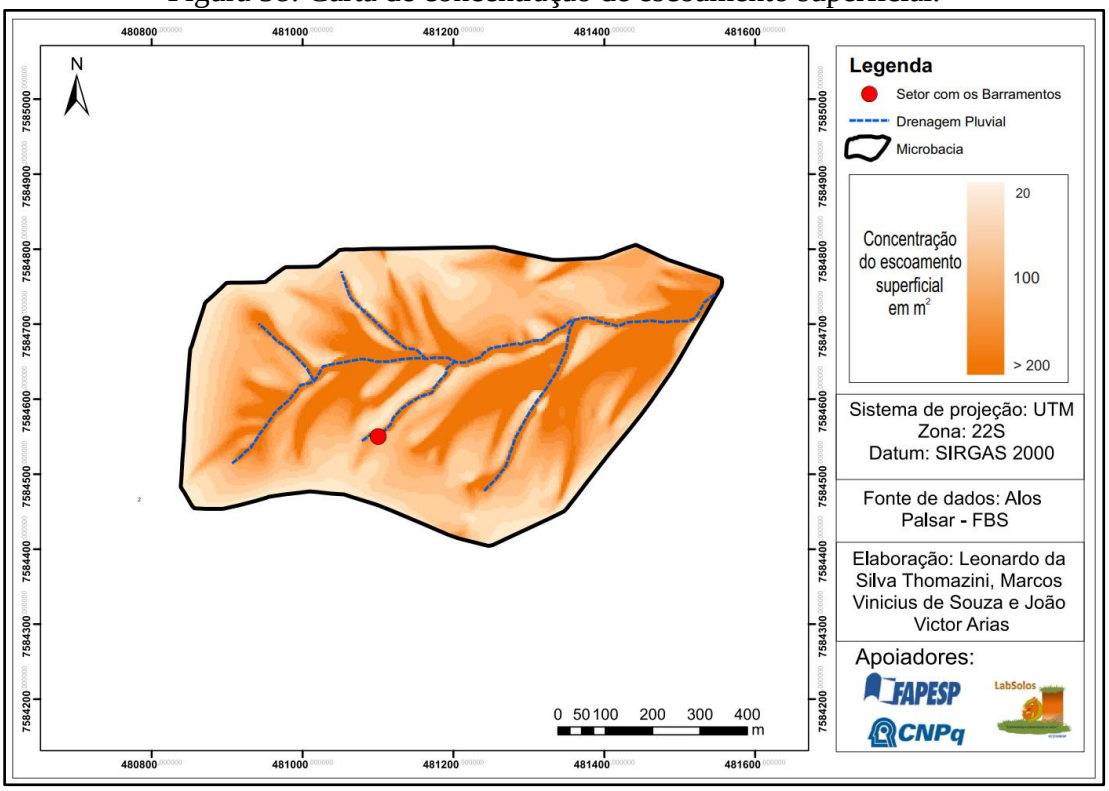
A carta de concentração do escoamento superficial possibilitou realizar um estudo mais detalhado sobre os setores com maior energia de escoamento de água pluviais, e para quais áreas deve-se ter mais atenção.

Como visto no (Figura 58) alguns pontos demonstraram-se com grande concentração de fluxo de água, o que aumenta a suscetibilidade à erosão do local, ainda mais quando estas áreas estão com a presença de gado bovino.

Tendo isso em vista, notou-se que nas áreas em que predominam uma tonalidade mais escura ocorre maior acúmulo de escoamento superficial de água (Figura 58). Estas áreas estão localizadas próximas dos processos erosivos, os quais se não tomados os devidos cuidados, poderão ser ainda mais intensificados, gerando novos braços ravinados.

Por fim, entende-se que este produto pode servir como auxílio para o proprietário, mostrando a ele em quais lugares deve-se ter mais cuidado, implantando projetos de recuperação das erosões e recomposição da cobertura vegetal de porte, pois caso contrário, isso pode gerar uma perda econômica ainda maior.

Figura 58: Carta de concentração de escoamento superficial.



Fonte: Autores (2020).

Por fim, entende-se a importância da construção deste produto cartográfico para a presente pesquisa, pois contribui para um melhor entendimento da área através do comportamento do escoamento superficial presente na microbacia pluvial estudada, sendo que este fator é um grande influenciador nos processos erosivos.

5.1.5. Carta de uso da terra

Através da carta de uso da terra foi possível quantificar a área da microbacia hidrográfica do canal pluvial, o que apresentou sua área total de 20,4 hectares. Também foi realizado o cálculo em hectares e suas respectivas porcentagens para os dois tipos de uso presentes na área de estudo, como mostra a Tabela 4 abaixo.

Tabela 4: Classes de ocupação e suas áreas ocupadas

Classe de Uso	Área (ha)	Porcentagem (%)
Vegetação Natural	1,4	6,6
Área de Pastagem	19,5	93,4
Área total	20,9	100

Fonte: Autores (2020)

Analisando a Tabela 4, observa-se o predomínio da pastagem na microbacia hidrográfica, sendo 93,4 % de toda a área destinada a pecuária de corte (o que difere do contexto do município de Caiabu, que em geral tem a predominância de lavouras temporárias). Quando se compara este número com a porcentagem da área coberta por vegetação natural (6,6%), identifica-se a grande desproporcionalidade, visto que a pastagem, quando não manejada adequadamente, permitindo que o gado ocasione o superpastoreio e a compactação dos horizontes superficiais, pode provocar a intensificação dos processos erosivos e a ampliação das áreas degradadas (Figura 59).

Figura 59: Uso da terra sítio São José.



Fonte: Autores (2020).

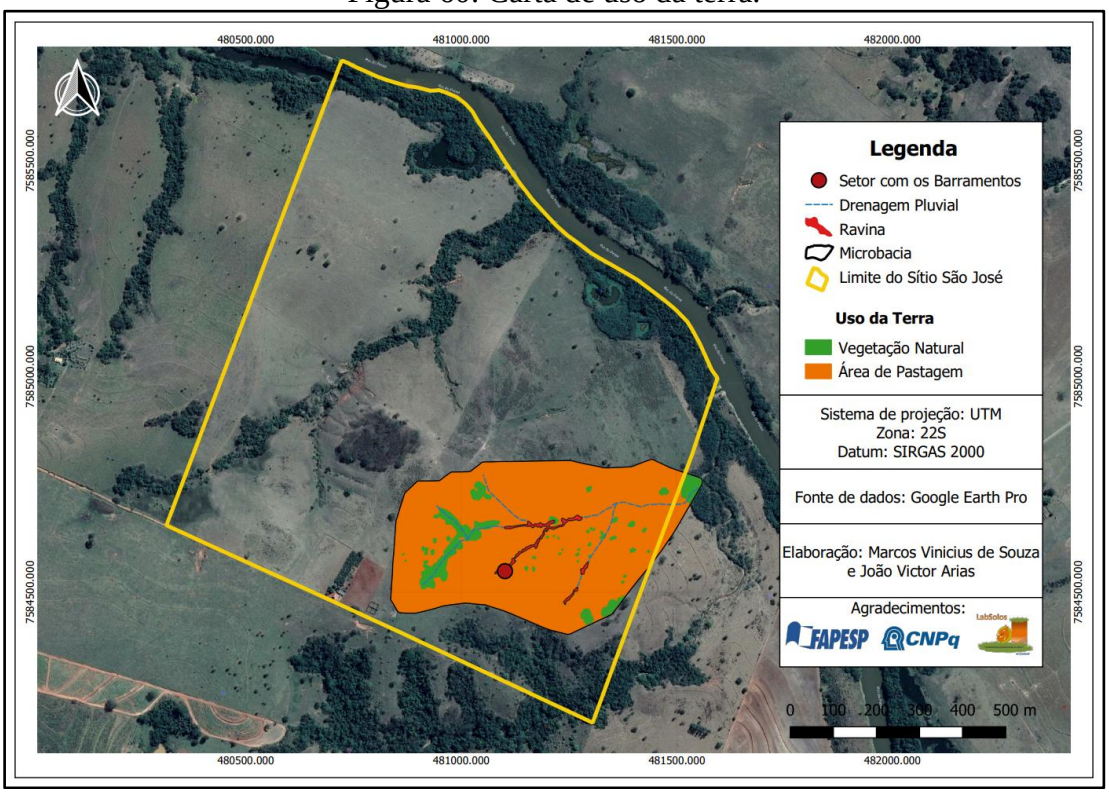
Na carta temática (Figura 60), objetivou-se representar essa desproporcionalidade, destacando-se a vegetação natural na cor verde e a área de pastagem na cor laranja.

Este estudo na forma de mapeamento e trabalhos de campo, permitiu entender ainda mais o motivo pelo qual a propriedade apresentar diversos focos erosivos, fazendo- se perceber que isso não está relacionado apenas a uma questão de fragilidade natural do local, mas também está associado a intervenção antrópica destinada a esse ambiente.

Com o intuito de realizar uma análise histórica das características do uso da terra da

área estudada, realizou-se uma busca rápida do Google Earth – Pro, obtendo a imagem do ano de 2002, que possibilitou a comparação com a de 2019. Através da Figura 61, pode-se notar o quanto de intervenção humana já houve na área onde hoje é o Sítio São José.

Figura 60: Carta de uso da terra.



Fonte: Autores (2020).

Figura 61: Comparação entre o uso da terra entre o ano de 2002 e 2019 no sítio São José.



04/12/2002 10/07/2019

Fonte: Google Earth Pro.

5.2. Caracterização dos perfis amostrais de solo

A pesquisa tem o objetivo de recuperar a porção da cabeceira de uma ravina com extensão de aproximadamente 260 metros onde foram realizadas a abertura de três perfis de solo em topo sequência, sendo o primeiro local na cabeceira da erosão, o segundo próximo à mediana de sua extensão e, por fim, na porção mais a jusante da ravina.

A partir da coleta das amostras, realizou-se os procedimentos de campo e laboratoriais a fim de determinar as características morfológicas, texturais e de densidade. Este tópico visa apresentar os resultados obtidos nessas análises e discuti-los.

5.2.1. Perfil amostral 1

O perfil amostral 1 foi viabilizado a partir da limpeza do barranco localizado na cabeceira da erosão. Nele, foram identificados horizontes nas seguintes profundidades: 0 – 15, 15 – 37, 37 – 62, 62 – 92, 92 – 120, 120 – 145 cm (Figura 62).

Quanto à transição entre os horizontes, de 0-15 e 15-37 cm, apresentou-se como gradual por não haver grande variação na textura e cor. A transição entre os horizontes 15 – 37 e 37 – 62 cm foi observada como sendo abrupta, porque é visível uma variação de percentual de argila nas analises realizadas. Por fim, entre os horizontes que seguem, identificou-se apenas transições graduais.

O horizonte de 0 – 15 cm foi classificado como Ap, com teor relativamente alto de areia concentrada. No entanto, vale a ressalva de que este foi o único indício encontrado que justifique tal classificação; pelo contrário, foi identificada baixa concentração de matéria orgânica. Então, é de se considerar a possibilidade de que o horizonte superficial já tenha se perdido em função de erosão hídrica e zoógena.

Em relação à estrutura, o horizonte 0 – 15 cm foi identificado como granular (Quadro 6). Este tipo de estrutura é caracterizado por ter três dimensões aproximadamente iguais, arredondadas e grumosas. Isso se dá pela presença de raízes e matéria orgânica. Especialmente, no caso deste horizonte, apesar da baixa concentração de matéria orgânica, é possível observar raízes envolvendo as partículas primárias, predominantemente a areia. Para os perfis restantes, constatou-se que possuem uma estrutura de blocos subangulares e com grau de desenvolvimento de moderado a forte. Estas condições são comuns em horizontes subsuperficiais, os quais apresentam um desenvolvimento estrutural mais consolidado, marcados por apresentarem maiores teores de argila nessas profundidades, comum em

Argissolos.

Figura 62: Horizontes amostrados do perfil 1.

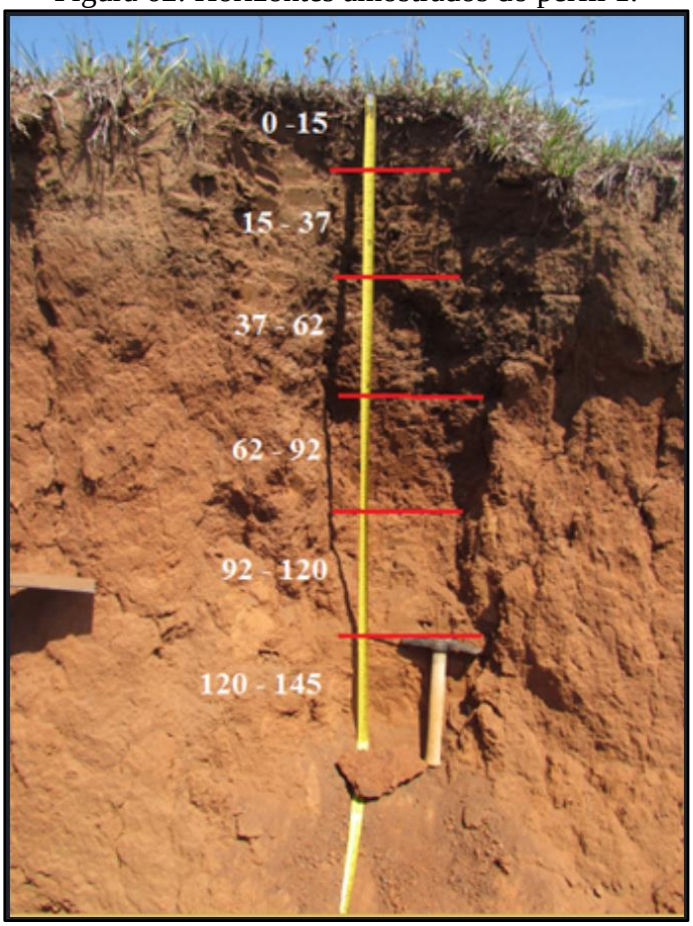


Foto: Autores (2018).

