



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Presidente Prudente

CAROLINA JULIAN

**ESTIMATIVA DE EROSÃO UTILIZANDO MÉTODO DIRETO E
INDIRETO EM PROPRIEDADE RURAL NO DISTRITO DE AMADEU
AMARAL, MUNICÍPIO DE MARÍLIA/SP**

Presidente Prudente/SP

2022

CAROLINA JULIAN

**ESTIMATIVA DE EROÇÃO UTILIZANDO MÉTODO DIRETO E
INDIRETO EM PROPRIEDADE RURAL NO DISTRITO DE AMADEU
AMARAL, MUNICÍPIO DE MARÍLIA/SP**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP - Campus de Presidente Prudente, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Produção do Espaço Geográfico.

Linha de Pesquisa: Dinâmicas da Natureza

Orientador: Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes

Presidente Prudente/SP

2022

J94e Julian, Carolina
Estimativa de erosão utilizando método direto e indireto em propriedade rural no distrito de Amadeu Amaral, município de Marília/SP / Carolina Julian. -- Presidente Prudente, 2022
116 p.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Orientador: João Osvaldo Rodrigues Nunes
1. Erosão hídrica. 2. Perda de solo. 3. EUPS. 4. Parcela de monitoramento. 5. Pinos de erosão. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Presidente Prudente

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ESTIMATIVA DE EROÇÃO UTILIZANDO MÉTODO DIRETO E INDIRETO EM PROPRIEDADE RURAL NO DISTRITO DE AMADEU AMARAL, MUNICÍPIO DE MARÍLIA/SP

AUTORA: CAROLINA JULIAN

ORIENTADOR: JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Geografia, área: Produção do Espaço Geográfico pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES (Participação Virtual)
FCT / UNESP/Presidente Prudente (SP)

Profa. Dra. JESSICA DE SOUSA BALDASSARINI (Participação Virtual)
Rede Estadual de Ensino Médio e Fundamental do estado do Mato Grosso / Secretaria de Estado de Educação do Estado do Mato Grosso, SEDUC/MT, Brasil

Prof. Dr. JOSÉ TADEU GARCIA TOMMASELLI (Participação Virtual)
Departamento de Geografia / FCT/UNESP - Câmpus de Presidente Prudente

Presidente Prudente, 08 de fevereiro de 2022

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

A Deus, pela força constante;

Aos meus pais, Edilson e Silvana,
pelo apoio incondicional;

Ao meu irmão, Gabriel, pelo
companheirismo;

Às minhas avós, Cirsa e Luzia, pelo
carinho constante.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço imensamente a Deus pela oportunidade de realizar esse trabalho, pela força e amparo que Ele concedeu durante toda essa trajetória.

Agradeço aos meus pais Edilson e Silvana, pelo constante apoio e dedicação conjunta em todo esse tempo de trabalho. Agradeço pelo sustento e amor de sempre, sem eles esse trabalho não teria sido possível.

Também ao meu irmão Gabriel, pelas horas no Sol e esforço de sempre ao ajudar em mais esse trabalho. Além das conversas, desabafos e “rolês” que sempre ajudaram a reanimar.

Um agradecimento especial e fundamental ao Albano e a Célia, proprietários da área de estudo, por me permitir continuar esse trabalho, que já vem sendo feito a mais de 5 anos.

Aos amigos que de alguma forma ajudaram esse trabalho acontecer, de forma direta ou indireta: Tamires, Cinthia, Talita (e toda sua família), Dandara, Elelan, Mariana, Dayana, Natália, Cassio, Giulia, Gabriel, Lívia, Fernanda, Beatriz. Vocês me proporcionaram momentos de alegria, distração e amparo nos momentos de dificuldade e cansaço, principalmente frente a todos os desafios da pós-graduação e que a pandemia trouxe. Espero que essa cumplicidade possa continuar durante toda vida!

Agradeço ao meu orientador João Osvaldo por ter aceitado continuar esse desafio, sempre incentivando na realização de trabalhos de alta qualidade. Sou grata por todo conhecimento compartilhado e pelo apoio necessário para execução de todo esse estudo. Isso tudo foi essencial para que pudesse realizar todo esse trabalho e as derivações dele.

Também a todos os integrantes do Laboratório de Sedimentologia e Análises de Solos e do Grupo Gaia, pelas ajudas, dicas e apoio em toda a jornada.

Agradeço a todos da FCT/UNESP que nos ajudaram durante os trabalhos. Especialmente aos funcionários da Seção de Pós-Graduação que sempre auxiliaram em tudo o que foi necessário.

À banca examinadora, composta pelo Prof. Dr. José Tadeu Garcia Tommaselli e Profa. Dra. Jéssica de Sousa Baldassarini, pela participação e contribuições ao trabalho.

E a todos que fizeram parte desses anos de graduação e pós-graduação que contribuíram de forma direta ou indireta na realização deste trabalho.

RESUMO

A erosão é uma das principais formas de degradação dos solos, sendo que o entendimento das dinâmicas envolvidas no processo é fundamental para permitir o controle, conservação e recuperação do solo. A degradação não causa somente redução da produtividade agrícola, mas também prejuízos sob aspectos econômicos, sociais e ambientais. Para compreender os fatores e dinâmicas envolvidas na ocorrência do processo de erosão o uso de métodos de estimação de perda de solo são uma alternativa para isso. No estudo foi construída uma parcela de monitoramento, com calha coletora e com pinos de erosão, como métodos diretos, e a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), como método indireto. O estudo foi realizado em uma propriedade rural localizada no distrito de Amadeu Amaral, município de Marília/SP, considerando dois recortes espaciais distintos, uma a parcela de monitoramento e da propriedade. Os resultados indicam que a estimativa obtida por meio dos pinos de erosão é bastante superior ao obtido com a parcela de monitoramento, indicando que a primeira metodologia é mais suscetível às variações do ambiente. Os valores obtidos com a aplicação da EUPS resultaram em valores com ordem de grandeza diferentes, indicando que as características consideradas para o cálculo dos fatores da EUPS alteram de forma considerável a perda de solo estimada. Desta forma, verificou-se que as metodologias diretas permitem uma melhor visualização do escoamento superficial e da perda de solo no local e que a EUPS uma percepção sobre quais fatores têm mais influência na perda de solo. Além disso, que a escolha da metodologia deve ser realizada de forma criteriosa para que a mesma demonstre de forma mais próxima a situação real de campo.

Palavras-chave: Erosão hídrica; Perda de solo; EUPS; Parcela de monitoramento; Pinos de erosão.

ABSTRACT

Erosion is one of the main forms of soil degradation, and the understanding of the dynamics involved in the process is primordial to allow the control, conservation and recovery of the soil. Degradation does not just cause reduction of agricultural productivity, but also damages economic, social and environmental aspects. To comprehend the factors and dynamics involved in the erosion process we can use as an alternative the soil loss estimation methods. In the study, a monitoring plot was built, with a collector gutter and erosion pins, as direct method, and the Universal Soil Loss Equation (USLE), as an indirect method. The study was conducted in a rural property located in the district of Amadeu Amaral, city of Marília/SP, considering two distinct spatial clippings, one the monitoring portion and the property. The results indicate that the estimate obtained by the erosion pins is much higher than that obtained with the monitoring plot, indicating that the first methodology is more susceptible to environmental variations. The values obtained with the application of USLE have resulted in values of different order of magnitude, indicating that the characteristics of the area considered to calculate USLE factors significantly alter the estimated soil loss. In this way, it was verified that the direct methodologies allow a better visualization of the surface runoff and of the soil loss in the site and that the USLE a perception about which factors have more influence on the soil loss. Moreover, that the choice of methodology should be made in a judicious way so that it demonstrates more closely the real situation of field.

Key words: Water erosion; Soil loss; USLE; Monitoring plots; Erosion pins.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo, com destaque para a área em recuperação (em vermelho) na qual se localiza a voçoroca estudada.	13
Figura 2 - Histograma histórico de chuvas.....	33
Figura 3 - Recorte do Mapa Geológico do Estado de São Paulo	35
Figura 4 - Recorte do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.....	36
Figura 5 - Recorte do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo	37
Figura 6 - Mapa de uso e cobertura da terra do entorno obtido.	41
Figura 7 – Diagrama de classes texturais proposto pela USDA.....	43
Figura 8 - Pluviógrafo instalado na propriedade para monitoramento.....	45
Figura 9 - Planilha no software Excel utilizada para cálculo do Balanço Hídrico Normal.....	46
Figura 10 - Chapa galvanizada de forma a ser utilizada como calha coletora.	48
Figura 11 - Fixação de madeiras nas laterais da chapa dobrada para fechamento da calha.	48
Figura 12 - Perfuração da chapa galvanizada para obtenção do extravasador da calha coletora.	49
Figura 13 - Vedação da calha coletora com cola adesiva.....	50
Figura 14 - Calha coletora finalizada, antes da instalação em campo.	50
Figura 15 - Chapas galvanizadas instaladas na parcela de monitoramento, em visão de montante para jusante.	51
Figura 16 - Calha coletora instalada ao final da parcela de monitoramento (a direita) e fixação do tubo de PVC e galão a jusante da parcela de monitoramento (a esquerda).....	52
Figura 17 - Cobertura para calha coletora, de forma a impedir a entrada direta de água pluvial.....	52
Figura 18 – Foto e esquema da parcela de monitoramento finalizada com a instalação dos pinos de erosão.	53
Figura 19 - Estações pluviométricas do DAEE no entorno da área de estudo (raio de 20 km).	55
Figura 20 - Esquema das medidas in loco para determinação da declividade	62
Figura 21 - Ferramenta "Declividade" do software QGIS utilizada para cálculo de declividade da área a partir de MDT.....	63
Figura 22 - Mapa de declividade obtido, com destaque para a delimitação da propriedade e da área de estudo.	64
Figura 23 - Mapa com segmentos de reta para análise do comprimento de rampa, com destaque para a delimitação da propriedade e da área de estudo	65
Figura 24 - Metodologia para obtenção do fator C a partir das imagens NDVI	67
Figura 25 - Metodologia para a validação do Fator C.....	67
Figura 26 - Gráfico de deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica no período do projeto	72
Figura 27 - Descrição geral do perfil de solo	74
Figura 28 - Massa de sedimentos retidos na calha coletora, quantidade a esquerda do dia 25/01/20 e a direita em 07/09/2020.	81
Figura 29 - Monitoramento fotográfico da parcela de monitoramento entre agosto/2019 a setembro/2020.	85
Figura 30 - Visão de montante para jusante da voçoroca existente na área em agosto/19 (cima), setembro/20 (meio) e novembro/2021 (baixo).....	97
Figura 31 – Perfil topográfico da área, de montante a jusante, indicando a voçoroca	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplos de modelos de erosão divididos por tipo, escala e dados disponíveis	27
Tabela 2 - Valores típicos do coeficiente de permeabilidade.....	44
Tabela 3 - Falhas nos dados da estação pluviométrica D7-074.....	57
Tabela 4 - Precipitação mensal do período de monitoramento do projeto	71
Tabela 5 - Eventos extremos de precipitação ocorridos durante a duração do projeto	73
Tabela 6 - Cálculo dos índices de erosividade mensais e anual com dados da estação D7-074 - Avencas.....	87
Tabela 7 - Conversão dos parâmetros do solo para as unidades utilizadas por Denardin (1990)	89
Tabela 8 - Valores dos parâmetros utilizados na equação de Denardin (1990)	89
Tabela 9 - Resultados das estimativas da declividade e comprimento de rampa para cálculo da EUPS	90
Tabela 10 - Cálculo do fator topográfico para propriedade e parcela de monitoramento	90
Tabela 11 - Resultados do cálculo do NDVI para a propriedade e área cercada conforme data das imagens	91
Tabela 12 - Cálculo do fator de uso e ocupação da terra para propriedade e área cercada	92
Tabela 13 - Valores dos fatores da EUPS para estimativa da perda de solo	93
Tabela 14 - Estimativa da perda de solo pelo cálculo da EUPS.....	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Métodos utilizados para análises físicas e químicas das amostras de solo	42
Quadro 2 - Informações da estação pluviométrica do DAEE utilizada para caracterização da área de estudo.	56
Quadro 3 - Estações pluviométricas do DAEE utilizadas para correção de falhas da estação D7-074 (Avenças).	58
Quadro 4 - Resumo cálculo da erosividade das chuvas	59
Quadro 5 - Índices de permeabilidade (P), conforme classificação textural de solo proposta por Carsel e Parrish (1988).....	60
Quadro 6 - Resumo cálculo da erodibilidade do solo	61
Quadro 7 - Resumo cálculo do fator topográfico	65
Quadro 8 - Comparação de algumas características dos satélites Sentinel-2 e GeoEye-1.	69
Quadro 9 - Resumo cálculo do uso e cobertura da terra	69
Quadro 10 - Valores para o fator P de acordo com práticas conservacionistas adotadas.....	70
Quadro 11 - Resumo cálculo de práticas conservacionistas.....	70
Quadro 12 - Análises físicas e químicas de amostra de solo da área retirada em agosto/2019.....	75
Quadro 13 - Análises físicas e químicas de amostras de solo no interior da parcela de monitoramento no início (ago/19) e final do monitoramento (set/20).....	76
Quadro 14 - Medições mensais registradas nos pinos de erosão na parcela de monitoramento	78
Quadro 15 - Dados dos monitoramentos mensais dos pinos de erosão durante o período do projeto ..	79
Quadro 16 - Análises físicas e químicas dos sedimentos retidos na calha coletora, retirados em jan/20 e set/20.	83
Quadro 17 - Resumo e considerações sobre as metodologias diretas aplicadas no projeto	86
Quadro 18 - Resumo e considerações sobre as metodologias indiretas aplicadas no projeto	94
Quadro 19 - - Resumo dos resultados obtidos pelas metodologias aplicadas	95