Quanto à porosidade, foram identificados nos horizontes superficiais poros de tamanho pequeno e em quantidades razoáveis, enquanto nos horizontes abaixo a porosidade foi classificada como poros muito pequenos e com muitos poros. Tal resultado corrobora que em solos arenosos é comum que sejam encontrados poucos poros, mas com tamanhos relativamente maiores, enquanto em solos argilosos, normalmente o contrário acontece.

A porosidade é um importante elemento a ser considerado para compreender as dinâmicas ligadas a ocorrência dos processos erosivos. Nesse sentido, poros menores são preenchidos rapidamente pela água da chuva, havendo o risco até mesmo de partículas menores de alocarem nesses poros, causando o seu entupimento, dificultando, assim, a percolação da água no interior do perfil e favorecendo o escoamento superficial em detrimento da infiltração. Contudo, apesar de os macroporos desfavorecerem a formação de agregados resistentes à erosão hídrica, essa condição favorece a permeabilidade de água, facilitando a recarga de aquíferos.

Quadro 6: Resultados das análises morfológicas em campo do perfil 1.

Perfil 1	**0 – 15**	**15 – 37**	**37 – 62**	**62 – 92**	**92 – 120**	**120 - 145**
Cor: matiz, valor e croma	10 YR 5/4	7.5 YR 4/4	5 YR 4/6	5 YR 5/6	5 YR 5/5	5 YR 5/8
Textura: arenosa, siltosa, argilosa	Arenosa	Arenosa	Argilosa	argilosa	argilosa	argilosa
Estrutura: Forma, tamanho, grau de desenvolvimento	granular, pequeno, com grau de desenvolvimento fraco	blocos subangulares, médio, com grau de desenvolvimento fraco	blocos subangulares, grande, com grau de desenvolvimento forte	blocos subangulares, grande, com grau de desenvolvimento forte	blocos subangulares, grande, com grau de desenvolvimento moderado	blocos subangulares, grande, com grau de desenvolvimento moderado
Porosidade: Tamanho, quantidade	pequenos, poros comuns	pequenos, poros comuns	muito pequenos, muito poros	muito pequenos, muito poros	muito pequenos, muito poros	pequenos, poros comuns
Cerosidade: Grau de desenvolvimento, quantidade	fraca, pouco	fraca, pouco	moderada, comum	moderada, comum	moderada, comum	fraca, pouco
Consistencia: tenacidade, friabilidade, plasticidade, pegajosidade	macia, muito friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa	ligeiramente dura, firme, plástica, pegajosa	muito dura, muito firme, muito plástica, muito pegajosa	muito dura, muito firme, muito plástica, muito pegajosa	dura, firme, plástica, pegajosa	dura, firme, plástica, pegajosa

Fonte: Organizado por Costa (2020).

Sobre a consistência, também houve variações conforme a textura do perfil. Pôde- se observar que aumento da dureza acompanhou o aumento do teor de argila. A classificação quanto à consistência do solo nos horizontes foi: macia, ligeiramente dura, muito dura e dura , respectivamente, dos horizontes mais superficiais até os mais profundos.

Quanto à friabilidade, observou-se, dos horizontes mais superficiais aos mais profundos, os seguintes resultados: muito friável, firme, muito firme, muito firme, firme e firme, respectivamente, mostrando, para estes resultados uma forte associação à textura das amostras. Quanto maior o teor de areia, mais friável se torna o horizonte. Os horizontes com maiores teores de argila foram os que apresentaram maior resistência à compressão feita pelos dedos.

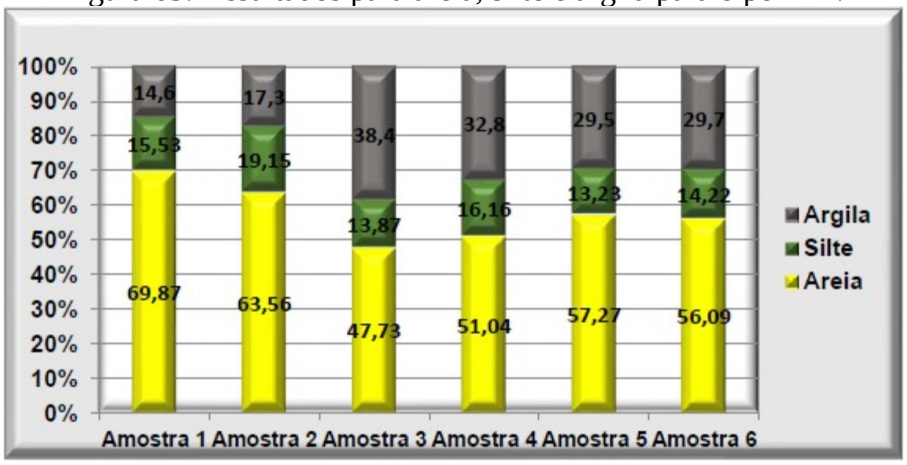
Em relação à plasticidade dos horizontes menos profundos aos mais profundos, respectivamente, eles foram classificados como: ligeiramente plástica, plástica, muito plástica, muito plástica, plástica e plástica. Aqui, a relação é que quanto mais arenoso o ambiente, menor a capacidade de ele ser moldado; no caso da argila, quanto maior o percentual de argila, maior a plasticidade.

Sobre a pegajosidade, seguiu-se a mesma lógica. Quanto maior o percentual de argila, também foi maior a pegajosidade.

A consistência das amostras selecionadas, por sua vez, apresentou-se maior para os horizontes com maior teor de argila, e menor para os que tinham um maior teor de areia.

Como observado no Figura 63, os horizontes de 0 – 15 e 15 – 37 cm apresentaram maior teor de areia e foram classificados como franco-arenosos de acordo com o diagrama textural. Por ser arenoso, a agregação das partículas é dificultada e a susceptibilidade à erosão é maior.

Figura 63: Resultados para areia, silte e argila para o perfil 1.



Fonte: Organizado por Costa (2019).

Nas amostras retiradas das profundidades 37 – 62 e 62 – 92 cm, foi observado um aumento em relação ao percentual de argila em detrimento da areia. Por ser mais argiloso, a infiltração é dificulta e o escoamento superficial favorecido. Vale ressaltar que as classes de solo cujo horizonte B textural contém acúmulo de argila tem uma alta susceptibilidade à erosão hídrica. O horizonte 37 – 62 foi classificado como argila- arenosa, conforme o diagrama textural.

Nos horizontes restantes foram encontrados um teor significativamente alto de argila; ademais, também foram encontrados fragmentos da rocha de origem, principalmente na amostra coletada em maior profundidade.

As densidades encontradas no perfil 1 para os horizontes em profundidades de 0 – 15; 15 – 37; 37 – 62; 62 – 92 e de 92 – 120 e 120 – 145 cm, foram, respectivamente, de 1,74 ; 1,92 ; 2,04; 1,91; 1,85 e 1,74 g/cm³ (Tabela 5).

Tabela 5: Densidade dos horizontes amostrais do perfil 1.

Perfil	Profundidade (cm)	Densidade (g/cm³)
Perfil 1	0 – 15	1,74
	15 – 37	1,92
	37 – 62	2,04
	62 – 92	1,91
	92 – 120	1,85
	120 – 145	1,74

Fonte: Organizado por Costa (2020).

Vale ressaltar que existe uma relação entre densidade e textura que aponta: solos argilosos com boas condições de conservação apresentam valores entre 1,0 e 1,25 g/cm³de densidade, enquanto para solos arenosos esses valores variam entre 1,25 e 140 g/cm³.

Neste sentido, os horizontes de 0 – 15; 15 – 37, 92 – 120 e 92 – 120 cm são arenosos e, em todos os casos, apresentam valor de densidade extrapolando o limite normal para esta característica. Da mesma forma, os horizontes restantes, argilosos, também apresentam o valor de densidade fora da curva de normalidade para a classe textural na qual estão inseridos.

No horizonte mais superficial, as raízes não são suficientes para empregar uma boa agregação das partículas e o horizonte 15 – 37 encontra-se muito compactado, dificultando a fixação de raízes nessa profundidade. Quanto ao horizonte que segue, apresentou-se critérios mais complexos para a sua avaliação, pois, sua baixa porosidade, somada a concentração da argila, confere a ele uma baixa capacidade de saturação, condutividade hidráulica e de permeabilidade. Na profundidade entre 62 e 92 cm há restrições quanto à drenagem, à permeabilidade da água e do ar e à condutividade hidráulica, condição já indicada pelo exame

de porosidade. Para os horizontes que seguem, vale dizer que o quadro de alta densidade é comum em solos nessa profundidade, ainda assim, o valor apresentado por este horizonte é alto. De forma geral, as características morfológicas, granulométricas e de densidade, somadas, compõem um quadro que nos indica um solo bastante susceptível à erosões hídricas.

5.2.2. Perfil amostral 2

Os horizontes do perfil 2 (Figura 64) foram definidos e amostrados utilizando-se os critérios da alteração da cor e da textura, de acordo com o procedimento. Eles foram identificados entre os intervalos de profundidades: 0 – 27, 27 – 48, 48 – 69, 69 – 110 cm. Não foi necessária a abertura de trincheira para a visualização do perfil, realizou-se apenas a limpeza do barranco.

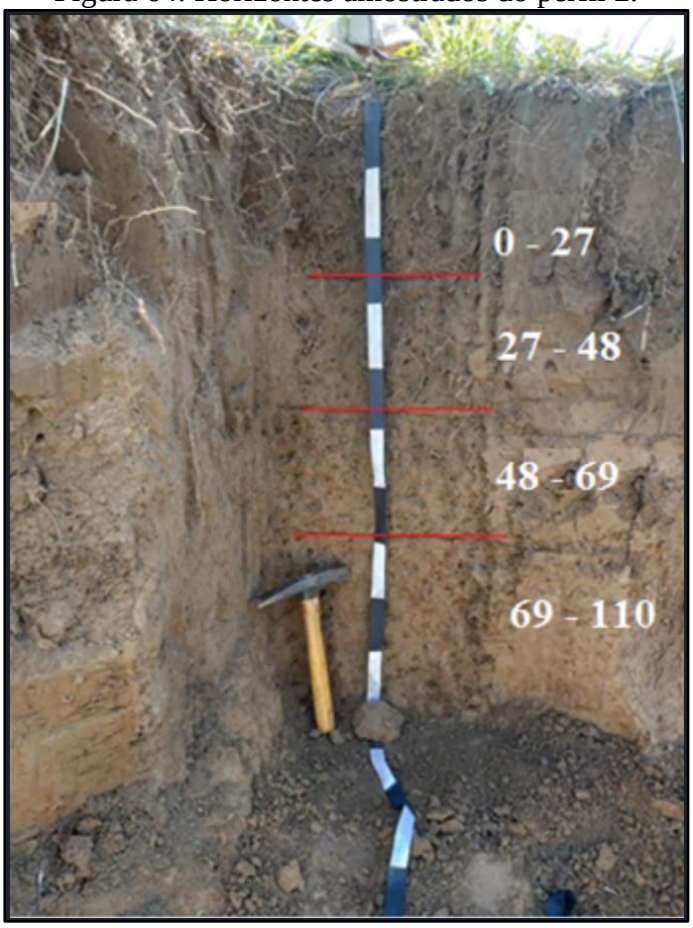
A transição entre os horizontes superficiais nas profundidades 0 – 27 e 27 – 48 cm foi identificada como abrupta, pois há uma notável diferença textural entre as amostras. A tonalidade mais clara em comparação ao horizonte superior no intervalo 27 – 48 indica que este é um horizonte de perda. A sedosidade encontrada neste horizonte indica um acúmulo de argila, condição que indica se tratar de um Argissolo. Pode-se, também, observar uma coloração brunada no horizonte superficial, a qual pode indicar incorporação de resíduos vegetais em estágio avançado de decomposição.

Entre os horizontes 27 – 48 observa-se uma transição difusa. Já entre os localizados na profundidade 48 – 69 e 69 – 110 há transição abrupta, evidenciada por uma diferença na textura. No caso deste último horizonte, notou-se uma sensação forte de aspereza no tato, indicando grandes teores de areia. Este fato pode estar associado a curta distância entre o material de origem e o horizonte em questão, tendo em vista que nessa região há o predomínio de arenito da formação Adamantina, grupo Bauru.

Analisando o perfil 2 (Quadro 7), nota-se que na sequência de cores e texturas há indicativos de que se trata de um Argissolo.

A estrutura encontrada no horizonte superficial foi classificada como forma granular, com tamanho muito pequeno e grau de desenvolvimento fraco, esse quadro é justificado por uma grande fração de areia, resultando em baixa estruturação dos componentes. O grau de desenvolvimento fraco pode ser explicado por baixos teores de matéria orgânica na fase coloidal, bem como pela quase ausência de óxidos, os quais cumprem o papel de agregador de partículas primárias. Além disso, o aspecto grumado encontrado neste horizonte indica uma rápida mineralização, processo comum em ambientes de clima tropical.

Figura 64: Horizontes amostrados do perfil 2.



Fonte: Autores (2018).

No horizonte que segue, em profundidade de 27 – 48 cm, foi encontrado uma forma em blocos subangulares, com tamanho e grande e grau de desenvolvimento fortes. Apresenta maior agregação entre as partículas devido ao acúmulo de argila, o que favoreceu este horizonte a apresentar um maior desenvolvimento, tanto na forma quanto no tamanho. Assim, apresenta maior resistência aos processos erosivos, no entanto, desfavorece a infiltração da água e aumenta o escoamento superficial, resultando em maior probabilidade de erosão da seção acima.

Em profundidade entre 48 - 69 cm observou-se forma em blocos subangulares, com tamanho grande e forte grau de desenvolvimento. Sendo que em relação a agregação e estruturação, apresentou as mesmas condições que o horizonte acima. Difere-se por sua maior sensação de sedosidade, percebida pelo tato em procedimento de campo.

Quadro 7: Resultados das análises morfológicas em campo do perfil 2.

Perfil 2	**0 – 27**	**27 – 48**	**48 – 69**	**69 – 110**
Cor: matiz, valor e croma	7.5 YR 4/2	10 YR 4/2	7.5 YR 4/4	7.5 YR 4/4
Textura: Arenosa, siltosa, argilosa	Arenosa	Argilosa	Argilosa	Arenosa
Estrutura: Forma, tamanho, grau de desenvolvimento	granular, pequeno, com grau de desenvolvimento fraco	blocos subangulares, grande, com grau de desenvolvimento forte	blocos subangulares, grande, com grau de desenvolvimento forte	granular, muito pequeno, com grau de desenvolvimento fraco
Porosidade: Tamanho, quantidade	Pequenos, poros comuns	Pequenos, muito poros	Pequenos, muito poros	Pequenos, poros comuns
Cerosidade: Grau de desenvolvimento, quantidade	fraca, pouco	moderada, comum	moderada, comum	fraca, pouco
Consistência: tenacidade, friabilidade, plasticidade, pegajosidade	solta, muito friável, não plástica, não pegajosa	dura, firme, plástica, ligeiramente pegajosa	dura, firme, plástica, ligeiramente pegajosa	solta, muito friável, não plástica, não pegajosa

Fonte: Organizado por Costa (2020).

O horizonte em profundidade entre 69 – 110 cm se apresentou em forma granular, com tamanho muito pequeno e com fraco desenvolvimento. Notou-se predominância de areia pela aspereza percebida no tato; esse quadro confere a este horizonte uma maior dificuldade de agregação das partículas primárias, assim como no horizonte superficial. Contudo, a ausência das raízes faz com que este seja ainda mais desfavorecido em termos de agregação de partículas que o horizonte superficial.

Em relação à porosidade, pôde-se notar nos horizontes 0 – 27 e 69 – 110 cm grande quantidade de poros, mas apresentavam um tamanho pequeno. Como esperado, por terem m aiores percentuais de areia, a drenagem, aeração penetração das raízes e percolação da água são

facilitadas. Em contrapartida, os outros horizontes, que apresentaram maiores teores de argila, são desfavorecidos nesses aspectos, enquanto a conservação de nutrientes é favorecida.

O perfil 2, como era de se esperar apresentou cerosidade maior nos horizontes descritos como argilosos.

Em relação à consistência, os horizontes de profundidade entre 0 – 27 e 69 – 110 cm apresentaram-se como solto, muito friável, não plástico, não pegajoso; todos esses aspectos são observados para solos arenosos. Para os horizontes que apresentaram uma textura argilosa, essas características foram analogamente identificadas como: dura, firme, plástica e ligeiramente pegajosa.

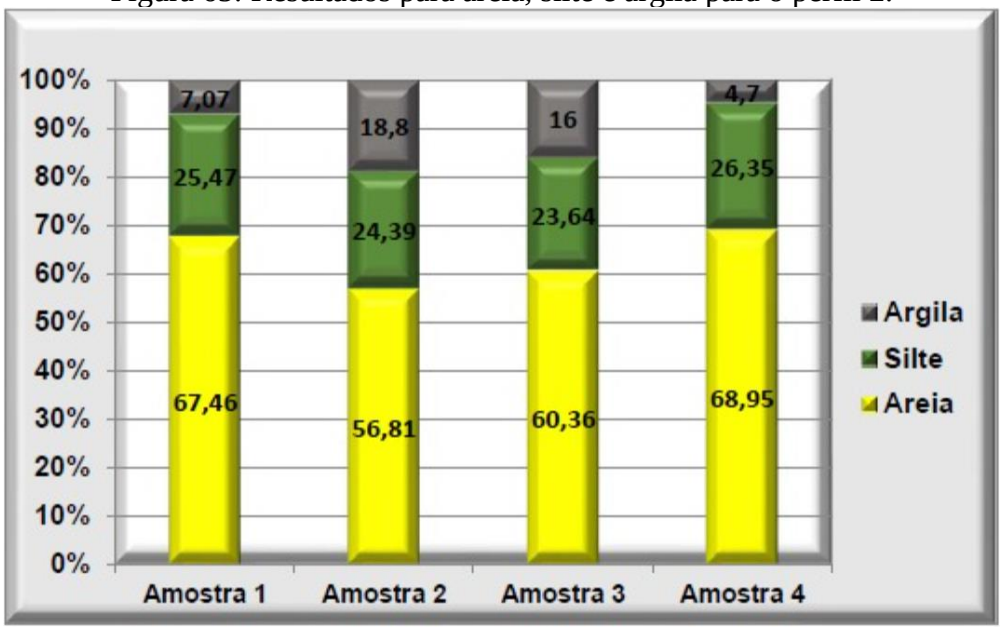
O perfil 2 (Figura 65) manifestou-se como arenoso nos horizontes em profundidade entre 0 – 27 e 69 – 110 cm, sendo que o horizonte mais superficial apresentou características de um horizonte antropizado, condição justificada pelo histórico de atividades econômicas praticadas no sítio e em toda a região. A presença de grande teor de areia no horizonte 69 – 110 cm justifica-se pela proximidade deste com a rocha encontrada na região, o arenito.

A amostra 2 foi, a princípio, classificada como um horizonte de perda, no entanto, a análise granulométrica indicou que ela é a que tem o maior percentual de argila dentre as amostras do perfil 2.

A densidade da seção em profundidade entre 0 – 27 cm teve valor de 1,65 g/cm³. Quando comparada aos demais horizontes superficiais, nota-se que é um valor baixo, isso revela que se trata de um horizonte predominantemente mineral (67% de areia). Quanto à estrutura, revelou-se como pouco complexo em seus arranjos estruturais; no geral, os resultados indicam que o perfil tem boas condições de aeração e drenagem de água, além de a penetração das raízes das plantas ser facilitada. Contudo, a fixação de nutrientes essenciais é dificultada.

No horizonte que segue, entre 27 - 48 cm, o valor de densidade obtido foi de 1,58 g/cm³, menor valor entre todas as amostras analisadas. Foram obtidos os valores de 18% de areia e 56% de argila, isso permite inferir que se trata de um solo franco-argilo-arenoso, sendo que, para este perfil, é a seção que apresenta maior fração de argila. Ademais, pode- se afirmar que há compactação, no entanto, em menor intensidade que nos outros horizontes; esse quadro, atrelado à porosidade, confere uma baixa capacidade de drenagem e percolação de água e ar, com alta possibilidade de erosão.

Figura 65: Resultados para areia, silte e argila para o perfil 2.



Fonte: Organizado por Costa (2019).

No intervalo de profundidade entre 48 e 69 cm, determinou-se um valor de 1,74 g/cm³ para a densidade de solo, portanto, é nítido que há compactação. A condutividade hidráulica e drenagem são, então, desfavorecidas, contribuindo para o aumento da susceptibilidade à processos erosivos dos horizontes acima. Pode-se confirmar essa condição ao identificar que ocorrem quedas de blocos na ravina.

Em última análise para o perfil 2 foi determinado o valor de 1,84 g/cm³ para a densidade do horizonte localizado à profundidade de 69 – 110 cm. Nessa seção, foi encontrado o menor teor de argila dentre as amostras (4%); a parte arenosa representou cerca de 69%. Essas características garantem fácil infiltração e percolação de água no horizonte (Tabela 6).

Tabela 6: Densidade dos horizontes amostrais do perfil 2

Perfil	Profundidade	Densidade (g/cm³)
Perfil 2	0 – 27	1,65
	27 – 48	1,58
	48 – 69	1,74
	69 – 110	1,84

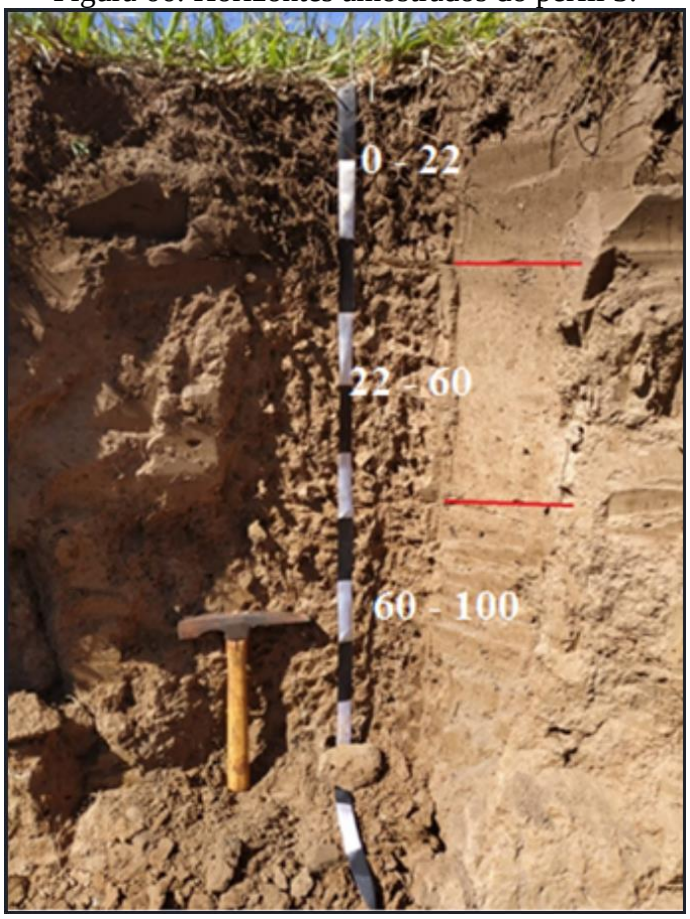
Fonte: Organizado por Costa (2020)

5.2.3. Perfil amostral 3

O perfil amostral 3, representado na Figura 66, foi preparado ao realizar a limpeza do barranco. Nele, foram identificados 3 horizontes texturais, cujas profundidades são: 0 – 22, 22

– 60 e 60 – 100 cm.

Figura 66: Horizontes amostrados do perfil 3.



Fonte: Autores (2019).

As transições entre os horizontes foram classificadas como abruptas, pois havia nítida mudança de textura.

Na camada de profundidade entre 0 – 22 cm foi observado uma estrutura de forma granular, tamanho muito pequeno, com fraco grau de desenvolvimento (Quadro 8). A textura foi sentida como áspera ao tato. Embora o perfil seja coberto por gramíneas, não há formação de grumos.

No horizonte contido entre a profundidade 22 – 60 cm, a textura sofre uma mudança abrupta em relação ao horizonte mais superficial. Nesta profundidade, a estrutura tem forma de blocos subangulares, tamanho grande e forte grau de desenvolvimento. A argila é a partícula primária predominante e exerce o papel de agregadora, o que explica a formação de blocos e outros complexos estruturais.

Quadro 8: Resultados das análises morfológicas em campo do perfil 3.

Perfil 3	0 – 22	22 – 60	60 – 100
Cor: matiz, valor e croma	7.5 YR 4/2	7.5 YR 5/3	7.5 YR 5/4
Textura: Arenosa, siltosa,argilosa	Arenosa	Argilosa	Arenosa
Estrutura: Forma, tamanho, graude desenvolvimento	granular, muito pequeno, com grau de desenvolvimento fraco	blocos subangulares, grande, com grau de desenvolvimento forte	granular, pequeno, com grau de desenvolvimento fraco
Porosidade: Tamanho, quantidade	Pequenos, poros comuns	muito pequenos, muito poros	Pequenos, poros comuns
Cerosidade: Grau de desenvolvimento, quantidade	fraca, pouco	moderada, comum	fraca, pouco
Consistencia: tenacidade, friabilidade,plasticidade, pegajosidade	solta, muito friável,não plástica, não pegajosa	muito dura, muito firme, muito plástica, muito pegajosa	solta, muito friável, não plástica, não pegajosa

Fonte: Organizado por Costa (2020).

Entre as profundidades 60 e 100 cm foi identificada uma estrutura granular, com tamanho pequeno e baixo grau de desenvolvimento. A textura bastante arenosa, com baixos teores de óxidos e argila, pode ser justificada pela proximidade em relação à rocha matriz. Em relação à percolação e drenagem de água, esta seção apresentou-se em boas condições. Contudo, esta condição, somada ao baixo grau de desenvolvimento estrutural entre as partículas, torna o solo susceptível às erosões.