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1. CONCEITO DE PAISAGEM COMO FORMA DE ANÁLISE DAS DINÂMICAS DO AMBIENTE	16
3.2. PROCESSOS EROSIVOS E DEGRADAÇÕES AMBIENTAIS	18
3.3. PRÁTICAS DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E CONTROLE DE EROSÕES.....	22
3.4. METODOLOGIAS DE QUANTIFICAÇÃO DE PERDA DE SOLO	25
3.4.1. <i>Parcelas de monitoramento de erosão em campo.....</i>	<i>28</i>
3.4.2. <i>Equação Universal de Perda de Solos (EUPS).....</i>	<i>30</i>
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	33
4.1. PROCESSO DE USO E OCUPAÇÃO DA REGIÃO DE MARÍLIA.....	39
4.2. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA	33
4.3. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA	34
4.4. CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA.....	35
4.5. CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA.....	37
4.6. USO E COBERTURA DA TERRA.....	40
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	42
5.1. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E TEXTURAL DO SOLO.....	42
5.2. CÁLCULO DO BALANÇO HÍDRICO NORMAL	44
5.3. PARCELA DE MONITORAMENTO: QUANTIFICAÇÃO DIRETA.....	47
5.4. EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLOS: QUANTIFICAÇÃO INDIRETA.....	54
5.4.1. <i>Erosividade das chuvas.....</i>	<i>55</i>
5.4.2. <i>Erodibilidade dos solos.....</i>	<i>59</i>
5.4.3. <i>Fator topográfico.....</i>	<i>61</i>
5.4.4. <i>Uso e cobertura da terra.....</i>	<i>66</i>
5.4.5. <i>Fator práticas conservacionistas.....</i>	<i>69</i>
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
6.1. CARACTERIZAÇÃO DAS CHUVAS NO PERÍODO EXPERIMENTAL.....	71
6.2. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DA ÁREA.....	74
6.3. PARCELA DE MONITORAMENTO	77
6.4. EUPS	86
6.4.1. <i>Erosividade das chuvas.....</i>	<i>86</i>
6.4.2. <i>Erodibilidade dos solos.....</i>	<i>88</i>
6.4.3. <i>Fator topográfico.....</i>	<i>90</i>
6.4.4. <i>Uso e cobertura da terra.....</i>	<i>91</i>
6.4.5. <i>Fator de práticas conservacionistas</i>	<i>92</i>
6.4.6. <i>Cálculo da EUPS.....</i>	<i>92</i>
6.5. ANÁLISE INTEGRADA DE ELEMENTOS DA PAISAGEM E PERDA DE SOLO.....	95
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
ANEXOS.....	109

1. INTRODUÇÃO

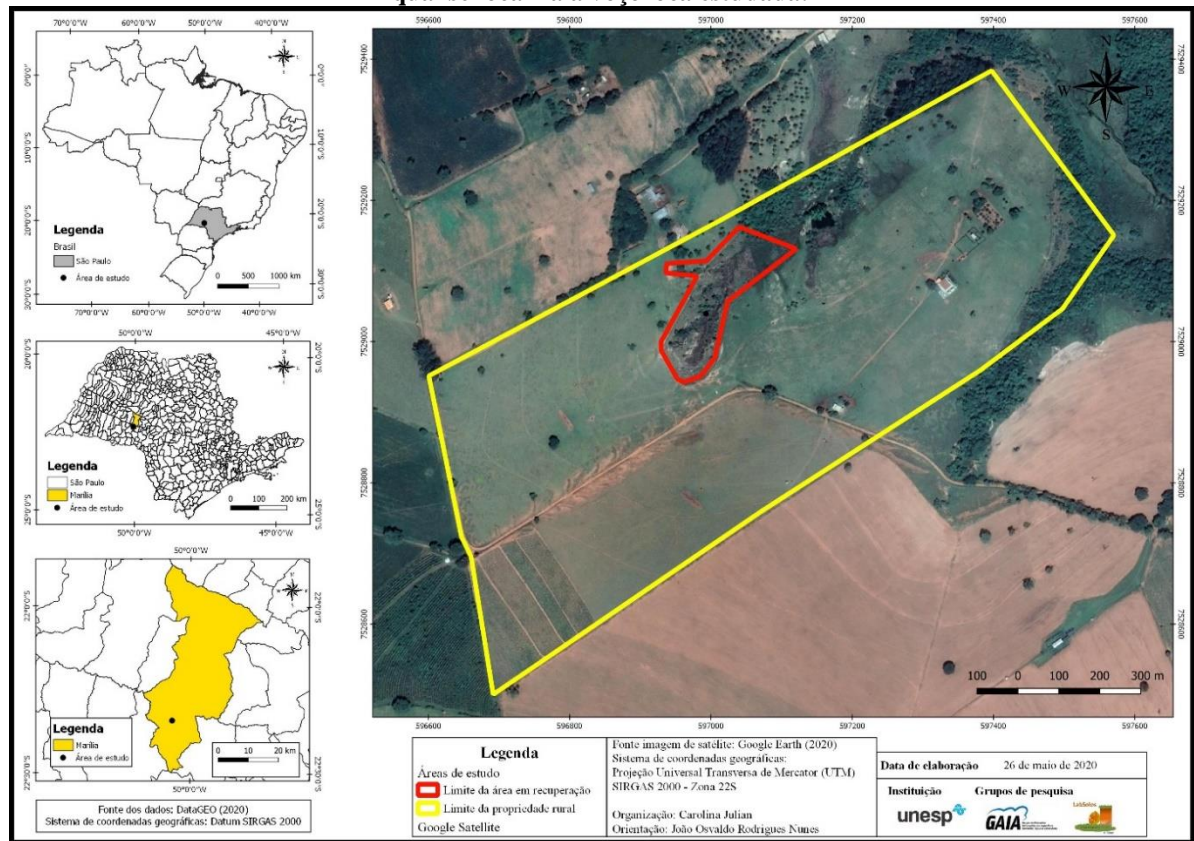
O solo, juntamente com a água e o ar, é uma substância primordial para a manutenção da vida. Ele é fundamental para biodiversidade da sua biota, na infiltração e controle de escoamento da água, e na disponibilidade de sustentação e nutrição para plantas. A espécie humana, por fazer parte da natureza, precisa de um solo de boa qualidade para prover água e alimentos, de forma direta ou indireta (CORRÊA, 2016).

Considerando que a erosão causa a retirada da camada superior do solo, onde estão presentes as maiores concentrações de nutrientes e matéria orgânica, ela é considerada uma das principais formas de degradação do solo, com destaque para suas consequências à agricultura (WADT et al., 2003).

Zanzarini e Rosolen (2009) afirmam que a degradação das pastagens é um dos maiores problemas da pecuária brasileira na atualidade, podendo acarretar consequências aos solos, como a intensificação dos processos erosivos. A pressão excessiva dos animais sobre a cobertura vegetal é considerada um dos principais fatores da degradação ambiental em áreas de pastagens, devido a maior competição pela mesma vegetação, podendo ultrapassar a produtividade da área e destruir a cobertura vegetal (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2013). A partir da observação da paisagem algumas características associadas a essa degradação podem ser visualizadas para melhor controle do processo.

O estudo descrito neste documento foi realizado em uma propriedade rural utilizada para pecuária extensiva localizada no distrito de Amadeu Amaral, situado no sudoeste do município de Marília/SP (Figura 1). A região da área de estudo apresenta naturalmente alta suscetibilidade a erosão, fator que foi potencializado pelo histórico de ocupação, o que provocou agravamento dos problemas de erosão laminares e lineares (BEZERRA, 2008).

Figura 1 - Localização da área de estudo, com destaque para a área em recuperação (em vermelho) na qual se localiza a voçoroca estudada.



Fonte: DATAGEO, 2019; Google Earth, 2019 (adaptado).

Considerando o clima tropical do Brasil, a erosão hídrica é a de maior destaque por ocorrer em maior intensidade e abrangência (WADT et al., 2003). Apesar das inúmeras consequências socioambientais e à economia, verifica-se que há uma escassez de estudos científicos relacionados à erosão hídrica em todo o mundo. Além disso, os estudos existentes são em maioria realizados na Europa e a América do Norte, o que torna os dados existentes inadequados, visto a aplicação de modelos preditivos calibrados para regiões, escalas e características diferentes das existentes no Brasil (CORRÊA, 2016).

O estudo em condições específicas no país, permite que o processo de erosão, em específico a hídrica, seja melhor compreendido, principalmente considerando a complexidade do fenômeno em questão. Em virtude disso e da dependência da utilização do solo, o entendimento dos processos erosivos torna-se fundamental para melhorar seu manejo e conservação, de modo a obter uma relação sociedade-natureza de forma mais sustentável.