A seção localizada entre 0 – 22 e 60 – 100 cm apresentou poros pequenos, em quantidades comuns. Esse quadro vai ao encontro do esperado para texturas arenosas. A textura, a estrutura e porosidade (muitos poros em tamanhos muito pequenos) do horizonte que intermeia estes dois dificultam a passagem de água.

A cerosidade observada para os horizontes, como esperado, foi maior para o horizonte que apresentou maior teor de argila (60 – 100 cm).

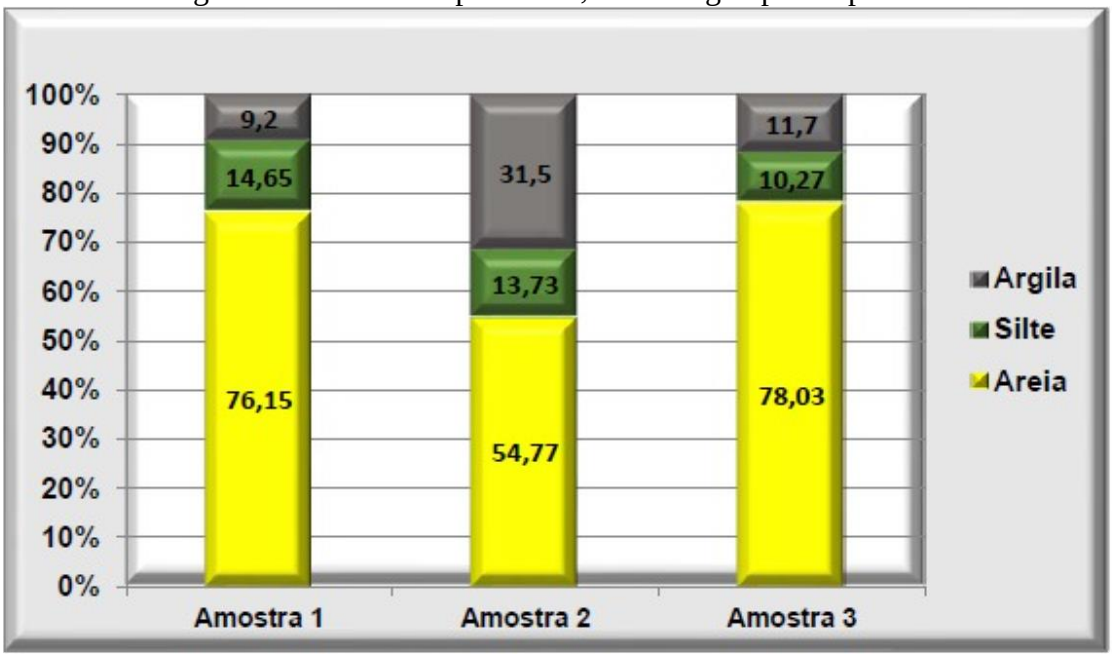
Em relação à consistência, as seções entre 0 – 22 e 60 – 100 cm foram classificadas como: solta, para tenacidade ou dureza; muito friável; não plástica, para plasticidade e não pegajosa quanto à pegajosidade. Ambos os horizontes apresentaram comportamento condizente à classificação como arenoso.

Quanto à textura, apenas o horizonte localizado na profundidade entre 22 – 60 cm se

diferenciou, apresentando uma textura argilosa; os demais foram identificados como arenosos. Nessa seção, foi determinada uma tenacidade muito dura, com friabilidade muito firme, plasticidade muito plástica e muito pegajosa.

Conforme o diagrama textural, as amostras coletadas nas profundidades entre 0 –22 e 60 – 100 cm foram determinadas como franco – arenosas, sendo que foi observado um teor maior que 75 % de areia. As características observadas no horizonte superficial do perfil 3 condizem com as percebidas no horizonte superficial do perfil 1. Todavia, a amostragem do horizonte em profundidade 60 – 100 cm, inferiu resultados contraditóriosàs percepções de campo em relação à contração de argila. Com relação ao horizonte encontrado em profundidade entre 22 – 60 cm, em um primeiro momento foi aferido quese tratava de um horizonte E – de perda -, no entanto, este foi o horizonte que apresentouuma concentração de argila que superou em 3 vezes o valor encontrado para a seção seguinte **(**Figura 67**).**

Figura 67: Resultados para areia, silte e argila para o perfil 3.



Fonte: Organizado por Costa (2019).

Em relação à densidade para o horizonte localizando na profundidade de 0 – 22 cm, obteve-se uma densidade de 1,81 g/cm³. Podendo-se inferir que, por se tratar de um horizonte predominantemente mineral, está compactado. Em profundidades entre 22 – 60 cm, o valor encontrado para a densidade foi de 1, 76 g/cm³. Considerando que este horizonte apresenta um significativo teor de argila, é perceptível que ele se encontra em condições de compactação. Por fim, o último horizonte analisado, com profundidade entre 60 e 100 cm, apresentou um valor de densidade de 1,60 g/cm³ e, assim como o primeiro horizonte deste perfil, se caracteriza como

mineralizado e também está compactado (Tabela 7).

Portanto, pode-se dizer que o quadro geral encontrado neste perfil, assim como nos que o antecederam, é de alta susceptibilidade à erosão, percolação na camada superior e resistência a inflitração em subsuperfície, gerando o escoamento superficial.

Tabela 7: Densidade dos horizontes amostrais do perfil 3.

Perfil	Profundidade	Densidade (g/cm³)
Perfil 3	0 – 22	1,81
	22 – 60	1,76
	60 – 100	1,60

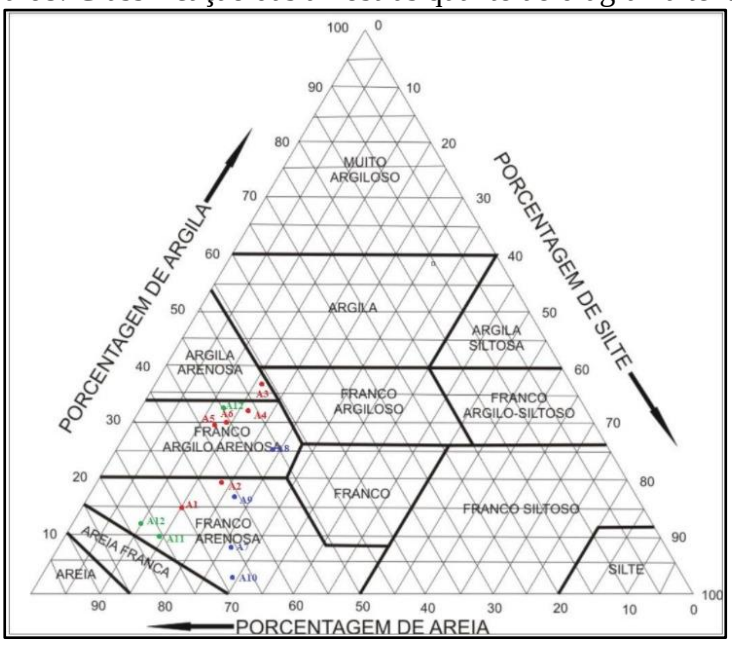
Fonte: Organizado por Costa (2020).

5.2.4. Classificação quanto ao diagrama textural

As amostras foram enumeradas de 1 a 13. Para o primeiro perfil considerou-se as amostras de 1 a 6, sendo que a amostra 1 representa o horizonte mais superficial e a 6 o horizonte mais profundo. No segundo perfil identificou-se as amostras de 7 a 10 e para o perfil 3, foram identificadas de 11 a 13.

De acordo com os resultados obtidos para os percentuais de areia, silte e argila, as amostras foram dispostas sobre o diagrama textural indicando a sua classe textural (Figura 68).

Figura 68: Classificação das amostras quanto ao diagrama textural.

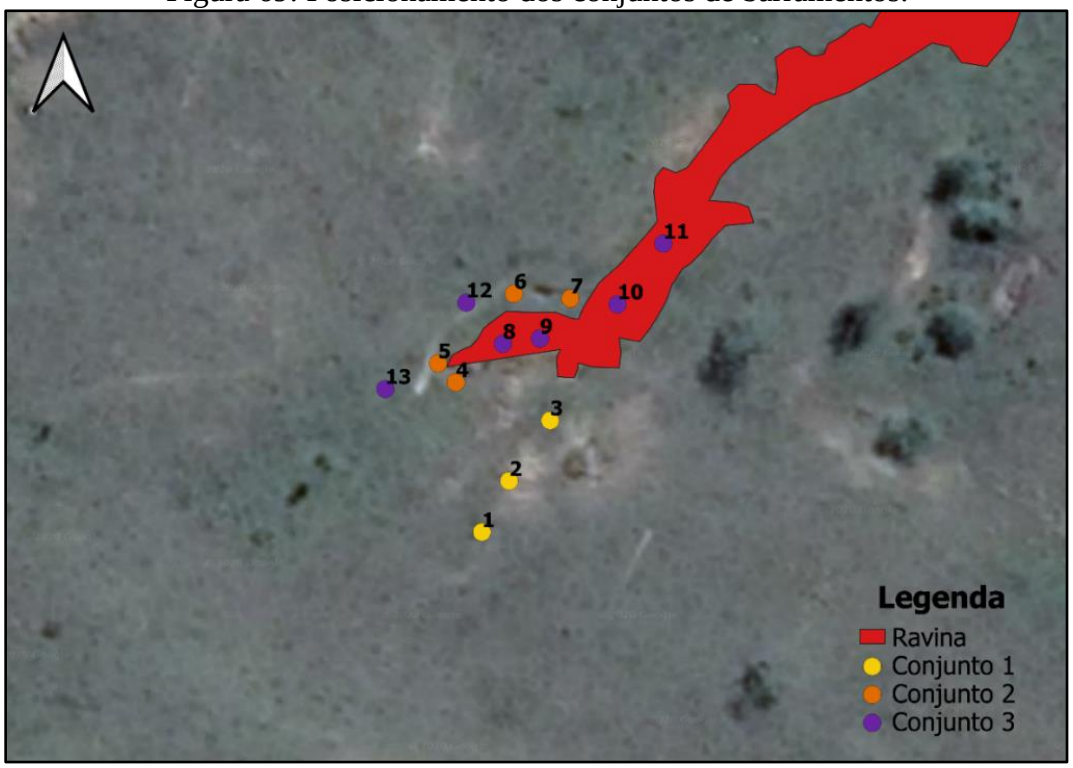


Fonte: Organizado por Costa (2020).

5.3. Aplicação da técnica de bioengenharia

Após analisar a situação que a área se encontrava, foram escolhidos pontos estratégicos para a construção dos barramentos. Inicialmente foram designados 13 pontos para a implementação das paliçadas, sendo estes divididos em 3 conjuntos de barramentos, que foram implementados em períodos diferentes (Figura 69).

Figura 69: Posicionamento dos conjuntos de barramentos.



Fonte: Autores (2020).

5.3.1. Conjunto 1 de barramentos

No primeiro conjunto de barramentos priorizou-se os pontos em que o relevo favorecia o fluxo da água; desta forma, a construção destes se deu a montante da erosão, próxima à cabeceira de drenagem da ravina principal. Os tamanhos dos barramentos deste conjunto estão presentes na Tabela 8.

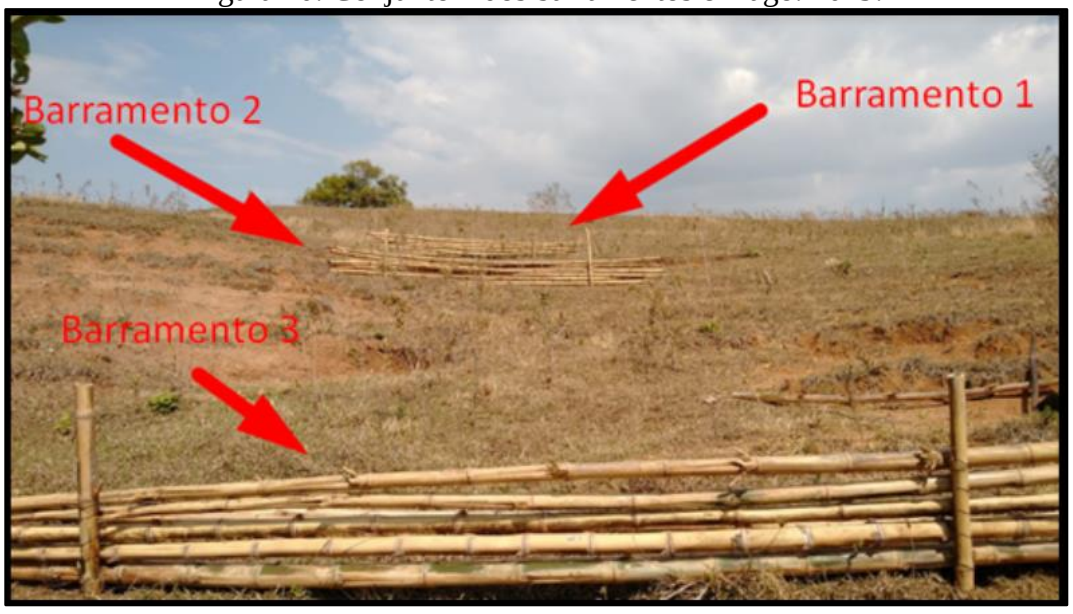
Tabela 8: Dimensões dos barramentos do conjunto 1.

Conjunto 1 de barramentos		
Barramento	Comprimento (m)	Altura (m)
1	6,03	0,85
2	5,95	0,85
3	4,65	0,83

Fonte: Autores (2020).

Neste primeiro conjunto decidiu-se por implementar 3 barramentos (Figura 70). Sua construção foi realizada no dia 31 de agosto do ano de 2019, sendo essa data escolhida propositalmente antes do período das chuvas que ocorrem na região, entre os meses de setembro a março.

Figura 70: Conjunto 1 dos barramentos em ago. 2019.



Fonte: Autores (2019).

Através das visitas de campo, foi possível notar que os barramentos apresentaram respostas ao diminuírem o fluxo de água e também, permitirem a recomposição da vegetação onde os mesmos foram construídos (Figura 71). Acredita-se que os resultados não foram mais significativos por conta da presença do gado na área.

No mesmo dia em que foi registrada a Figura 71, realizou-se a manutenção destes 3 primeiros barramentos e instalou-se os sacos de ráfia (Figura 72). Porém, estes não

apresentaram resultados imediatos, pois, em um trabalho de campo posterior, foi notado que os sacos de ráfia haviam sido retirados pelo gado.

Analisando a inviabilidade dos sacos de ráfia, estudou-se uma outra maneira para reter mais sedimentos, além de possibilitar uma maior durabilidade do material. Neste sentido, optou-se pelo uso da tela de "sombrite" (Figura 73), sendo um material mais resistente ao tempo (temperatura e umidade).

Realizou-se a instalação dos sombrites nos demais barramentos no dia 23 de novembro de 2020. A Figura 74 mostra os barramentos 1,2 e 3 após a instalação.

Figura 71: Situação do conjunto 1 dos barramentos em ago. 2020. As setas vermelhas indicam a concetração do escoamento superficial de água.



Fonte: Autores (2020).

Figura 72: Instalação dos sacos de ráfia em ago. 2020.



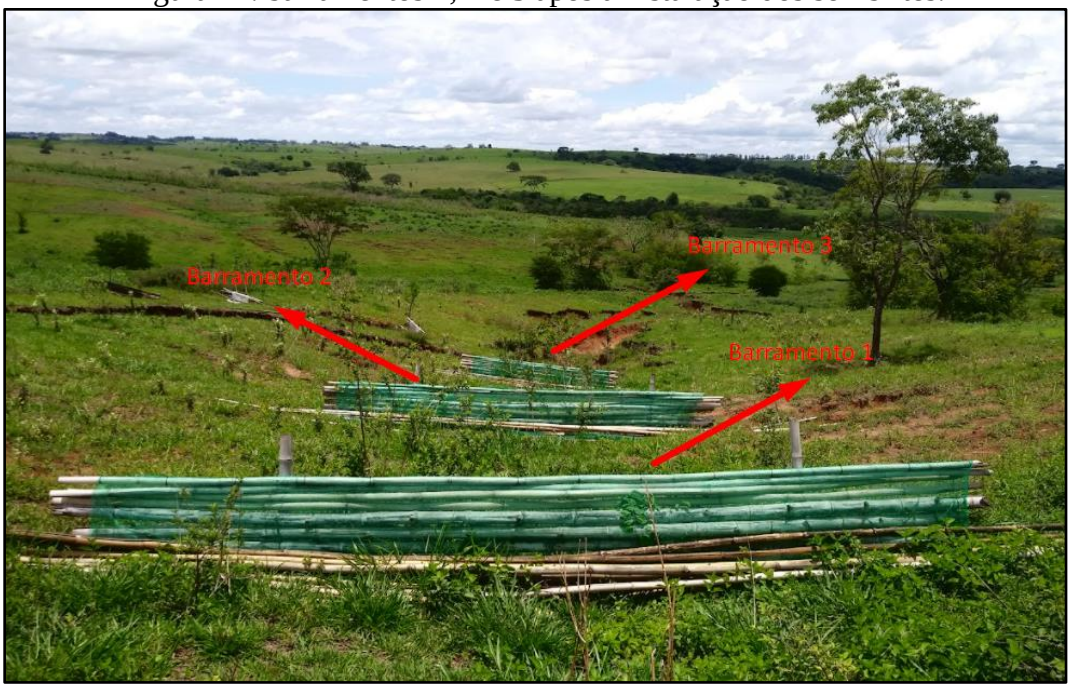
Fonte: Autores (2020).

Figura 73: Instalação da tela de "sombrite" em out. 2020.



Fonte: Autores (2020).

Figura 74: barramentos 1, 2 e 3 após a instalação dos sombrites.



Fonte: Autores (2021).

5.3.2. Conjunto 2 de barramentos.

No conjunto 2 foram montados 4 barramentos, como mostra as Figura 75, Figura 76 e Figura 77. A instalação destes barramentos foi realizada no dia 15 de agosto de 2020.

Figura 75: Instalação dos barramentos 4 e 5, em ago. 2020.



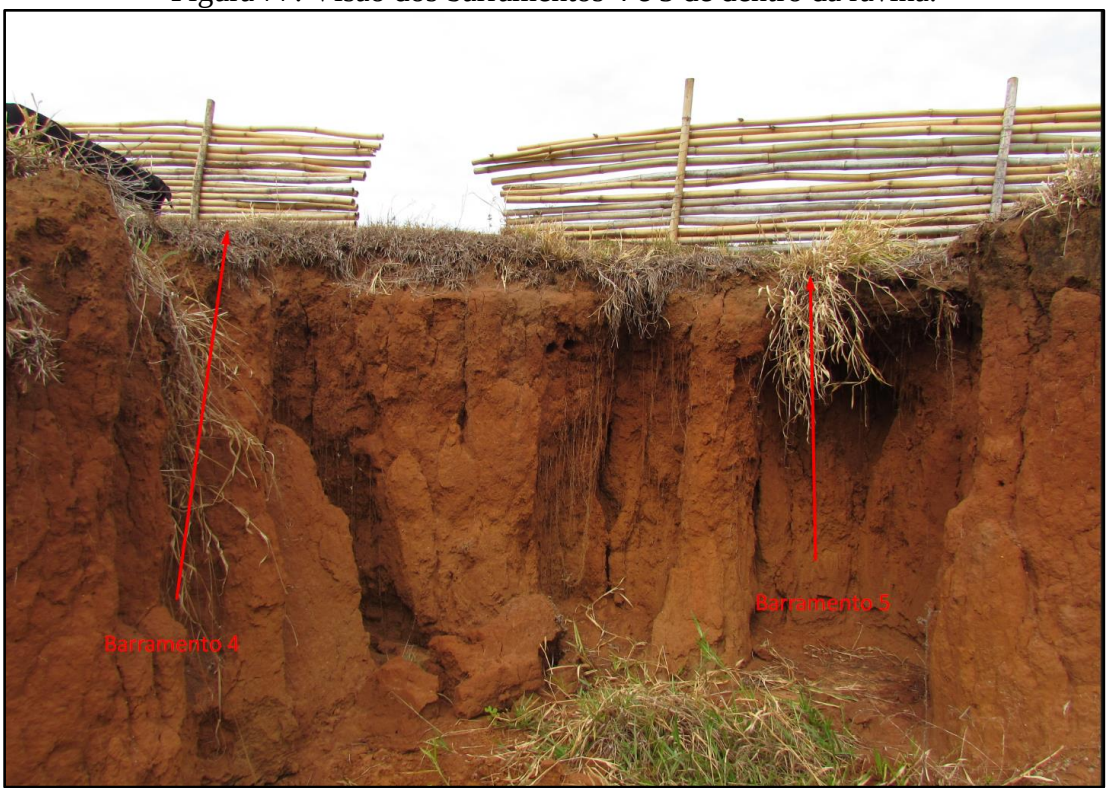
Fonte: Autores (2020).

Figura 76: Instalação dos barramentos 6 e 7, em ago. 2020.



Fonte: Autores (2020).

Figura 77: Visão dos barramentos 4 e 5 de dentro da ravina.



Fonte: Autores (2020).

Os tamanhos respectivos dos barramentos deste conjunto estão expressos na Tabela 9.

Tabela 9: Dimensão dos barramentos do conjunto 2.

Conjunto 2 de barramentos

Barramento	**Comprimento (m)**	**Altura (m)**
4	3,9	0,85
5	4,65	0,95
6	4,3	0,55
7	2,77	0,67

Fonte: Autores (2020).

Foram feitas visitas periódicas de campo e realizou-se manutenções. Assim como no conjunto 1 de barramentos, os sacos de ráfia haviam se decomposto e parte retirado pelo gado, como mostra as Figura 78 (antes) e a Figura 79 (depois).

Figura 78: Barramento 4 antes dos sacos serem retirados pelo gado em ago. 2020.



Fonte: Autores (2020).

Figura 79: Barramento 4 depois dos sacos serem retirados pelo gado em out. 2020.



Fonte: Autores (2020).

Realizou-se a instalação das telas de sombrites nos conjuntos dois e três de barramentos no dia 23 de novembro de 2020. As Figura 80 e Figura 81 mostram os barramentos do segundo conjunto após a instalação.

Figura 80: barramentos 4 e 5 com sombrites instalados.



Fonte: Autores (2020).

Figura 81: barramentos 6 e 7 com sombrites instalados.



Fonte: Autores (2020).

5.3.3. Conjunto 3 de barramentos

No conjunto 3 foram intalados 6 barramentos (Figura 82), com as respectivas medidas de comprimentos e alturas (Tabela 10), sendo que os barramentos 8, 9, 10 e 11 foram

construídos dentro da ravina.

Tabela 10: Dimensão dos barramentos do conjunto 3.

Conjunto 3 de barramentos

Barramento	Comprimento (m)	Altura (m)
8	2,11	0,55
9	2,15	0,61
10	2,07	0,56
11	1,37	0,6
12	5,5	0,55
13	4,95	0,7

Fonte: Autores (2020).

Figura 82: Conjunto 3 de barramentos instalados em out. 2020.



Fonte: Autores (2020).

Foi aplicado o sombrite no barramento 13 e, também, foi depositado a montante da paliçada retalhos de bambus que são inutilizáveis (Figura 83).

Figura 83: Barramento 13 com o sombrite utilizado em hortas, em out. 2020.



Fonte: Autores (2020).

Posteriormente, no dia 23 de novembro de 2020, instalou-se os sombrites nos barramentos 8, 9, 10, 11, 12 e 13 (Figura 84).

Figura 84: Barramentos com sombrites instalados.



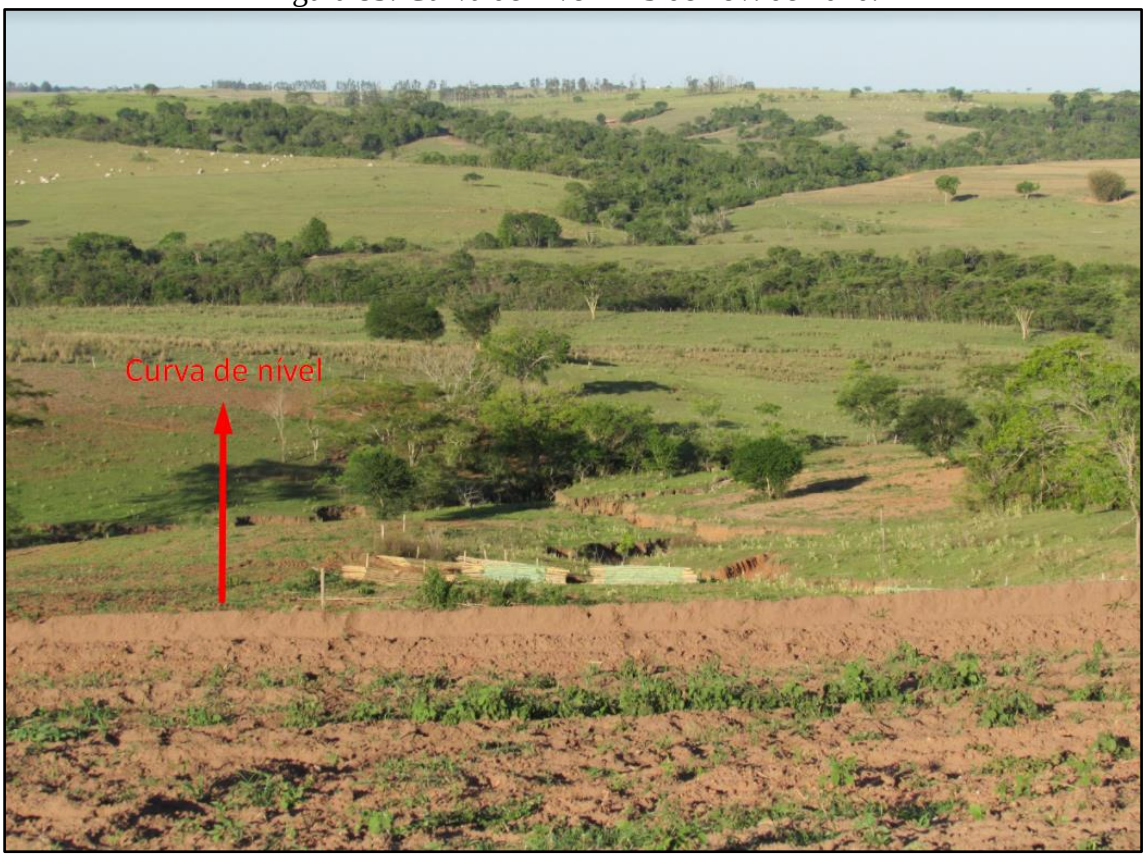
Fonte: Autores, 2021.