Logo, de forma a contribuir com a análise e compreensão da erosão hídrica, a presente pesquisa recorreu de métodos¹ distintos para a estimar, de forma quantitativa, a perda de solo associada à erosão hídrica ocorrida ao longo do período da pesquisa. Foi utilizado a estimacão direta em campo e indireta, por meio de modelos que permitiram a observacão dos fatores associados e seus valores obtidos. A utilizacão de métodos diferentes, associados a observacão da paisagem ao longo do período de execucão do projeto, permitiu a comparacão de seus resultados, assim como também identificar as principais características, limitacões e elementos relevantes de cada uma das metodologias.

Para estimacão direta foi implantada uma parcela de monitoramento, com pinos de erosão associados, de forma a obter o volume e massa de solo carregado pela erosão hídrica, em análise conjunta com a variações das condições de precipitacão e cobertura vegetal. Já para estimativa indireta foi empregada a Equacão Universal de Perda de Solo, que considera os fatores da equacão como variáveis dependentes, sendo calculadas individualmente.

As informacões e dados que foram obtidos a partir da aplicacão dessas metodologias se mostraram relevantes para uma melhor compreensão do processo erosivo ocorrido na área e as possibilidades de controle. Isso foi possibilitado pela identificacão das principais variáveis controladoras dos mecanismos de erosão, que potencializam ou não a erosão, permitindo obter parâmetros para o planejamento e manejo conservacionista.

¹ Método neste caso não foi utilizado em seu conceito usual na ciência, mas sim no sentido de metodologia, de forma a melhor diferenciar das práticas metodológicas associadas a elas.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral foi analisar comparativamente as contribuições e/ou limitações da estimação da perda de solo por métodos diretos e indiretos em uma propriedade agrícola no distrito de Amadeu Amaral, município de Marília/SP.

Para isso foram realizados os objetivos específicos:

- i. Verificar fatores que possivelmente causaram uma variação nos resultados considerando o mesmo recorte espacial;
- ii. Comparar as metodologias empregadas junto aos resultados obtidos;
- iii. Analisar com a observação da paisagem a influência dos usos e ocupações distintos na perda de solo estimada, considerando o caso de uso geral da propriedade e uma área isolada;
- iv. Examinar possíveis alterações na propriedade que poderiam melhorar aspectos de conservação da área.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Conceito de paisagem como forma de análise das dinâmicas do ambiente

Na Geografia, pode-se adotar diferentes categorias de análise, como espaço, região, território e paisagem. Dentre estes conceitos, foi utilizado na pesquisa o de paisagem devido a abordagem para descrição e análise do espaço, envolvendo a percepção dos elementos que compõem o local e também suas alterações ao longo do tempo.

A noção de paisagem é empregada pela humanidade desde antes da elaboração de seu conceito, baseada na observação do meio. As expressões destas memórias baseadas na observação podem ser encontradas nas artes e ciências de diversas culturas, sendo as pinturas rupestres uma destas formas. Em princípio, elas retratavam elementos particulares ao ambiente, como animais, relevo e cursos d'água (MAXIMIANO, 2004).

A construção do conceito de paisagem dentro da Geografia não foi muito diferente, sofrendo alterações de acordo com as correntes na Geografia, contexto histórico e cultural. “Isso significa dizer que uma discussão sobre a categoria paisagem remete-nos ao processo de institucionalização da Geografia como ciência, esta que elege a superfície da terra em seus aspectos físicos e humanos como campo de estudo” (VITTE, 2007, p. 72).

Historicamente, na Alemanha, Alexander von Humboldt (1769-1859) cria o conceito de *landschaft* (“paisagem” em alemão), utilizando-o para representar aspectos físicos observados, especialmente aspectos naturais, como vegetação, solo e clima, e suas influências entre si (MAXIMIANO, 2004; WARNAVIN; ARAUJO, 2016).

Na França, Paul Vidal de la Blache (1845-1918) propôs a análise da *paysage* (“paisagem” em francês) como categoria de análise da Geografia, pautada na interação do homem com seu espaço físico, que poderia manifestar efeitos dessa interação (WARNAVIN; ARAUJO, 2016).

Nos Estados Unidos, para Carl Ortwin Sauer (1889-1975) a paisagem era como um organismo complexo, resultante da associação de diversas formas físicas e culturais, que poderiam ser analisadas. Essa análise não era feita apenas com a adição de elementos, mas por meio de uma interdependência. O autor enfatizou o aspecto cultural como um dos agentes modeladores da paisagem (MAXIMIANO, 2004; WARNAVIN; ARAUJO, 2016).

Para os geógrafos do princípio do século XX, preocupados já com a afirmação científica da disciplina e com os perigos da ruptura entre geografia física e geografia humana, a paisagem aparecia como um conceito integrador pois traduzia as interações entre os elementos do mundo físico e entre estes e os grupos humanos numa dada área (SALGUEIRO, 2001, p. 42)

Considerando isso, um marco importante para o desenvolvimento do conceito de paisagem na Geografia foi o desenvolvimento da Teoria Geral dos Sistemas, proposta em 1950 pelo biólogo Ludwig von Bertalanffy (1901-1972). A partir disso, a natureza começou a ser compreendida como uma entidade, e não apenas um conjunto de partes distintas, podendo ser analisada sistematicamente. Além das componentes, foram consideradas as trocas de matéria e energia, classificando os sistemas como abertos, fechados ou isolados dependendo dos tipos de trocas de matéria e energia efetuadas. (WARNAVIN; ARAUJO, 2016).

Assim, a partir da Teoria Geral dos Sistemas, o espaço passou a ser visto como um conjunto de objetos e atributos que se inter-relacionam estrutural e funcionalmente, condição esta que não seria encontrada desagregada. A partir da década de 1950, essa teoria começou a ser aplicada pelas ciências em geral como uma perspectiva integradora (VITTE, 2007).

Entre os geógrafos há um consenso de que a paisagem resulta da relação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos, mesmo que estudada sob ênfases diferentes. Maximiano (2004) ressalta que apesar dos diferentes enfoques, a paisagem dentro da Geografia possui algumas afirmações de comum utilização.

Sintetizando os conceitos das diversas épocas e áreas de conhecimento, há aspectos que merecem ser mencionados quando de uma abordagem do ponto de vista da paisagem, seja como objeto de interesse de pesquisa, seja como método de estudo. Seriam eles: o aspecto visual; a complexidade de inter-relações entre os elementos físicos e destes com os elementos culturais; a possibilidade de cartografar a paisagem, já que a mesma ocupa um lugar; a diversidade da escala da paisagem - do local ao planetário; a possibilidade de classificar paisagens em unidades diferenciadas ou homogêneas; a possibilidade de classificar paisagens com ênfase em um elemento de sua composição - vegetação, clima ou cultura; o caráter dinâmico das paisagens; a possibilidade de análise por meio dos elementos, estrutura e/ou funcionamento da paisagem. (MAXIMIANO, 2004, p. 90)

No Brasil, a elaboração do conceito de paisagem na Geografia foi influenciada pela escola francesa, inspirada especialmente nos trabalhos de Jean Tricart. Recentemente, com as técnicas de geoprocessamento, a influência anglo-saxônica se faz presente no conceito de paisagem como produto de estudos integrados, notado com as diferenças na representação do relevo brasileiro feitas por Aroldo Azevedo (1910-1974), por Aziz Nacib Ab'Saber (1924-2012) e, mais recente, Jurandy Ross (MAXIMIANO, 2004).

Deste modo, na Geografia, a paisagem pode ser entendida como o produto de interações entre os elementos de origem natural e antrópica em um determinado espaço, organizados de maneira dinâmica (BALDASSARINI, 2013; MAXIMIANO, 2004).

Maximiano (2004) e Vitte (2007) ressaltam o fato de o conceito de paisagem ser utilizado como variação de termos como meio ambiente, ambiente natural, unidade espacial, visual e natureza, que isso devido a perda do caráter holístico dos estudos e não consideração

dos aspectos humanos, como socioeconômicos e culturais, consideração importante ao utilizar o conceito paisagem e termos correlatos em estudos, de forma a não os utilizar de forma equivocada.

Assim, a paisagem se apresenta como uma forma de reflexão e análise do espaço. Para isso deve-se levar em consideração, conjuntamente, as dinâmicas naturais que se processam bem como as formas com que este espaço é apropriado e transformado pelas dinâmicas sociais (BALDASSARINI, 2013). A consideração desses aspectos na análise ambiental, com foco nos processos erosivos, é útil na compreensão, prevenção e controle da ocorrência e intensidade dos processos de erosão ocorrentes na área em questão.

3.2. Processos erosivos e degradações ambientais

O solo é um recurso imprescindível para a qualidade de vida do homem e para sobrevivência dos seres vivos, com a produção de alimentos, regularização do clima, entre outras funções diretas e indiretas (BERTOL et al., 2016). Os processos erosivos são uma das formas de modificação do relevo que atuam diretamente sobre o solo, que conseqüentemente causam a perda desse recurso. De forma a melhor compreender esse processo, primeiramente, é necessário entender algumas características deste recurso natural.

O solo pode ser entendido como um composto complexo encontrado na superfície da crosta terrestre, sendo fundamental para a vida na terra. Ele serve de suporte físico para ecossistemas, dentre esses as plantas, animais e outros seres vivos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; LEPESCH, 2010).

A formação do solo depende de condições naturais para ocorrer, sendo que podem ser divididos em cinco fatores principais (LEPESCH, 2010):

- Clima: possui caráter ativo e diferencial. Os principais elementos, temperatura e umidade, regulam o tipo e a intensidade do intemperismo, crescimento de organismos e tipo de horizontes pedogenéticos. De forma geral, os ambientes de maior temperatura e disponibilidade de água apresentam um processo de formação de solo mais intenso;
- Organismos: refere-se à ação dos microrganismos (microflora e microfauna), vegetais superiores (macroflora), animais (macrofauna) e ser humano. Eles atuam em diversos processos relacionados aos solos, como a decomposição, que aumenta o teor de matéria orgânica, aeração, fixação de nutrientes, quebra das rochas e proteção contra ações do clima;

- Material de origem: relacionado ao material geológico do qual o solo se origina. Pode condicionar um bom número de características do solo, como cor, textura, composição etc.;
- Relevo: relaciona-se com as formas do terreno que agem de forma diferenciada as ações do clima. Isso ocorre devido a diferentes distribuições de água da chuva, luz, calor do Sol e ocorrência de processos erosivos, influenciados pela altitude, formato, declividade e posição do terreno;
- Tempo: é um fator passivo, relacionado com a duração do período de desenvolvimento e maturação do solo, dependendo da atuação dos demais fatores.

Em consequência disso, os solos apresentam diversas características diferentes determinados por sua formação, sendo que algumas delas influenciam no potencial erosivo. A identificação e análise de características do solo, como cor, textura, estrutura, consistência etc., auxiliam na compreensão do processo erosivo e na adoção de medidas de controle, ou seja, de técnicas que auxiliam na redução da velocidade e intensidade de evolução do processo de erosão.

Os processos erosivos são ocorrências naturais que agem sobre os solos e rochas para modificação do relevo da terra. Podem ser traduzidos como a desagregação, transporte e deposição de partículas do solo pelas águas, ventos ou geleiras, sendo que a primeira tem maior destaque devido a sua abrangência (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2013; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; SILVA, 1995).

Esse processo vem sendo acelerado devido a exploração do homem sobre a natureza, como pela movimentação dos solos com aração e retirada da vegetação protetora. Isso se torna um problema ao considerar que o tempo de formação do solo permanece nas taxas naturais. Logo, de forma geral, com os tratos atuais feitos no solo, é perdida uma maior quantidade de material do que a formada, processo esse que pode ser evitado com a aplicação de técnicas de conservação de solo, que permitem desaceleração do processo de erosão.

Considerando os ambientes de clima tropical, percebe-se que a erosão hídrica, causada pela água, tem maior ênfase. Isso ocorre por abranger grande parte da superfície e em maior intensidade, causando principalmente a perda da camada superficial de solo. (MAGALHÃES, 2014; WEILL e PIRES NETO, 2007).

Considerando somente o aspecto físico do processo de erosão hídrica, pode-se entender que ocorre “simplesmente a realização de uma quantidade de trabalho no desprendimento do material do solo e no seu transporte” (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999, p. 70). É iniciado

pelo impacto da gota de chuva na superfície e conseqüente destruição de seus agregados, seguindo pelo desprendimento das partículas do solo, seu transporte e deposição.

O movimento do solo pela água é um processo complexo, determinado pela interação ou balanço de diversos fatores, que podem favorecer ou se opor à movimentação. A compactação do solo e salpicamento pelas gotas da chuva, escoamento da água na superfície com desprendimento e transporte de partículas favorecem a erosão do solo. Já a cobertura do solo e técnicas que quebrem a velocidade de escoamento da água se opõem a movimentação do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; GUERRA; CUNHA, 1994).

A erosão hídrica é classificada de acordo com os estágios correspondentes à progressiva concentração da enxurrada na superfície do solo. Os principais tipos de processos erosivos que ocorrem nas encostas são: erosão por impacto da gota de chuva (efeito *splash*), erosão laminar ou em lençol, erosão linear ou por fluxo concentrado.

O efeito *splash* é resultado do impacto das gotas de chuva caindo diretamente sobre as partículas de solo expostas, sendo esse, como já explicitado, que inicia qualquer processo erosivo. Uma grande quantidade de solo pode ser perdida pelo salpicamento, que causa o transporte pelo lançamento destas em várias direções, dependendo da declividade do terreno (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2013; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

A erosão laminar caracteriza-se pela remoção de uma fina camada de solo sobre toda área sujeita ao agente causador da erosão. Causa o desgaste e arraste uniforme e suave em toda a extensão. A erosividade da enxurrada depende da velocidade, turbulência, quantidade e tipo de material abrasivo que carrega (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2013; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; SILVA, 1995).

Esse tipo de erosão é bastante atuante em áreas utilizadas para agricultura, antecedente ao período de plantio, e em áreas de expansão urbana, com abertura de novos loteamentos e bairros, onde os solos apresentam-se descobertos. É de difícil identificação, sendo detectado somente com o decréscimo da produção das culturas, aparecimento de raízes ou por marcas do carreamento no caule das plantas (ALMEIDA FILHO; GAMA JÚNIOR, 2016; BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

A erosão linear ocorre quando a água encontra um caminho preferencial. Inicialmente, ocorre a formação do canal de pequenas dimensões com a concentração do escoamento, e com sua continuidade, há o aumento da profundidade e largura. Nesse sentido, as erosões lineares são divididas de acordo com seu tamanho e profundidade em três tipos: sulcos, ravinas e voçorocas.

A evolução de áreas intensamente afetadas pela erosão apresenta normalmente, um primeiro estágio de erosão laminar intensa, que leva à formação de sulcos rasos e profundos. Não havendo medidas de combate, os sulcos podem crescer rapidamente formando ravinas de portes variados. Se as condições dos terrenos forem favoráveis, as ravinas podem se aprofundar até atingir o nível d'água subterrânea. Neste estágio, passa a se desenvolver a boçoroca (ou voçoroca), que evolui de modo acelerado e complexo em função da ação combinada das águas superficiais e subterrâneas (ALMEIDA FILHO; GAMA JÚNIOR, 2016, p. 2).

As erosões em sulcos são pequenos entalhamentos em linhas rasas por onde ocorre a concentração das águas de escoamento superficial. Isso ocorre nas linhas de maior concentração das águas de escoamentos superficiais, geralmente desfeitos com práticas de preparo de solo. Possuem fácil controle, porém se não contidos podem aprofundar, dando origem às ravinas (ALMEIDA FILHO; GAMA JÚNIOR, 2016; SILVA, 1995).

A ravina é um tipo de sulco com maior profundidade que não pode ser contida por métodos simples de conservação de solo. É provocada pela ação erosiva do escoamento superficial da água concentrado que ao longo do tempo vai se aprofundando e apresentando avanço remontante. As ravinas apresentam formato em “V”; normalmente de forma alongadas (comprimento maior que largura) e profundidades variáveis; raramente são ramificadas e não chegam a atingir o aquífero subterrâneo (ALMEIDA FILHO; GAMA JÚNIOR, 2016; SILVA, 1995).

As voçorocas consistem no deslocamento de grandes massas de solo, geradas pelo escoamento concentrado de água que no decorrer do tempo vai se ampliando. Elas formam depressões, grotas, cavidades ou sulcos de grandes extensões e profundidade, que chegam até ao nível do aquífero freático suspenso (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). As erosões do tipo voçorocas são as consideradas mais graves, pois envolvem mecanismos complexos ligados aos fluxos superficiais, subsuperficiais da água infiltrada e subterrâneas pelo freático (ALMEIDA FILHO; GAMA JÚNIOR, 2016; GUERRA; CUNHA, 1994; SILVA, 1995).

Essas erosões tendem a se formar onde há escoamento superficial concentrado e descarregado, em grandes volumes, em encostas com solos erodíveis (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2013). Sua evolução também varia de acordo com o solo existente na área, podendo gerar paredes mais ou menos verticais, constantes desmoronamentos ou formato em “V” (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Entre as principais causas associadas para surgimento das voçorocas estão as atividades antrópicas, como o desmatamento, uso agrícola intensivo das terras, queimadas, superpastejo, aliadas a fatores naturais, como solo, relevo e clima, citadas anteriormente (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; PEREIRA NETO, 2012; TEIXEIRA; GUIMARÃES, 2012).

Como consequência de erosões intensas tem-se a eliminação de terras férteis, destruição de estradas e outras obras de engenharia, assoreamento de rios e reservatórios, recobrimento de solos férteis nas planícies de inundação, destruição de habitats, rebaixamento do nível freático no entorno, com secagem de nascentes, deterioração de pastagens e culturas agrícolas. A prevenção com a conservação do solo ainda é a melhor maneira de se livrar do problema, pois, uma vez instalada essa forma de erosão, torna-se quase sempre inviável sua eliminação, restando como alternativa a sua estabilização, para evitar aumento da intensidade do problema, através da recuperação da área (ALMEIDA FILHO; GAMA JÚNIOR, 2016; TEIXEIRA; GUIMARÃES, 2012; SILVA, 1995).

3.3. Práticas de conservação do solo e controle de erosões

Conservação do solo é o conjunto de técnicas com as quais busca-se utilizar o solo de forma a conseguir o máximo rendimento com a manutenção indefinidamente de sua capacidade produtiva. Dentro dos aspectos gerais da conservação do solo estão incluídos: o uso correto do solo, manejo adequado (adubação, correção, irrigação, drenagem etc.), controle contra erosão acelerada e controle de poluição (FERRAREZI, 2009; SILVA, 1995).

Assim, a conservação do solo não pode ser considerada simplesmente como a aplicação de diversas práticas e técnicas de conservação, mas como um sistema de manejo, pautado no conhecimento dos princípios e processos que regem a dinâmica natural e que tenha base nas características de uso do local onde estão sendo aplicadas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; FERRAREZI, 2009).

Quando os procedimentos de conservação de solo são aplicados eles garantem que o solo possa, simultaneamente:

- a) manter ou elevar a produção e os serviços (**produtividade**),
 - b) reduzir o nível de risco da produção (**segurança**),
 - c) proteger o potencial dos recursos naturais e prevenir a degradação da qualidade do solo e da água (**proteção**),
 - d) ser economicamente viável (**viabilidade**), e
 - e) ser socialmente aceitável (**aceitabilidade**).
- (FERRAREZI, 2009, p. 45)

Diversas técnicas e práticas podem ser adotadas de forma a conservar o solo e reduzir sua perda, por meio do aumento da resistência do solo ou diminuição da força do processo erosivo. Para que as mesmas cumpram sua função em totalidade é necessário que a aplicação do conjunto das ações se dê de forma integrada, isto é, sob um enfoque sistêmico (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; BERTOL et al., 2016).

Para realizar uma conservação de solo adequada é preciso conhecer os princípios e processos que regem a dinâmica dos recursos naturais, as condições socioeconômicas da região e quais meios de produção estão disponíveis para execução das práticas. Esses aspectos vão influenciar no tipo de técnica a ser aplicada associadas às condições econômicas e tecnológicas para sua execução. Assim, torna-se possível iniciar um processo progressivo de restauração da biodiversidade na área, melhorar as condições de desenvolvimento vegetal da cultura em produção e reduzir a exposição do solo às intempéries climáticas (FERRAREZI, 2009).

De forma geral na literatura as técnicas aplicadas para conservação do solo são divididas entre vegetativas, edáficas e mecânicas, segundo utilize a própria vegetação, modifique os sistemas de cultivo ou empregue estruturas artificiais construídas, respectivamente (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; FERRAREZI, 2009; SILVA, 1995).

As **práticas de caráter vegetativo** são baseadas na utilização da vegetação para a proteção do solo contra a erosão. Seu princípio fundamental é a densidade da cobertura vegetal, quanto mais densa a vegetação, menores os efeitos da erosão. A vegetação preserva a integridade do solo e recobrimento, com seus resíduos vegetais, que minimizam os efeitos danosos da vegetação sobre o solo. Dentre as práticas desse tipo utilizadas destacam-se: florestamento e/ou reflorestamento, implantação de pastagens, plantas de cobertura, cobertura morta, culturas em faixas, cordões de vegetação permanente, alternância de capinas, faixas de bordadura e quebra-ventos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; FERRAREZI, 2009).

Já as **práticas de caráter edáfico** utilizam modificação nos atributos do solo, como sua fertilidade e estrutura. Dentre elas pode-se ressaltar a importância do planejamento adequado do uso da terra, controle do fogo, uso de preparos conservacionistas, plantio direto ou cultivo mínimo, reposição de nutrientes via adubação verde, química ou orgânica e a calagem (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; FERRAREZI, 2009).

As **práticas de caráter mecânico** são aquelas que se recorrem as estruturas artificiais, geralmente pela disposição adequada de porções de terra, com o objetivo de causar uma alteração no relevo e assim quebrar a velocidade do escoamento superficial (enxurrada), facilitar a infiltração da água no solo e conduzi-las para local adequado. Podem ser feitas por estruturas de materiais inertes, como pedras, distribuição racional dos caminhos e plantio em contorno. Porém a prática mais conhecida dentre esse tipo é o terraceamento, que é o termo utilizado, em agricultura, para designar utilização de um conjunto de estruturas (terraços) formado pelo canal e camalhão (ou dique de terra) e é associado ao plantio em contorno. São construídos a intervalos regulares, em sentido transversal à inclinação do terreno, o que permite controlar as enxurradas, sendo que seu formato deve ser determinado por profissional

capacitado de acordo com as características do relevo e cultivo realizado, sendo que ela geralmente tem um alto custo para implantação (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Todas essas práticas devem ser baseadas em um conhecimento prévio do solo da área onde se pretende implantá-las, recurso esse que deve ser considerado como um fator de produção fundamental e esgotável para a agricultura. Dessa forma, a conservação do solo é uma forma de preservar a capacidade produtiva, com potencialidade para melhorar suas características (LANI et al., 2007).