5.4. Monitoramento e manutenção dos barramentos

Após a instalação de todo os sombrite nos barramentos identificou-se uma grande resposta nos barramentos de retenção de sedimentos. No campo realizado no dia 23 de novembro de 2020 notou-se que o proprietário havia realizado uma intervenção na área com maquinário, realizando assim as curvas de nível (Figura 85). As curvas de nível foram feitas entre a cabeceira de drenagem até os barramentos (Figura 86), com o intuito de diminuir a velocidade do escoamento superficial da água e contribuindo assim com os barramentos de paliçadas.

No campo do dia 14 de dezembro de 2020 realizou-se o restante da instalação dos sombrites e colocou à frente de alguns barramentos sacos de rafia (Figura 87 e Figura 88), com o intuito de diminuir a velocidade e energia da água do escoamento superficial. Ainda nesse mesmo campo, notou- se que o barramento 10 (Figura 89) conseguiu apresentar resposta de retenção de sedimentos, com relação ao anterior a esse.

Figura 85: Curva de nível – 23 de nov. de 2020.



Fonte: Autores (2020).

Figura 86: Implementação dos sacos de ráfia, 14 de dez. 2020.



Fonte: Autores (2020).

Figura 87: Implementação dos sacos de ráfia, 14 de dez. 2020.



Fonte: Autores (2020).

Figura 88: Retenção de sedimento do barramento 10 - 14 de dez. de 2020.



Fonte: Autores (2020).

No campo do dia 13 de fevereiro notou-se que no geral, todos os barramentos apresentaram resultados, uma vez que os barramentos de dentro da ravina tiveram resposta mais relacionada ao acúmulo de sedimentos, cobrindo os sacos de ráfias como pode-se notar nas Figura 89 e Figura 90.

Figura 89: Barramento 8 – 13, fev. 2021.



Fonte: Autores (2021).

Figura 90: Barramento 9 – 13, fev. 2021.



Fonte: Autores (2021).

Identificou-se que os barramentos fora da ravina apresentaram resultados mais relacionados a regeneração da vegetação do que a retenção de sedimentos (Figura 91, Figura 92 e Figura 93). Acredita-se que essa resposta nesses postos está ligada a locais que tem uma camada de solo considerável, pois há uma maior diversidade biológica que proporciona uma maior regeneração da vegetação.

Figura 91: Barramento 1 – 13, fev. 2021.



Fonte: Autores (2021).

Figura 92: Barramento 13 – 13, fev. 2021.



Fonte: Autores (2021).

Figura 93: Regeneração da vegetação no local.



Fonte: Autores (2021).

Percebeu-se que a presença do gado na área fazia-se evidente antes do cercamento, porém, mesmo com esse empecilho, nota-se que após o período da chuva teve-se resultados, tanto na questão da regeneração da vegetação quanto na retenção de sedimentos (Figura 94 e Figura 95).

Figura 94: Presença do gado na área – 13, fev.



Fonte: Autores (2021).

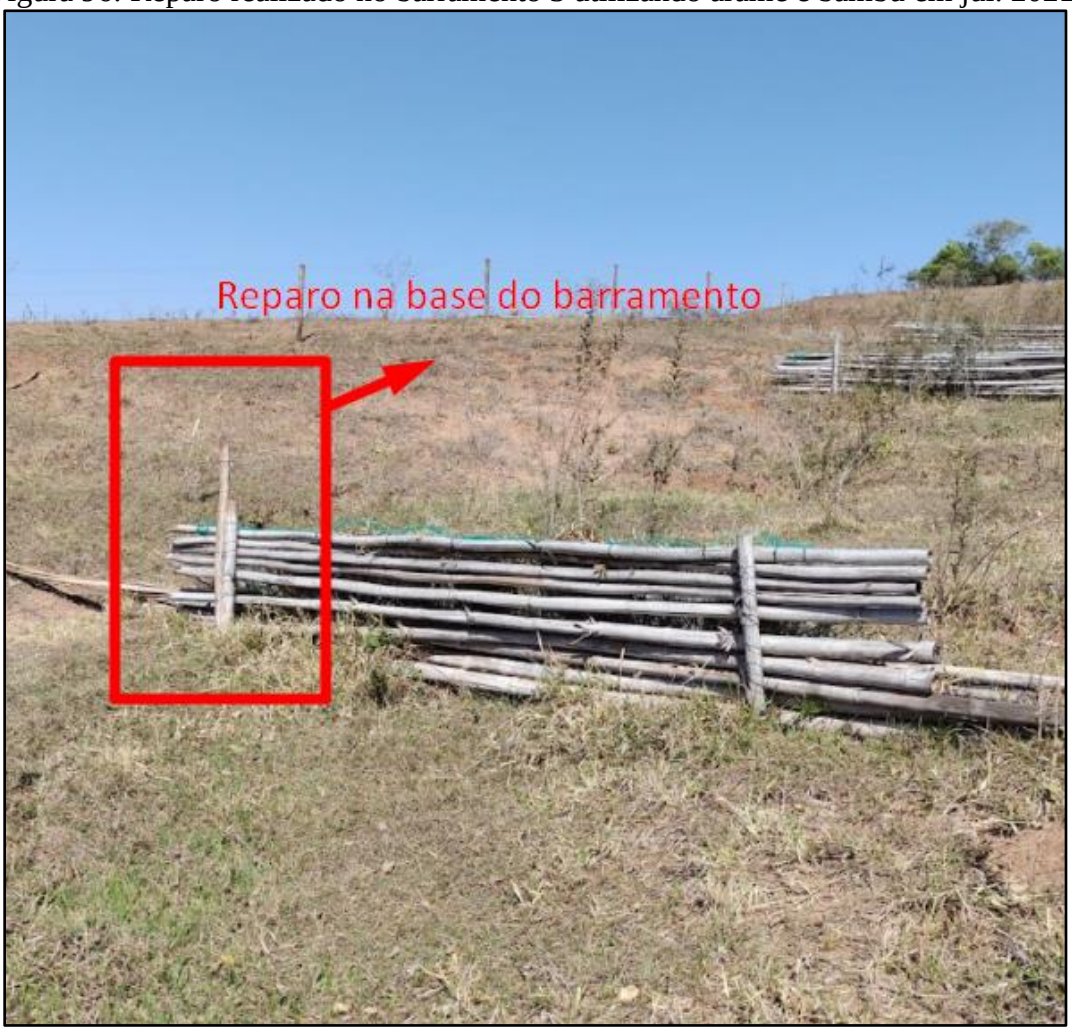
Figura 95: Vestígio do gado na área – 13, fev.



Fonte: Autores (2021).

Em julho de 2021, foi realizado um novo campo e notou-se que o reparo realizado no barramento 3 no campo anterior não suportou a ação do tempo. Foi feito um novo reparo do barramento utilizando arame e bambu, da forma que segue na figura Figura 96. Além disso, afim de monitorar a área de estudo foram feitos registros fotográficos dos barramentos, por ter sido realizado em uma época de seca, nota-se que a paisagem está com aspecto bastante seco e com pouca vegetação, principalmente gramíne. A Figura 97, Figura 98, Figura 99, Figura 100, Figura 101, Figura 102, Figura 103, Figura 104 e Figura 105 representam o quadro observado na área para o dado momento.

Figura 96: Reparo realizado no barramento 3 utilizando arame e bambu em jul. 2021.



Fonte: Autores, 2021.

Figura 97: Barramento 2 em jul. 2021.



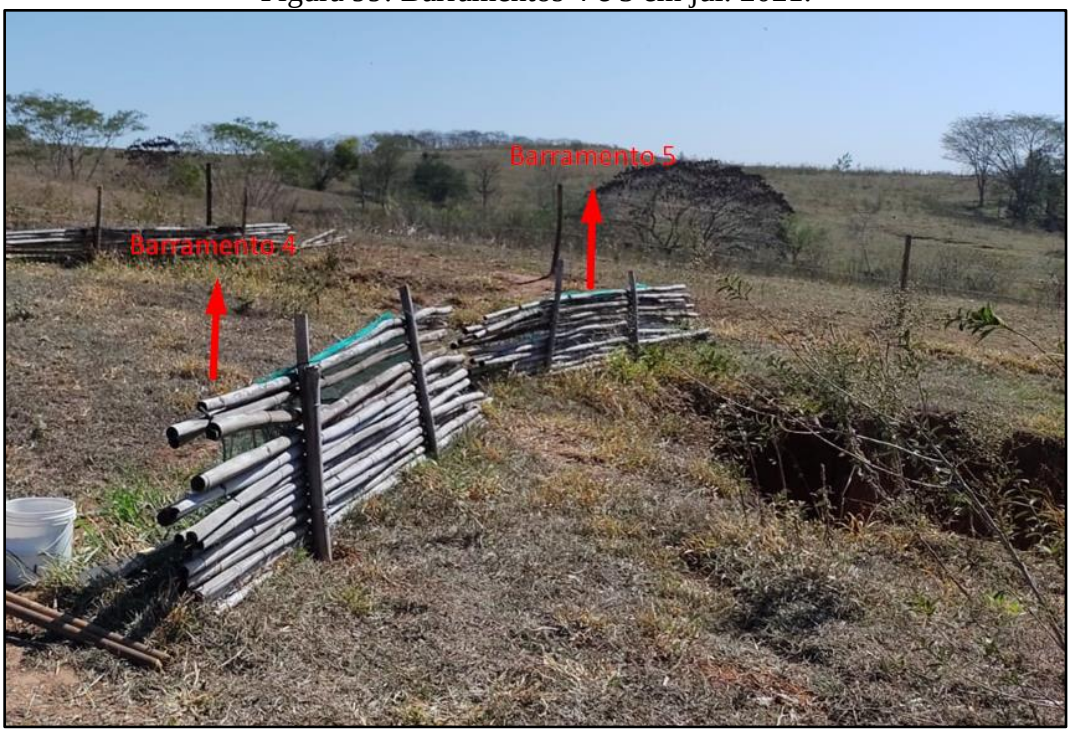
Fonte: Autores, 2021.

Figura 98: Barramento 1 em jul. 2021.



Fonte: Autores, 2021.

Figura 99: Barramentos 4 e 5 em jul. 2021.



Fonte: Autores, 2021.

Figura 100: Barramentos 6 e 7 em jul. 2021.



Fonte: Autores (2021).

Figura 101: Barramento 8 em jul. 2021.



Fonte: Autores (2021).

Figura 102: Barramento 12 em jul. 2021.



Fonte: Autores (2021).

Figura 103: Barramento 9 em jul. 2021.



Fonte: Autores (2021).

Figura 104: Barramento 10 em jul. 2021.



Fonte: Autores (2021).

Figura 105: Barramento 10 em jul. 2021.



Fonte: Autores (2021).

Novos registros fotográficos foram feitos no dia 14/12/2021, em período chuvoso, a Figura 106, Figura 107, Figura 108, Figura 109, Figura 110, Figura 111 e Figura 112, mostram que o quadro de degradação foi significativamente freado. O aumento da biomassa arbustiva e de gramíneas proporcionaram uma melhor estabilização do solo, inclusive dos braços e cabeceira da erosão. Tudo isso se deu pelo isolamento da área, que possibilitou um desenvolvimento do ecossistema sem interferência do gado, somado à aplicação da técnica de paliçada, responsável pela diminuição da energia cinética acumulada da chuva nos canais de fluxo preferencial de água.

A aplicação da paliçada trouxe uma maior infiltração de água diminuindo o escoamento superficial, já o cercamento contribuiu para que a vegetação se desenvolvesse. Caso contrário um evento pluviométrico seria bastante destrutivo para o solo que estaria exposto ao efeito “splash”, bem como há um intenso fluxo de escoamento superficial que carrearia muitas partículas ocasionando um agravamento do quadro de degradação.

Figura 106: Barramentos 1, 2 e 3 no dia 14/12/2021.



Fonte: Autores (2021).

Figura 107: Barramentos 4 e 5 no dia 14/12/2021.



Fonte: Autores (2021).

Figura 108: Barramento 7 no dia 14/12/2021.



Fonte: Autores (2021).

Figura 109: Barramento 10 e 11 no dia 14/12/2021.



Fonte: Autores, 2021.

Figura 110: Barramento 7 e 9 no dia 14/12/2021.



Fonte: Autores, 2021.

Figura 111: Barramento 8 no dia 14/12/2021.



Fonte: Autores, 2021.

Figura 112: Barramento 8 no dia 14/12/2021.



Fonte: Autores, 2021.

5.4.1. Monitoramento das estacas para avaliação do avanço dos processos erosivos

Os pinos para monitoramento da evolução dos processos erosivos foram instalados durante a implementação das técnicas em trabalho de campo realizado entre os dias 15, 16 e 17 de outubro de 2020.