Quando o solo não é utilizado ou manejado adequadamente, ele pode sofrer processo de degradação. A recuperação pode ser feita de diversas formas, dependendo dos recursos disponíveis e interesses para a área (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2013).

Para a recuperação de processos erosivos no terreno, primeiramente, é necessário identificar o tipo de erosão predominante ou de maior destaque no local, para que possa ser analisada a melhor estratégia a ser utilizada. Existem diversas técnicas para recuperação de erosão, das consideradas convencionais até as classificadas como de bioengenharia (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2013).

A erosão superficial, de maior destaque pela sua incidência, pode ser controlada, ou evitada, ao considerar alguns princípios básicos, independentemente do tipo de técnica utilizada. São eles:

1. Ajuste do plano de desenvolvimento ao local. Evite trabalhos de movimentação do solo e terraplenagem em áreas com tendência à erosão;
 2. Instale equipamentos de condução hidráulica para lidar com o aumento do *runoff*;
 3. Mantenha baixa a velocidade do escoamento superficial;
 4. Desvie o *runoff* para fora das encostas íngremes e áreas desprotegidas construindo bermas e drenos de interceptação;
 5. Aproveite a vegetação nativa do local sempre que possível;
 6. Se a vegetação deve ser removida, limpe o local aos poucos, divida a área em parcelas. Limite a duração da exposição;
 7. Proteja as áreas limpas com *mulches* (cobertura morta) e coberturas vegetais formadas por herbáceas temporárias de rápido crescimento;
 8. Construa bacias de sedimentação para evitar que o solo erodido deixe o local;
 9. Instale as medidas de controle de erosão tão cedo quanto possível;
 10. Inspecione e faça manutenção das medidas de controle de erosão.
- (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2013, p. 99-100)

Dentre os processos erosivos, o de maior complexidade de recuperação são as voçorocas, devido à complexidade de sua formação e evolução. Dentre os procedimentos para seu controle se destacam: cercamento para impedir acesso do gado e trânsito de maquinário, drenagem da água subterrânea que aflora no fundo e nas laterais (*piping*) e controle do escoamento superficial concentrado em toda a bacia de captação. Essas medidas associadas as outras práticas de conservação do solo da área do entorno permitem a estabilização e recuperação da voçoroca (FILIZOLA, 2011).

O controle dos processos erosivos com a utilização de práticas conservacionistas é de extrema importância para a redução da perda de solo. Na intenção de evitar ou minimizar os impactos ambientais negativos, causado pelos processos erosivos acelerados, cientistas buscam compreender e prever os processos geomorfológicos, considerando as perdas de recursos naturais e econômicos, para isso destacam-se os estudos envolvendo monitoramento, modelagem e ferramentas de sistema de informação geográfica (SIG) (GUERRA et al., 2014).

3.4. Metodologias de quantificação de perda de solo

As metodologias para quantificação da perda de solo constituem-se como uma importante ferramenta para determinação da magnitude desse processo. Sua determinação é bastante utilizada para o planejamento do uso e manejo do solo, pois permite analisar a tolerância suportada e os fatores de maior influência para a perda de solo. Assim, as metodologias de quantificação permitem uma estimativa numérica da erosão, e podem ser divididas entre de estimação direta e de estimação indireta. Neste projeto foram aplicadas duas metodologias de estimação diretas, parcela de monitoramento com calha coletora e pinos de erosão, e uma de estimação indireta do tipo empírica, pela Equação Universal da Perda de Solos (EUPS).

A estimação direta é realizada com técnicas implantadas no terreno que permitem a quantificação do solo perdido em um evento de chuva ou ao longo de um período determinado. Para isso podem ser utilizados, por exemplo, de medidas de volume de água e sedimentos, de agulhas de erosão, perfiladores microtopográficos, a partir de ensaios ou parcelas de erosão (BALDASSARINI, 2016).

Já a estimação indireta, conforme expresso por Almorox Alonso, López Bermúdez, Rafaelli (2010), possui formulações que explicam o processo de perda de solo, considerando componentes associados, e geram uma estimativa numérica. Os modelos podem ser divididos, de forma tênue, de acordo com sua forma de concepção, como sendo: paramétricos ou empíricos, conceituais e de base física.

Os modelos conceituais consideram os processos de transferência e deposição de sedimentos, baseados na integração de modelos hidrológicos e de erosão. Sua maior limitação está na determinação de seus parâmetros e a necessidade de dados para sua calibração. Estes modelos são mais adequados para descrever o comportamento dinâmico do sistema de erosão, com indicações sobre os efeitos quantitativos e qualitativos de mudanças de solo, sem a necessidade de uma grande base de dados temporais e espaciais (BALDASSARINI, 2016; MERRITT, LETCHER, JAKEMAN, 2003).

Os modelos de base física objetivam a explicação dos processos mediante equações que consideram as leis físicas que governam a geração e o transporte de sedimentos. São aplicados para compreender e representar os componentes individuais relevantes para o processo erosivo, com a interação de diversos fatores, e determinar quais são mais relevantes para o conjunto do sistema. Por serem baseados em formulações físicas de validade universal, em teoria, podem ser aplicados sem a necessidade de calibração, porém, se limitam pela grande exigência de dados. (MERRITT, LETCHER, JAKEMAN, 2003).

Os modelos empíricos são baseados em análises de dados experimentais por meio de, preferencialmente, procedimentos de inferência estatística de forma a obter conjunto de equações ou de explicações intuitivas, de forma a interpretar os mecanismos da erosão por meio de suas causas e efeito (BALDASSARINI, 2016).

Esse tipo de modelo é obtido por meio da indução, baseado na observação sistemática de fatos, no caso a partir da aplicação de parcelas de monitoramento padronizadas. Os modelos obtidos são matematicamente simples, necessitando de uma menor quantidade de dados em relação aos modelos conceituais e de base física, porém são bastante criticados por não considerarem a heterogeneidade das áreas e por premissas não realistas (MERRITT, LETCHER, JAKEMAN, 2003).

A escolha entre os modelos de quantificação de perda de solo depende da escala de detalhe, do intuito do trabalho e dos dados disponíveis, conforme indica a Tabela 1. Por exemplos, escalas de detalhe devem ser utilizados para estudar processos pontuais dentro de investigações mais amplas e as bacias hidrográficas podem explicar a resposta hidrológica de eventos ou mudanças no uso e cobertura da terra (ALMOROX ALONSO, LÓPEZ BERMÚDEZ, RAFAELLI, 2010).

Tabela 1 - Exemplos de modelos de erosão divididos por tipo, escala e dados disponíveis

Modelo	Tipo	Escala	Entradas/saídas	Referência
Qualidade da água AGNPS	Conceitual	Pequenas bacias hidrográficas	Requisitos de entrada: alto Saída: volume de escoamento, taxa de pico, concentrações de SS, N, P e DQO	Young et al. (1987)
ANSWERS	Físico	Pequenas bacias hidrográficas	Requisitos de entrada: alto Saída: sedimento, nutrientes	Beasley et al. (1980)
CREAMS	Físico	Campo 40-400 há	Requisitos de entrada: alto Saída: erosão, deposição	Knisel (1980)
EMSS	Conceitual	Bacia hidrográfica	Requisitos de entrada: alto Saída: escoamento, carga de sedimentos, carga de nitrogênio e carga de fósforo	Vertessey et al (2001) Watson et al (2001)
HSPF	Conceitual	Bacia hidrográfica	Requisitos de entrada: alto Saída: escoamento, taxa de fluxo, carga de sedimento, concentração de nutrientes	Johanson et al (1980)
IHACRES-WQ	Empírico/ Conceitual	Bacia hidrográfica	Requisitos de entrada: baixo Saída: escoamento, sedimentos e nutrientes	Jakeman et al (1990, 1994a,b), Dietrich et al. (1999)
IQQM	Conceitual	Bacia hidrográfica	Requisitos de entrada: moderado Saída: muitos poluentes incluindo nutrientes, sedimentos, oxigênio dissolvido, sal, algas	DLWC (1995)
LASCAM	Conceitual	Bacia hidrográfica	Requisitos de entrada: alto Saída: escoamento, sedimento, fluxos de sais	Viney e Sivalapan (1999)
SWRRB	Conceitual	Bacia hidrográfica	Requisitos de entrada: alto Saída: fluxo de água, sedimento, nutrientes e rendimentos de pesticidas	USEPA (1994)
Erosão GUEST	Físico	Local	Entrada: alta Saída: escoamento, concentração de sedimento	Yu et al. (1997) Rose et al. (1997)
LISEM	Físico	Pequenas bacias hidrográficas	Entrada: alta Saída: escoamento, produção de sedimento	Takken et al (1999) De Roo e Jetten (1999)
PERFECT	Físico	Campo	Entrada: alta Saída: escoamento, erosão, rendimento da colheita	Littleboy et al. (1992b)
SEDNET	Empírico/ Conceitual	Bacia hidrográfica	Requisitos de entrada: moderado Saída: sedimentos suspensos, contribuições relativas do fluxo terrestre de montante, voçoroca e processo de erosão de margem	Prosser et al. (2001c)
TOPOG	Físico	Encosta	Entrada: alta Saída: alagamento, risco de erosão, transporte de solutos	CSIRO Land and Water, TOPOG Homepage; Gutteridge Haskins and Davey (1991)
USLE	Empírico	Encosta	Entrada: alta Saída: erosão	Wischmeier and Smith (1978)
WEPP	Físico	Encosta/ Bacia hidrográfica	Entrada: alta Saída: escoamento, características dos sedimentos; forma da perda de sedimentos	Laflen et al. (1991)
Transporte em corrente MIKE-11	Físico	Bacia hidrográfica	Entrada: alta Saída: produção de sedimento, escoamento	Hanley et al. (1998)
A classificação do modelo refere-se à representação geral do processo do modelo. Os componentes do modelo geralmente contêm uma mistura de empíricos, conceituais e algoritmos de base física.				

Fonte: MERRITT, LETCHER, JAKEMAN, 2003, p. 766 (tradução da autora)

Para essa pesquisa foi utilizado um método de estimação indireta de modelagem empírica e um método direto, de forma a comparar com os resultados obtidos. Para a escolha de ambas as metodologias foram feitas consultas às bibliografias, de modo a determinar quais possuíam mais trabalhos aplicados no país, o que permitiria uma melhor adaptação e execução no projeto atual. Além disso, para a metodologia direta foram considerados os materiais que poderiam ser utilizados, por sua disponibilidade ou que poderiam ser adquiridos com maior facilidade. Para a metodologia indireta foram analisadas as informações e dados que seriam necessários para a aplicação e verificada a disponibilidade na área.

3.4.1. Parcelas de monitoramento de erosão em campo

A utilização das parcelas de monitoramento permite entender a dinâmica do processo erosivo com situações comuns de campo, controlando ou não os fatores que influenciam na sua ocorrência (GUERRA, 2002). Um dos intuitos principais do seu monitoramento é a possibilidade de considerar contribuições e/ou limitações das formas de obtenção de dados de perda de solo entre o método direto em relação ao indireto, enriquecendo as análises e contribuindo para melhoramento e validação dessas duas formas de determinação (BALDASSARINI, 2016).

Com o emprego das parcelas de monitoramento é possível medir a produção de escoamento e sedimentos em uma superfície de terreno de delimitação conhecida, sobre a qual é possível determinar suas características pedológicas, morfológicas, topográficas, de práticas de manejo, uso do solo para melhor compreensão do processo. Elas podem ser manipuladas e analisadas em uma menor escala para compreensão da dinâmica erosiva em escala maior. Permitem registrar as dinâmicas de produção de escoamento e sedimento em relação com a precipitação incidente sobre a superfície delimitada da parcela, gerando as taxas de erosão por unidade de área e tempo (PINESE JÚNIOR *et al.*, 2008).

Como expresso por Guerra (2005) é relevante a diferenciação entre parcelas de monitoramento e experimentais. O primeiro ocorre com medições sistemáticas realizadas em um processo erosivo, com a coleta de dados em intervalos de tempo, que podem ser fixos ou não dependendo do tipo de estudo. Já os experimentos são relativos aos ensaios, de laboratório ou não, que não obrigatoriamente necessitam de coletas em intervalos de tempo determinados. A escolha entre os dois tipos depende do intuito do trabalho e das condições existentes para aplicação do estudo.

Um fator importante a se considerar ao utilizar as parcelas de monitoramento são suas dimensões, sendo que não existem regras específicas quanto ao dimensionamento das parcelas,

porém o tamanho das mesmas tem influência no total da perda de solo mensurada em condições naturais de campo (MARCHIORO; AUGUSTIN, 2007). As parcelas, na maioria dos estudos sobre o tema, seguem o modelo aplicado na parcela definida como padrão nas pesquisas de Wischmeier, que por sua padronização permite maior possibilidade de comparação com outros estudos (GUERRA, 2005; PINESE JÚNIOR *et al.*, 2008). Guerra (2002) sugere que as parcelas devem ter, no mínimo 10 m de comprimento e 1 m de largura para mensuração das perdas nos eventos chuvosos que promovem escoamento superficial.

Devido a variação nas dimensões e maneiras de se instalar uma parcela de erosão, algumas características devem ser analisadas para que possa ser realizada a comparação entre elas.

1. as parcelas devem ter largura e comprimento iguais, para que seja possível a comparação entre elas; 2. é indispensável a existência de um pluviômetro, pelo menos, ou pluviógrafo, como destacado anteriormente; 3. devem ser feitos diferentes tratamentos em cada uma das parcelas; 4. elas devem ser separadas por madeira, ferro galvanizado, pequenas muretas, ou algum outro tipo de material; 5. devem ser colocados galões coletores de água e sedimento, na parte mais baixa de cada parcela; 6. antes de atingir o coletor, o material chega até uma calha, a mais conhecida é a Gerlach Trough (calha de Gerlach), que deve estar protegida contra a ação direta das gotas de chuva; 7. as coletas de água e sedimentos devem ser diárias, se possível, ou pelo menos semanais (GUERRA, 2005, p. 33-34).

Uma indicação geral na implantação das parcelas é em relação ao seu isolamento. As mesmas devem ser instaladas de modo a evitar o pisoteio dentro da parcela, que altera densidade do solo, podendo comprometer os resultados. Assim, indica-se que sejam instaladas em locais onde o público não tenha acesso e, caso necessário, cercada para evitar a entradas de animais (PINESE JÚNIOR *et al.*, 2008).

A quantificação da perda de solo utilizando as parcelas de erosão é realizada por meio da pesagem dos sedimentos coletados na calha coletora e dos sedimentos estimados presentes na água coletada no galão. Esses dados podem ser relacionados ao monitoramento pluviométrico e propriedades do solo para melhor compreender o processo ocorrido (GUERRA, 2002).

Assim como realizado por Caseti (1983), a parcela de monitoramento pode ser associada a utilização de pinos de erosão, com os quais a estimativa da perda de solo se dá por meio de medições volumétricas. De forma geral, o monitoramento dos pinos de erosão, consiste em medir a exposição dos mesmos em relação ao solo em intervalos considerados de tempo, o que permite identificar a taxa de rebaixamento (GUERRA, 2005).

Além disso, Baldassarini (2016) ressalta que os dados dos pinos de erosão também podem ser relacionados ao monitoramento pluviométrico e às propriedades do solo. Nesse aspecto, por meio de sua densidade é possível a estimativa de perda de solo, que juntamente

com o tempo do monitoramento, permite uma estimativa de perda em relação ao tempo, na forma de toneladas por ano, informação fundamental para decisões relacionadas a conservação de solo.

3.4.2. Equação Universal de Perda de Solos (EUPS)

A Equação Universal de Perda de Solos – EUPS (*Universal Soil Loss Equation* – USLE em inglês) é um modelo empírico de erosão criado nos Estados Unidos a partir de estudos de vários locais do país. Ela foi desenvolvida em 1954 no *National Runoff and Soil Loss Data Center*, do *Agricultural Research Service*, com sede na Universidade de Purdue (EUA), sendo revisada por Wischmeier & Smith em 1965 e posteriormente em 1978, sendo esta última a mais difundida (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; BORGES, 2009).

Após ser disseminada, a EUPS foi modificada e adaptada por diversos autores, considerando os dados e nível de processamento disponíveis desde a sua criação. Dentre algumas dessas equações há, por exemplo, a MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*, Williams, 1975), RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*, Renard et al., 1991 y 1994), ANSWERS (*Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulator*, Beasley et al, 1989) e RUSLE-3D (Mitasova et al., 1996; Mitas y Mitasova, 1998) as quais incorporaram, por exemplo, escalas para bacias hidrográficas e modelos de transporte de sedimentos (BALDASSARINI, 2016; MERRITT , LETCHER, JAKEMAN, 2003).

A EUPS apresenta algumas limitações, tais como: (a) não é baseada em eventos erosivos e não consegue identificar aqueles que tem mais probabilidade de causar erosão em larga escala; (b) não considera a ocorrência simultânea dos processos de erosão e de deposição ao longo da vertente; (c) não considera a deposição nos pés das encostas; (d) não incorpora a erosão por voçorocas, o que pode causar neste caso uma subestimativa da perda de solos e (e) em alguns locais fora dos Estados Unidos a limitação de dados necessários para a aplicar e calibrar o modelo (BORGES, 2009; MERRITT , LETCHER, JAKEMAN, 2003).

Apesar disso, a simplicidade desta equação fez com que o modelo fosse bastante utilizado e difundido, além de sua base conceitual bem construída e consolidada. Como resultado da aplicação da EUPS obtém-se uma estimativa anual de perda de solo por erosão laminar, que poderá ser utilizada como guia para o planejamento do uso do solo e de práticas conservacionistas mais apropriadas para uma área (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; MERRITT, LETCHER, JAKEMAN, 2003).

A estimativa da perda de solo anual por meio da EUPS é baseada na multiplicação de seis fatores:

$$A = R * K * LS * C * P$$

Onde: A = perda de solo calculada por unidade de área (t/ha.ano);

R = índice de erosão pela chuva ou erosividade (MJ.mm/ha.h.ano);

K = fator de erodibilidade do solo (t.h/Mj.mm);

L = comprimento do declive (adimensional);

S = grau de declive (adimensional);

C = fator de uso e cobertura do solo (adimensional);

P = fator referente às práticas conservacionistas de controle de erosão (adimensional).

O fator R, erosividade, expresso por um índice numérico, indica a capacidade da chuva de causar erosão em áreas sem nenhuma proteção, relacionado aos efeitos do impacto, do salpico e da turbulência combinados com a enxurrada e o transporte das partículas (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2013; GAMA, 2004).

A erodibilidade do solo, representada pelo fator K, está relacionada à capacidade inerente do solo de ser erodido. Refere-se à intensidade de erosão ocorrida (t/ha.ano) por unidade de índice de erosão da chuva (MJ.mm/ha.h.ano), para um solo específico mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações culturais normais, em declive de 9% e comprimento de rampa de 25m. De forma indireta, esse valor é determinado pela utilização de valores das propriedades físicas, químicas e morfológicas dos solos (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2013; GAMA, 2004).

Os fatores L e S são geralmente calculados juntos e chamados de fator topográfico (LS). L é o fator comprimento do declive, isto é, a relação da perda de solo entre um comprimento de declive qualquer e um de comprimento de rampa de 25m para o mesmo solo e declive; S é a perda de solo entre um declive qualquer e um de 9% para o mesmo solo e comprimento de rampa. Ressalta-se que esse fator pode ser modificado para reduzir o comprimento da encosta, por exemplo por meio de terraceamento, no qual é utilizada a distância entre os terraços (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2013; GAMA, 2004).

O fator de uso e cobertura do solo (C) é a relação entre a perda de solo de um terreno cultivado em certas condições e as perdas de um terreno mantido continuamente descoberto. Esse quesito também pode ser modificado pela alteração da cultura e do manejo realizado na área (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2013; GAMA, 2004).

Já o fator P, de práticas conservacionistas de controle de erosão, é a relação entre a perda de solo de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta no sentido

do declive (morro abaixo). Essas práticas podem ser de natureza estrutural-mecânica, hidráulica ou de nivelamento, escolhidas e utilizadas de acordo com as características da área (ARAUJO; ALMEIDA; GUERRA, 2013; GAMA, 2004).

Tendo em vista que os modelos de predição de erosão existentes foram desenvolvidos e ajustados para condições de clima temperado, condições estas bem diferentes do clima tropical, torna-se de fundamental importância a verificação da aplicabilidade destes modelos para as condições edafoclimáticas brasileiras, antes de serem extensivamente utilizados para a predição da erosão. (AMORIM, et al., 2010, p. 1047).

Logo, a utilização da EUPS apresenta um alto potencial de eficiência na determinação de perda de solos, devido a sua estrutura conceitual e maior praticidade no cálculo dos valores dos fatores considerados na equação. Porém, por ser tratar de uma equação não ajustada para realidade brasileira, ainda precisa ser mais estudada para se conseguir valores que representam uma ordem de grandeza para as condições existentes no país.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no Distrito de Amadeu Amaral, situado no sudoeste do município de Marília/SP, com coordenadas aproximadas 7529066 m S e 597020 m O, zona 22S UTM (N, E) em SIRGAS 2000 (Figura 1).

A propriedade rural em questão possui cerca de 20 alqueires (48,4 ha), com uso predominante como pastagem para pecuária extensiva de corte. São observados processos erosivos lineares em toda sua extensão, sendo que nas cabeceiras de drenagens em forma de anfiteatro os mesmos apresentam maior intensidade e dimensões.