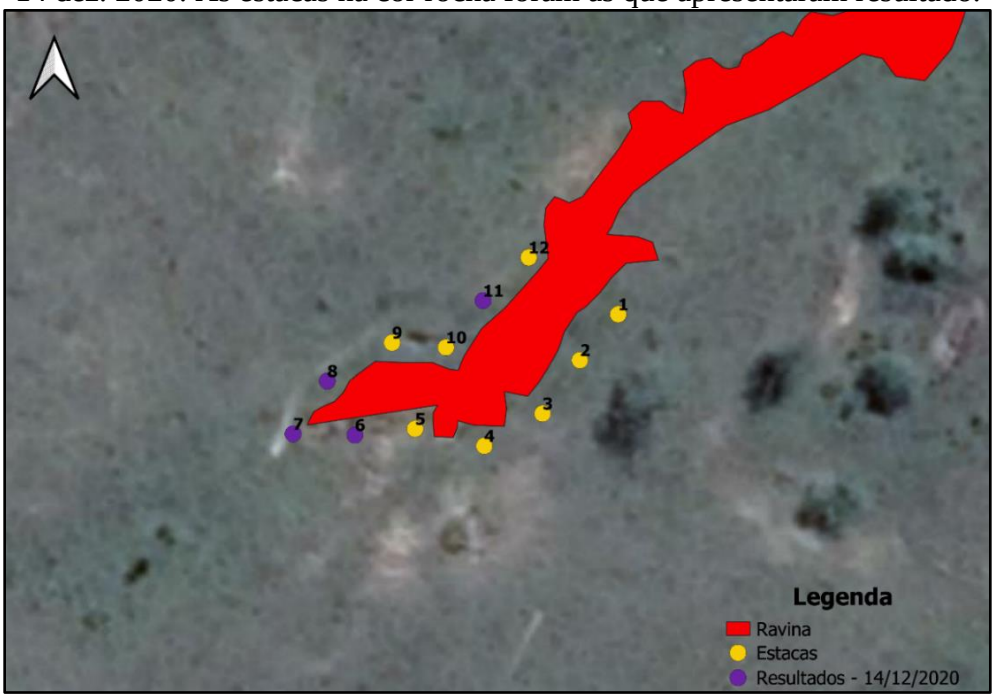
O monitoramento da ravina constituiu-se em trabalhos de campo realizados mensalmente desde a sua implementação até o mês de fevereiro. Para se implementar tal método, realizou-se anotações mensais da distância entre o pino de erosão e a borda da ravina, e também o nível do pino em relação ao solo.

A Tabela 11 apresenta as coordenadas, a altitude, o nível do pino e a distância de instalação entre o pino e a ravina.

O primeiro campo posterior a instalação dos pinos ocorreu no dia 23 de novembro de 2020, como esta data foi próxima a data de instalação dos pinos não se teve variações significativas, pois além de se tratar de um curto período de tempo, também não ocorreu nenhum evento chuvoso significante.

No segundo mês após a instalação dos pinos, os dados apresentaram resultados, tanto com relação a variação do nível do pino como da distância da borda da ravina. Mesmo sendo um curto período de tempo identificou-se que os pinos 6, 7, 8 e 11 apresentaram resultados com relação a distância da borda da ravina (Figura 113).

Figura 113: Estacas que apresentaram resultados com relação a distância da borda da ravina – 14 dez. 2020. As estacas na cor rocha foram as que apresentaram resultado.



Fonte: Autores (2021).

Relaciona-se a diminuição do intervalo entre a estaca até a borda da ravina com a queda de blocos, como mostra a Figura 114.

Figura 114: Quedas de blocos nas bordas da ravina.



Fonte: Autores (2020).

Tabela 11: Coordenadas e distância da instalação dos pinos.

Estaca (nº)	Coordenadas (UTM)	Altitude (m)	Variação do nível do pino (m)	Distância da borda da ravina (m)
1	7584563,661 – 481127,05	317,599	0	3
2	7584556,918 – 481121,42	323,847	0	3
3	7584549,081 – 481115,93	326,01	0	3
4	7584542,587 – 481107,438	327,212	0	3
5	7584546,842 – 481097,18	327,693	0	3
6	7584543,232 – 481088,697	330,096	0	3
7	7584544,845 – 481080,006	326,01	0	3
8	7584551,932 – 481085,896	320,723	0	3
9	7584557,052 – 481093,807	328,894	0	3
10	7584556,723 – 481104,634	327,452	0	3
11	7584562,38 – 481112,068	324,088	0	3
12	7584571,007 – 481116,751	318,801	0	3

Fonte: Autores (2021).

A Tabela 12 apresenta os dados coletados no campo realizado no dia 14 de dezembro de 2020. Percebe-se que houve pouca variação da altura do nível do pino, apresentando alteração apenas nos pinos 4, 5 e 8.

Tabela 12: Acompanhamento dos pinos – 14 de dez. 2020.

Data 14/12/2020 - acompanhamento		
Estaca (nº)	Variação do nível do pino (m)	Distância da borda da ravina (m)
1	0	3
2	0	3
3	0	3
4	-0,002	3
5	-0,0015	3
6	0	2,8
7	0	2,92
8	-0,0017	2,98
9	0	3
10	0	3
11	0	2,8
12	0	3

Fonte: Autores (2020).

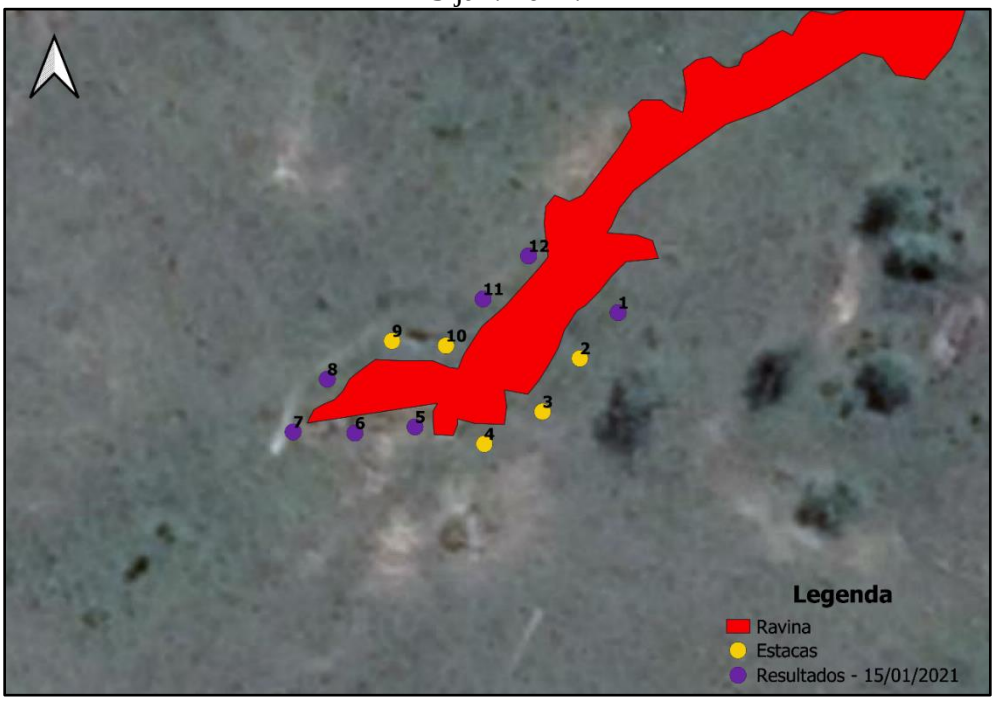
No campo realizado no dia 15 de janeiro de 2021, notou-se que as estacas 1, 5 e 12 (Figura 115), apresentaram-se uma diminuição no intervalo entre a borda da ravina até à estaca. Também, notou-se uma diminuição ainda maior nas estacas 6, 7, 8 e 11, uma vez que estas já haviam apresentado encolhimento entre a estaca até a borda da ravina na visita realizada na área no dia 14 de dezembro de 2020 (campo anterior).

Relaciona-se essas perdas com as chuvas que ocorre nesse período do ano na área, uma vez que o aumento da precipitação faz com que acelere as quedas de blocos das bordas das ravinas.

A Tabela 13 apresenta os dados coletados no campo realizado no dia 15 de janeiro de 2021. Nota-se que nos pinos 4, 5 e 8 teve-se um aumento no desnível com relação a última visita, somando a eles o pino 9 que também apresentou perda de solo.

Por fim, a última visita realizada na área ocorreu no dia 13 de fevereiro de 2021, sendo a partir dessa notado que as distâncias entre a borda da ravina e à estaca, também tinha diminuído nos pontos 3 e 9, somando-se aos pontos 1, 5, 6, 7, 8, 11 e 12 (Figura 116). As únicas estacas que mantiveram a mesma distância 2, 4 e 10.

Figura 115: Estacas que apresentaram resultados com relação a distância da borda da ravina – 15 jan. 2021.



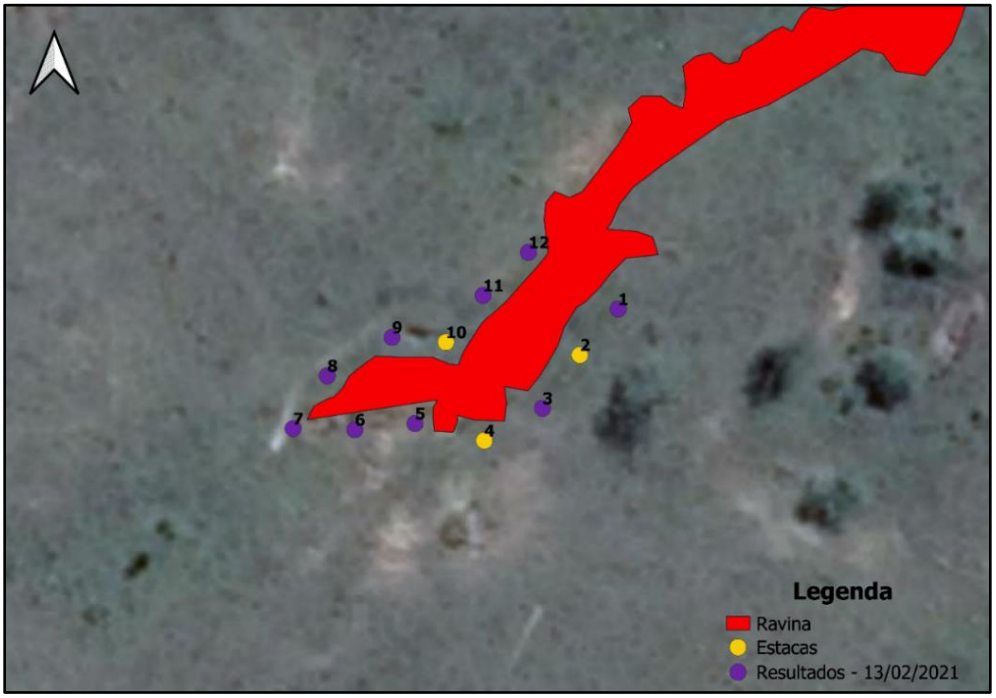
Fonte: Autores (2021).

Tabela 13: Acompanhamento dos pinos – 15 de jan. 2021.

Data 15/01/2021 - acompanhamento		
Estaca (nº)	Variação do nível do pino (m)	Distância da borda da ravina (m)
1	0	2,95
2	0	3
3	0	3
4	-0,0025	3
5	-0,0024	2,9
6	0	2,67
7	0	2,77
8	-0,0022	2,95
9	-0,0015	3
10	0	3
11	0	2,65
12	0	2,96

Fonte: Autores (2021).

Figura 116: Estacas que apresentaram resultados com relação a distância da borda da ravina – 13 fev. 2021.



Fonte: Autores (2021).

Na Figura 117 nota-se o grande volume de solo que se desprendeu das paredes da ravina o que pode-se relacionar as quedas de blocos, sendo decorrente da falta de cobertura vegetal ocasionado pela intervenção humana que somado aos meses de alta precipitação na área, proporcionou esse grande volume de solo solto.

Figura 117: Quedas de bloco.



Fonte: Autores (2021).

Na Tabela 14 é apresentado a variação do nível do pino e a distância da borda da ravina. Observa-se que aumentou o número de pontos que tiveram perda de solo, sendo que na visita anterior a essa era apenas os pinos 4, 5, 8 e 9 que apresentaram mudanças. Já no campo realizado no dia 13 de fevereiro de 2021, notou-se que além de ter aumentado o desnível nos pontos citados, outras estacas também apresentaram perda de solo, sendo os pinos 1, 2, 10 e 11.

Tabela 14: Acompanhamento dos pinos – 13 de fev. 2021.

Data 13/02/2021 - acompanhamento		
Estaca (nº)	Variação do nível do pino (m)	Distância da borda da ravina (m)
1	-0,0014	2,92
2	-0,0013	3
3	0	2,95
4	-0,003	3
5	-0,0032	2,78
6	0	2,5
7	0	2,72
8	-0,0026	2,93
9	-0,0022	2,9
10	-0,0015	3
11	-0,0013	2,54
12	0	2,93

Fonte: Autores (2021).

5.5. Análise química

De acordo com a Tabela 15, pode-se observar que as amostras apresentaram um pH mediano, indicando uma acidez moderada.

Tabela 15: Resultado da análise química.

Análise Química do Solo				
pH (em CaCl)	**Patássio (K) mmolc/dm^3**	**Fósforo (P) mg/dm3**	**Magnésio (Mg) mmplc/dm3**	**Cálcio (Ca) mmolc/dm3**
5,5	4,8	12	11	36
Médio	**Alto**	**Baixo**	**Alto**	**Alto**

Fonte: Autores, 2021.