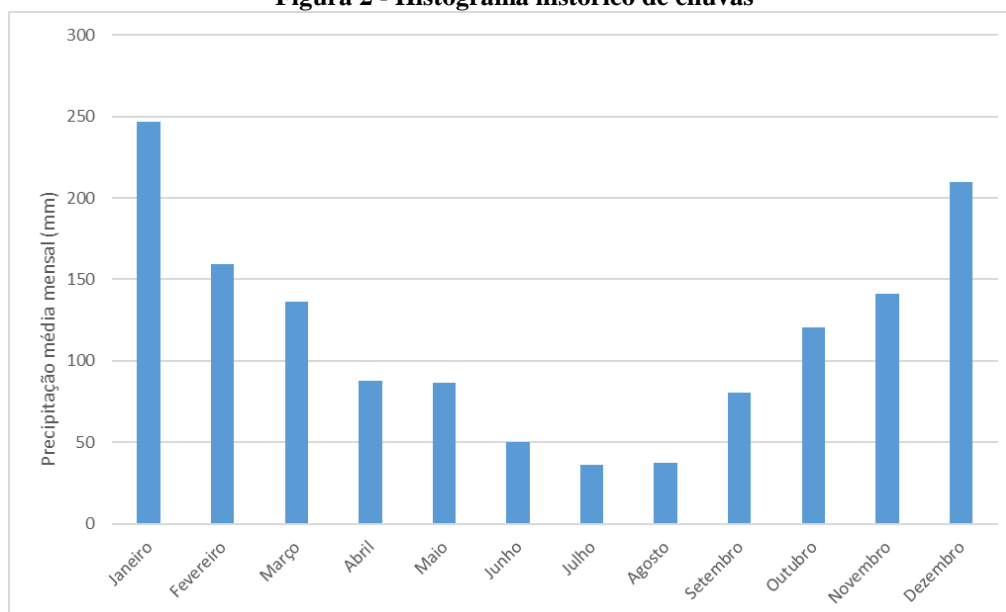
Dentre os fatores associados ao surgimento do quadro erosivo existente na área atualmente, associa-se o histórico de ocupação, com a retirada da mata para uso agrícola, deixou as vertentes sem proteção contra à ação das águas pluviais, ao uso da terra sem práticas conservacionistas adequadas.

4.1. Caracterização climática

Marília apresenta temperatura média de 21,4°C e precipitações mensal média de 116 mm e total de 1392 mm (DAEE, 2020; Figura 2). Além disso, o:

[...] clima do município é subtropical (Cwa), apresentando uma temperatura mínima absoluta de -3,6 °C e uma temperatura máxima absoluta de 39,4 °C. A média das temperaturas máximas anual é de 26,3 °C e das mínimas, em torno de 13,7 °C. Os meses de junho e julho são os mais frios, com temperaturas médias de 9,1 e 8,9 °C, respectivamente. Janeiro é o mês mais chuvoso e agosto, o mais seco (PRELAPANTANO, BARDIN-CAMPAROTTO, MEIRELES, 2021, p. 6).

Figura 2 - Histograma histórico de chuvas



Fonte: Dados DAEE (1976 a 2018), 2020

Segundo a sistemática de Köppen, como Cwa, que se trata de um clima subtropical de inverno seco, com temperaturas inferiores a 18°C) e verão quente, com temperaturas superiores a 22°C. Este é o clima da maior abrangência em área do Estado de São Paulo, com destaque para as regiões central, leste e oeste (EMBRAPA, 2021).

Conforme Cruz (2001), a concentração das precipitações em determinadas épocas do ano, como que ocorre na área de estudo, é um elemento que deve ser considerado quando se pensa nas dinâmicas referentes aos processos erosivos, já que há um aumento do volume de água escoando superficialmente e no nível hidrostático, ou seja, redução da profundidade do nível do aquífero freático. O município de Marília apresenta período chuvoso na época do verão, além da ocorrência de chuvas em meses de inverno, mais frequente que em outras regiões, com a possibilidade de excedente hídrico nesse período e menor período de deficiência (PRELA-PANTANO, BARDIN-CAMPAROTTO, MEIRELES, 2021).

4.2. Caracterização geológica

A região da área de estudo situa-se na morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná, essa dividida em seis supersequências: Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), Gondwana II (Meso a Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo) (SANTOS, 2014).

O local em questão está situada na Bacia Sedimentar Bauru, que no estado de São Paulo “se estende sobre os basaltos da Formação Serra Geral e, localmente, sobre as Formações Botucatu e Pirambóia, nas regiões de Bauru e Agudos” (SANTOS, 2014, p. 57). A região de Marília apresenta espessura mais bem preservada, que auxiliam nos estudos sobre sua formação.

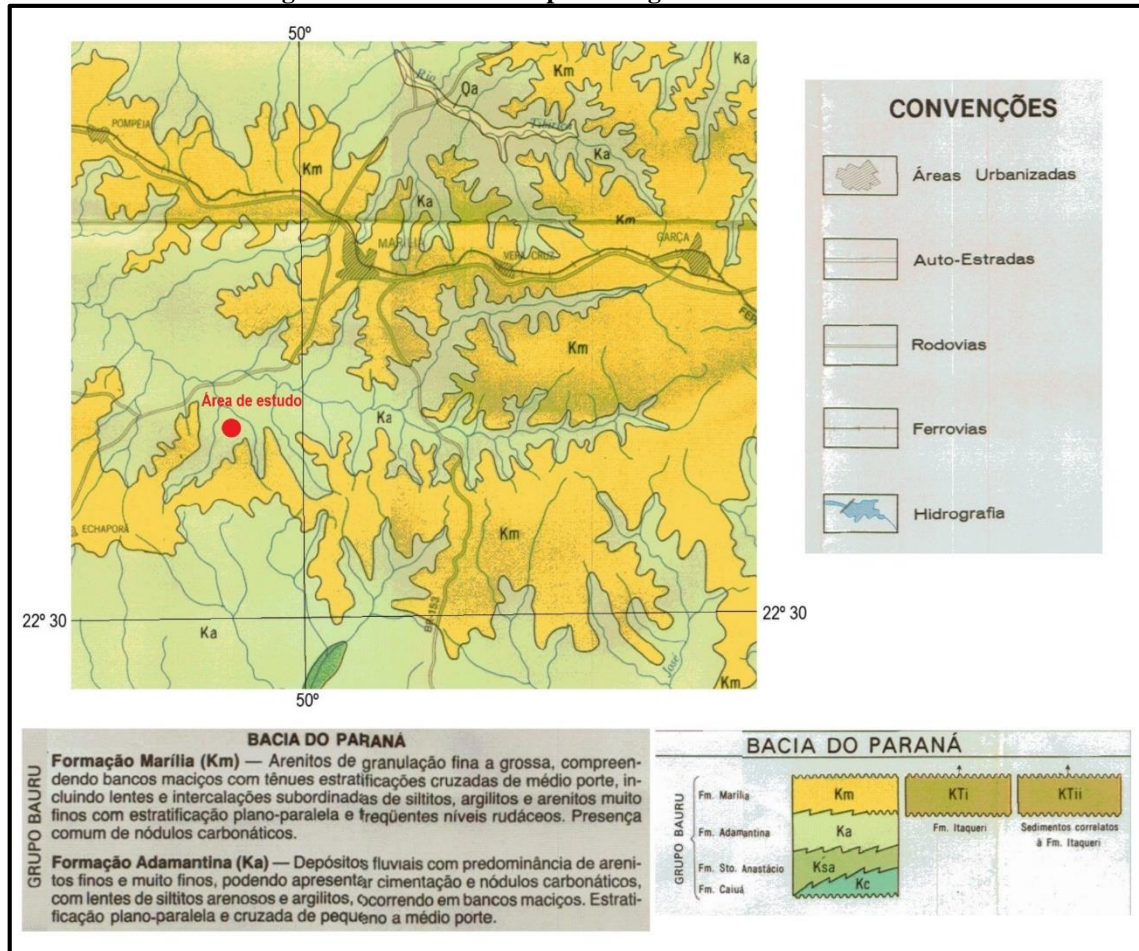
Mais especificamente na área de estudo se encontra a Formação Marília (Figura 3), tratando-se dos sedimentos da parte superior do Grupo Bauru, sendo que:

[...] a formação Marília depositou-se em um embasamento localizado desenvolvido ao término da deposição Bauru, em situação parcialmente marginal, repousando geralmente sobre a Formação Adamantina e, mais para leste, diretamente sobre os basaltos Serra Geral (IPT, 1981a, p. 48)

A Formação Marília caracteriza-se por:

[...] arenitos de granulação fina a grossa, compreendendo bancos maciços com tênues estratificações cruzadas de médio porte. Subordinadamente ocorrem lentes de siltitos, argilitos, e arenitos muito finos. Presença comum de nódulos carbonáticos” (IPT, 1981a, p.48).

Figura 3 - Recorte do Mapa Geológico do Estado de São Paulo



Fonte: Adaptado de IPT (1981) escala de 1:500.000

A Formação Marília diferencia-se das demais formações do grupo principalmente por seu ambiente de formação e agente cimentante predominante, apresentando abundância de carbonato de cálcio, resultando em uma maior resistência ao processo de erosão em relação as outras formações do grupo (SANTOS, 2014).

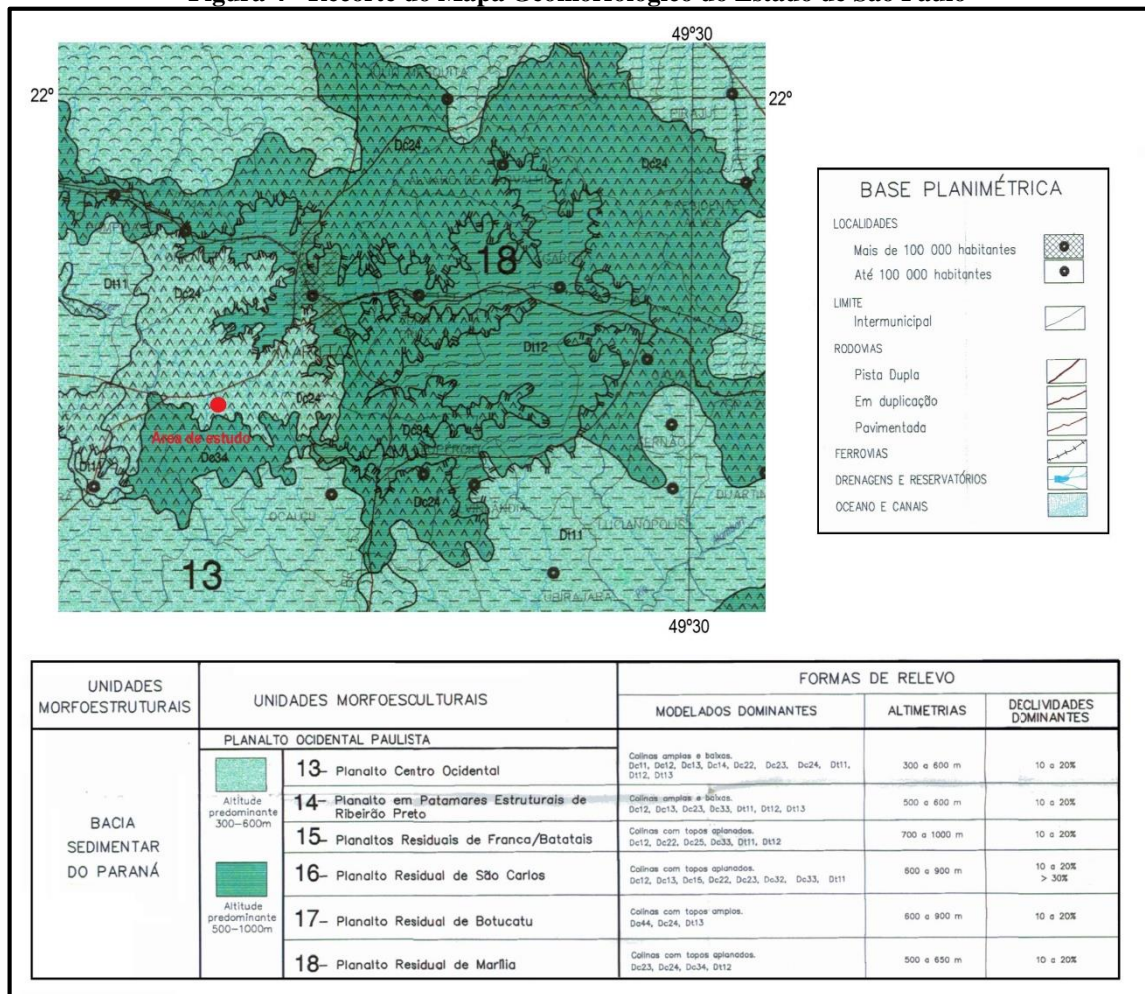
Segundo Bezerra et al. (2009), os solos originários da Formação Marília, para a região de estudo, são as unidades de maior erodibilidade e compreendem os depósitos sedimentares de baixa coesão, como os alúvios e os colúvios e os regolitos arenosos, sendo eles maciços, espessos, de alta permeabilidade e que caracterizam os solos residuais tanto do Planalto de Marília como de antigas superfícies pedimentares nele encravada.