De acordo com a Tabela 15, nota-se que o elemento fósforo (P) apresentou-se com

valores abaixo do esperado. Relaciona-se este resultado com a cultura praticada na área, pois a pastagem quando implementada sem os devidos cuidados conservacionistas, faz com que o solo e as plantas apresentem deficiência de fósforo (P), o que leva a perda em produção de massa seca, parte aérea, área folear e radicular, uma vez que, "esse macronutriente atua no crescimento das raízes e favorece a absorção de água e nutrientes, estando diretamente associado à fotossíntese" (NUNES et. al, 2021).

Segundo Mendonça (2010), a baixa disponibilidade de P faz com que haja à necessidade de uma adubação fosfatada. Isto leva a um maior investimento na produção, aumentando também a circulação de maquinários na área, realizando uma maior compactação do solo, reduzindo a porosidade, diminuindo a permeabilidade, o que vai fazer com que aumente o escoamento superficial, potencializando assim a degradação do solo por processo erosivo.

Com relação aos itens potássio (K), magnésio (Mg) e cálcio (Ca), presentes na Tabela 15, apresentaram-se aos níveis dentro do adequado segundo a análise realizada.

5.6. Permeabilidade do solo

Coletados os dados em campo, realizou-se o equacionamento dos mesmos, obtendo-se os resultados descritos nas Tabela 16 e Tabela 17.

Tabela 16:Resultados obtidos para coluna com altura de 5 cm de água no reservatório.

N° da leitura	Tempo (min)	Intervalo de Tempo (min)	Nível de água no reservatório (cm)	Variação de nível de água(cm)	Taxa de queda (cm/min)	Taxa de queda (10^2*cm/s)
	0	-	3,5			
2	2	2	7,5	4,0	2,0	3,33
3	4	2	12,0	4,5	2,25	3,75
4	6	2	16,0	4,0	2,0	3,33
5	8	2	20,0	4,0	2,0	3,33
6	10	2	24,0	4,0	2,0	3,33
7	12	2	28,0	4,0	2,0	3,33

Fonte: Autores, 2021.

Tabela 17: Resultados obtidos para coluna com altura de 10 cm de água no reservatório.

N° da leitura	Tempo (min)	Intervalo de Tempo (min)	Nível de água no reservatório (cm)	Variação de nível de água (cm)	Taxa de queda (cm/min)	Taxa de queda (10^-2*cm/s)
1	0	-	5	-	-	-
2	2	2	9,5	4,5	2,25	3,75
3	4	2	14	4,5	2,25	3,75
4	6	2	18	4	2	3,33
5	8	2	21,5	3,5	1,75	2,91
6	10	2	25	3,5	1,75	2,91
7	12	2	28,5	3,5	1,75	2,91
8	14	2	32	3,5	1,75	2,91

Fonte: Autores, 2021.

Quanto à coeficiente de permeabilidade, foi obtido o valor que segue: 4,69 x 10-5 cm/s. De acordo com Cruz (1996), solos com características argilosas que apresentam coeficiente variando entre os valores de 10^{-5} a 10^{-7}, caracterizam-se por apresentar uma permeabilidade lenta.

6. CONCLUSÃO

Através da realização dos trabalhos de campo, análises laboratoriais e levantamento bibliográfico, foi possível compreender os fatores naturais, históricos, econômicos e sociais que culminaram no atual quadro de degradação em que se encontra o solo da área de estudo.

Por meio de uma revisão histórica do local, foi possível observar os diversos fatores sociais e econômicos que levaram à exploração da área. Aponta-se que o desmatamento, seguido da implementação de atividades agropecuárias, sem o devido manejo, contribuiu de forma determinante para o desenvolvimento dos processos erosivos encontrados no local.

Os mapeamentos desenvolvidos da área têm sido fundamentais para colocar em perspectiva o atual quadro de degradação. Eles permitiram a realização de observações mais amplas das dinâmicas naturais do local facilitando o entendimento das mesmas.

Além disso, vale ressaltar que através dos estudos realizados em campo e das análises laboratoriais, foi possível identificar aspectos intrínsecos do solo da área estudada. Suas características morfológicas, granulométricas, de densidade e permeabilidade, indicaram que se trata de um solo degradado com horizontes superficiais com classe textural arenoso, compactado, pouco desenvolvido e com pouca capacidade de formar agregados. Através da análise química observou-se que o solo da área apresenta-se fora dos padões ideais de fósforo (P) e de pH. Assim, pode-se dizer que os Argissolo Vermelhos-Amarelos existentes na área da microbacia hidrográfica pluvial, apresentam alta suscetibilidade natural à erosão e acrescentado a ele um uso não conservacionista, o quadro agrava-se de maneira mais acelerada.

Os primeiros barramentos de bambus construídos têm apresentado respostas positivas, como a revegetação de gramíneas de alguns setores a montante dos barramentos. Foi possível inferir também, que houve o aumento de infiltração da água no solo, relação direta do efeito da quebra da energia do escoamento concentrado pelos barramentos. O cercamento da área proporcionou o impedimento da entrada do gado, acredita-se que este fator promoveu resultados mais rápidos e expressivos, sendo auxiliado pelos procedimentos adotados, destacando-se os barramentos de bambu.

Ao longo do desenvolvimento das atividades descritas no trabalho, foram enfrentadas adversidades. A pandemia do novo Corona-Vírus dificultou o contato dos orientandos com o orientador, o acesso a livros e, principalmente, à área de estudo para trabalhos de campo. Quando em campo, durante a construção dos barramentos, a obtenção dos bambus era dificultada pela distância entre o setor de recuperação das erosões e o local de coleta dos bambus. Em relação à obtenção de informações referentes à área de estudo, houve dificuldades,

pois existem poucas pesquisas referentes ao tema para o município.

Portanto, diante de tudo o que foi apresentado, entende-se que o cenário de degradação no qual se encontra os solos do sítio São José tem intrínseca relação com fatores naturais atuais, mas também com fatores relacionados ao âmbito econômico e social. Além disso, destaca-se que os mapeamentos realizados na área foram de suma importância para uma melhor observação da mesma. Quanto aos barramentos, estão sendo uma importante ferramenta para o controle do processo de ravinamento presente no local.

7. REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, Flávia Aparecida; MADEIRA, Nuno Rodrigo. **Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças**. Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 2008.

BALDASSARINI, Jéssica de Souza; NUNES, João Osvaldo Rodrigues**. A intervenção em prol da recuperação de áreas degradadas por erosão hídrica na microbacia hidrográficada Água Três Unidos no município de Vera Cruz–SP**. Caderno Prudentino de Geografia, v. 1, n. 36, 2014, p. 174-190.

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

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. ed. 5. São Paulo: Ícone, 2005.

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/l12651.htm>. Acessoem: : 05. Nov. 2020.

BRAY, S. C. et. al. **As políticas da agroindústria canavieira e o PROÁLCOOL no Brasil.** Marília: UNESP - Marília Publicações, 2000. p.104.

BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada**. Rio Claro, 2000. 264.p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - IGCE/UNESP – Rio Claro.

CAMPOS, L. F. A. et al. **Características de plasticidade de argilas para uso em cerâmica vermelha ou estrutural**. Cerâmica, v. 45, n. 295, 1999, p. 140-145.

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL – CATI. **Plano municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável 2010 – 2013**. Disponível em:

<www.cati.sp.gov.br/conselhos/arquivos_mun/101_19_01_2011_pmdrscaiabu.doc>. Acessado em: 15. Abr. 2019.

COSTA, F, A. **Transformações da paisagem no Oeste Paulista e processos erosivos no município de Caiabu/SP**. Dissertação (Mestrado em Geografia - Faculdade de Ciencias e

Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente. 2020, p. 149.

CRUZ, P. L. da. **100 Barragens Brasileiras: casos históricos, materiais de construção e projeto**. Oficina de Textos: São Paulo, 1996.DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Controle de erosão: bases conceituais e técnicas, diretrizes para planejamento urbano e regional, orientações para o controle de boçorocas urbanas. 2.ed. DAEE/IPT, 1990.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Controle de erosão: bases conceituais e técnicas, diretrizes para planejamento urbano e regional, orientação para o controle de boçorocas urbanas**. 1.ed. DAEE/IPT, 1989.

DIAS, M. do C. O.; PEREIRA, M. C. B.; DIAS, P. L. F.; VIRGÍLIO, J. F. **Manual de**

impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas. MMA. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999. p. 297.

DONAGEMMA, G. K.; VIANA, J. H. M.; ALMEIDA, B. G.; RUIZ, H. A.; KLEIN, V.

A.; DECHEN, S. C.F.; FERNANDES, R. B. A. **Análise granulométrica**. In: TEIXEIRA,

P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. C. eds. Manual de métodos de análise de solo. 3° ed. rev. e ampl. Brasília, Distrito Federal: Embrapa, 2017.p. 95-116.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1997.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPASolos, 1999.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (SiBCS).** 1. ed. Brasília - DE: Embrapa Solos, 2018.

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

GIAVARA, E. **As fronteiras do desconhecido:** civilização e barbárie no Oeste Paulista. Albuquerque – Revista de História. vol. 8, n. 16. jul.- dez./2016, p. 147-165.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. Dos SANTOS. **Geomorfologia Ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. p.190.

GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil, 1999.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas.** Oficina de textos. São Paulo, 2013.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. Dos SANTOS. **Geomorfologia Ambiental.** Rio deJaneiro: Bertrand Brasil, 2015. p. 190.

HIGGINS, C. G. Gully development. In: Higgins, C. G.; Coates, D. R. (Ed.). **Groundwater geomorphology: the role of subsurface water in earth-surface processes and landforms**. Boulder: Geological Society of America, 1990. p.139-155 (Special paper, 252).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico de uso da terra.** 3ª ed. Rio de Janeiro. 2013. Disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf >. Acesso em: 6. Abr. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO - IPT. Tecnologia, ambiente e desenvolvimento. São Paulo: IPT, 1992.

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO - IPT. **Mapa geológico do estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981a. Escala 1:500.000.

Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. São Paulo: IPT, 1981b. Escala 1:500.000.

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO - IPT. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981b. Escala 1:500.000.

KIEL, E. J. **Manual de edafologia:** relação solo-planta. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. p. 262.

LEPSCH, I. F.; BELINAZZI Jr., D.; ESPINDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação das terras no sistema de capacidade de uso.** 4ª aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1983.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2a Ed. São Paulo: Oficina de Textos,2010.

LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia. São Paulo: Oficina de Textos**. 2011. p. 456.

MENDONÇA, J. F. B. **Solo: substrato da vida. 2**. ed. Brasília/DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010, p. 129.

MONBEIG, P. **Pioneiros e fazendeiros de São Paulo**. São Paulo: HUCITEC; POLIS, 1984.

NETO, J. L. S. A erosividade das chuvas no Estado de São Paulo. **Revista do Departamento**

de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanasda Universidade de São Paulo - Brasil, v9, 1995, p. 35-49.

NUNES, João Osvaldo Rodrigues. **Práxis geográfica e suas conjunções**. 2014.

NUNES, J. O. R. et al. **Recuperação de Áreas Degradadas da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi**. Presidente Prudente – SP, 2021, p. 54.

Palmieri, Francesco e Jorge Olmos**. Iturri Larach. Pedologia e Geomorfologia**. Em Pedologia e Geomorfologia, orgs. Antonio José Teixeira Guerra e Cunha Sandra Baptista Cunha. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000, p. 59-122.

PEREIRA, Anísio Baptista. **Mata Atlântica: uma abordagem geográfica**. Nucleus, v. 6, n. 1, 2009, p. 1-27.

PERUSI, Maria Cristina. **Discriminação de argissolos e avaliação da estabilidade de agregados por vias seca e úmida em diferentes sistemas de uso e manejo**. 2005.

RISSO, L. C. **Estudo de Percepção e Conservação do Parque Ecológico de Ourinhos – SP: Discussões a respeito da percepção e metodologia**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Anais... Viçosa, 2009. Disponível em: < http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo2/008.pdf >. Acesso em: 15 abr, 2020.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. SãoPaulo. 1997. Escala 1:500.000.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 5 ed. Revista Ampliada. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência de Solos, 2005.

SOUSA, A. A. **A formação histórica do Oeste Paulista:** alguns apontamentos sobre a introdução da imigração japonesa. Revista Geografia em Atos, n. 8, v.1. UNESP, Presidente Prudente, 2008. p.31-38.

Perfil territorial. **Sistema de Desenvolvimento Territorial e Ministério do Desenvolvimento Agrário**, maio de 2015. Disponível em: <http://sit.mda.gov.br/download/caderno/caderno_territorial_073_Pontal%20Do%20Paranapanema%20-%20SP.pdf>. Acesso em: 13, abril de 2020.

TEIXEIRA, Paulo César et al. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro,

Embrapa. 2017, p. 573.

TRICART, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie.** Paris: Masson, 1965, p. 496.

THOMAZINI, Leonardo da Silva. **Proposta metodológica de orientação à expansão urbana sob o viés geomorfológico: o caso da bacia do córrego Pau D'alho.** Bauru (SP). 2017.

ZANATTA, Felipe Augusto Scudeller. **Limitação física em área rural degradada: busca metodológica para definir o uso adequado das terras**. Rio Claro. 2018, p. 164.