4.3. Caracterização geomorfológica

O município de Marília está situado na morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista, localizado sobre rochas do Grupo Bauru, que apresenta, de forma geral, relevo levemente

ondulado com predomínio de colinas amplas e baixas com topos aplanados. Neste planalto é possível identificar variações fisionômicas regionais que delimitam unidades geomorfológicas distintas (ROSS; MOROZ, 1997), dentre as quais o Planalto Residual de Marília é o encontrado na região da área de estudo (Figura 4).

Figura 4 - Recorte do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo



Fonte: Adaptado de Ross e Moroz (1997) escala de 1:500.000

O Planalto Residual de Marília é considerado a zona mais heterogênea do Planalto Ocidental Paulista. Conforme IPT (1981b), o relevo do planalto caracteriza-se por ser levemente ondulado com predomínio de colinas e morrotes. Ele apresenta, predominantemente, colinas amplas e médias circundadas por relevos de transição com escarpas festonadas e encostas sulcadas por vales subparalelos.

Este planalto encontra-se numa área de exposição de rochas da Formação Marília, apresentando arenitos e conglomerados de cimentação carbonática. Essas rochas se apresentam intensamente erodidas e sustentando platôs alongados de topos suavemente ondulados e espigões (IPT, 1981b).

Santos (2014, p. 75) ressalta que nesta unidade predominam “formas de relevo denudacionais cujo modelado apresenta-se na forma de colinas com topos aplanados convexos e tabulares que se desfazem em escarpas abruptas e festonadas”.

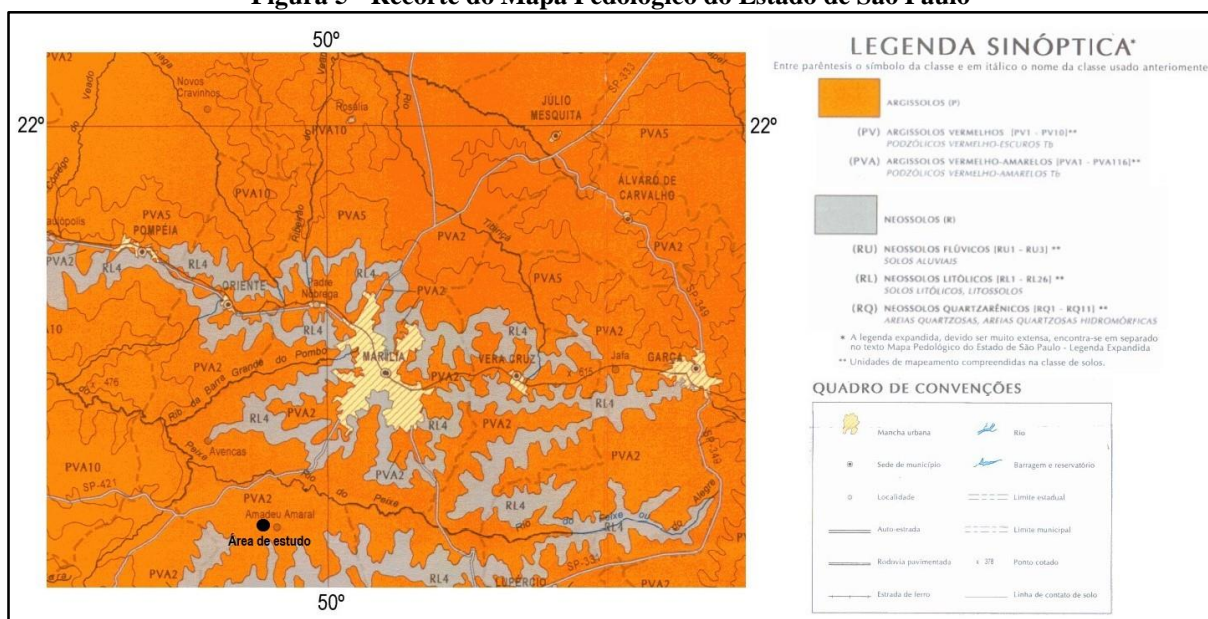
Segundo Ross e Moroz (1997), esse planalto apresenta dissecação média com vales entalhados, densidade da drenagem entre média a alta, altimetria variando de 500 a 600 metros e declividade em torno de 10 e 20%, implicando em um nível de fragilidade suscetível a fortes atividades erosivas.

4.4. Caracterização pedológica

Na região do Planalto Residual de Marília predominam os Argissolos Vermelhos e Neossolos Litólicos, conforme destacado na Figura 5 (BALDASSARINI, 2013; OLIVEIRA et al., 1999).

Os Argissolos são um grupamento com horizonte diagnóstico B textural, vinculado com atributos que evidenciem a baixa atividade da fração argila ou atividade alta desde que associada a saturação por bases baixa ou com caráter alumínico (SANTOS et al., 2018). Esses solos podem apresentar diferenciação moderada a marcante no perfil, decorrente da mudança textural entre os horizontes A + E. É um dos solos mais abrangentes no Brasil e encontrado sob diversas características naturais diferentes (CRUZ, 2001; LEPSCH, 2010).

Figura 5 - Recorte do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo



Fonte: Adaptado de Oliveira (1999), escala de 1:500.000

No caso dos Argissolos Vermelhos, estes caracterizam-se por serem de cor avermelhada, com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, no caso, com textura arenosa e relacionado com solos originários de rochas sedimentares da Formação Marília (OLIVEIRA et al., 1999; SANTOS et al., 2018).

Já os Neossolos são um grupamento de “solos pouco evoluídos, sem horizonte B diagnóstico definido, constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando nenhum tipo de horizonte B diagnóstico” (SANTOS et al., 2018, p. 219).

Sua subordem dos Neossolos Litólicos possui horizonte A ou hístico, com espessuras de até 50 cm, contados a partir da superfície, estando diretamente sobre a rocha ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída de fragmentos grosseiros de rocha. Podem possuir um horizonte B em formação, com reduzida espessura e que não satisfaça nenhum tipo de horizonte B diagnóstico (CRUZ, 2001; OLIVEIRA et al., 1999; SANTOS et al., 2018).

Na área de estudo o solo foi caracterizado por Nakata e Julian (2018) como sendo do tipo Neossolo Quartzarênico. Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018) os Neossolos são solos pouco evoluídos, que não possuem horizonte B diagnóstico definido. São considerados como solos em formação, seja pela reduzida atuação dos processos pedogenéticos ou por características do material originário. Os critérios para sua classificação são de:

Definição – solos constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando nenhum tipo de horizonte B diagnóstico e satisfazendo aos seguintes requisitos:

- a) Ausência de horizonte glei imediatamente abaixo do A dentro de 150 cm a partir da superfície, exceto no caso de solos de textura areia ou areia franca virtualmente sem materiais primários intemperizáveis;
- b) Ausência de horizonte vértico imediatamente abaixo de horizonte A;
- c) Ausência de horizonte plíntico dentro de 40 cm ou dentro de 150 cm a partir da superfície se imediatamente abaixo de horizontes A ou E ou se precedido de horizontes de coloração pálida, variegada ou com mosqueados em quantidade abundante;
- d) Ausência de horizonte A chernozêmico com caráter carbonático ou conjugado com horizonte C cálcico ou com caráter carbonático.

(SANTOS et al., 2018, p. 96-97)

De maneira específica, os Neossolos Quartzarênicos e conceituado como:

Outros solos sem contato lítico ou lítico fragmentário dentro de 50 cm a partir da superfície, com sequência de horizontes A-C, porém apresentando textura areia ou areia franca em todos os horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico ou lítico fragmentário. São essencialmente quartzosos, tendo, nas frações areia grossa e areia fina, 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e praticamente ausência de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo). (SANTOS et al., 2018, p. 220).

Devido à baixa profundidade desses solos e por serem muito arenosos, apresentam limitações de uso, devido à baixa capacidade de armazenamento de água e nutrientes para as plantas (LEPSCH, 2010).

4.5. Processo de uso e ocupação da região de Marília

Na década de 1920, a região de Marília sofreu uma intensa ocupação, associada a última etapa da expansão do cultivo de café no estado de São Paulo. Ao mesmo tempo, em meio às plantações cafezeiras eram encontrados outros cultivos, que foram primordiais para o crescimento econômico da região quando se deu a crise em 1929 (BALDASSARINI; HESPANHOL, 2011).

A migração para o município foi bastante intensa em sua formação e desenvolvimento, movimentos migratórios vindos de diversas partes do país e decorrentes de movimentos revolucionários e históricos, como a revolução de 1930 e da Segunda Guerra Mundial (BALDASSARINI; HESPANHOL, 2011; MORINAGA, 2014).

Na década de 1940, após a crise do café, iniciou-se na região o ciclo do algodão, que trouxe fábricas de beneficiamento desse material e também para outras culturas, tornando a cidade, na época, a mais industrializada do Estado de São Paulo. Atrelada a essas mudanças, foi registrado um aumento das pequenas atividades artesanais que atendiam a demanda da região. Estas atividades tornaram-se as iniciativas para a criação de pequenas e diversificadas indústrias de serrarias, olarias e de máquinas de beneficiamento dos produtos cultivados na região (BALDASSARINI; HESPANHOL, 2011; MORINAGA, 2014).

Apesar da alta industrialização todas estas empresas dependiam das atividades agrícolas realizadas na região para operarem. Assim, influenciadas pelo esgotamento do solo houve uma redução na produção e conseqüente queda no fornecimento de matéria-prima de gêneros agrícolas, fazendo com que estas indústrias saíssem da cidade rumo às novas áreas com maiores produções (BALDASSARINI; HESPANHOL, 2011).

Com isso, nas terras empobrecidas da região iniciou-se outros cultivos menos exigentes que tiveram destaque na economia do município, como o amendoim e a pecuária, se constituíram como os produtos mais influentes e marcantes na economia agrícola mariliense até a atualidade (BALDASSARINI; HESPANHOL, 2011).

Associado a isso, houve a retirada de grande parte da cobertura vegetal nativa substituindo-a por culturas permanentes nos platôs, e por culturas anuais e pastagens nas regiões das baixas colinas, caracterizados principalmente pelos cultivos de café, algodão, amendoim,

milho e as pastagens (BEZERRA et al., 2009; SANTANA, 1991; SANTANA; QUEIROZ NETO, 1995).

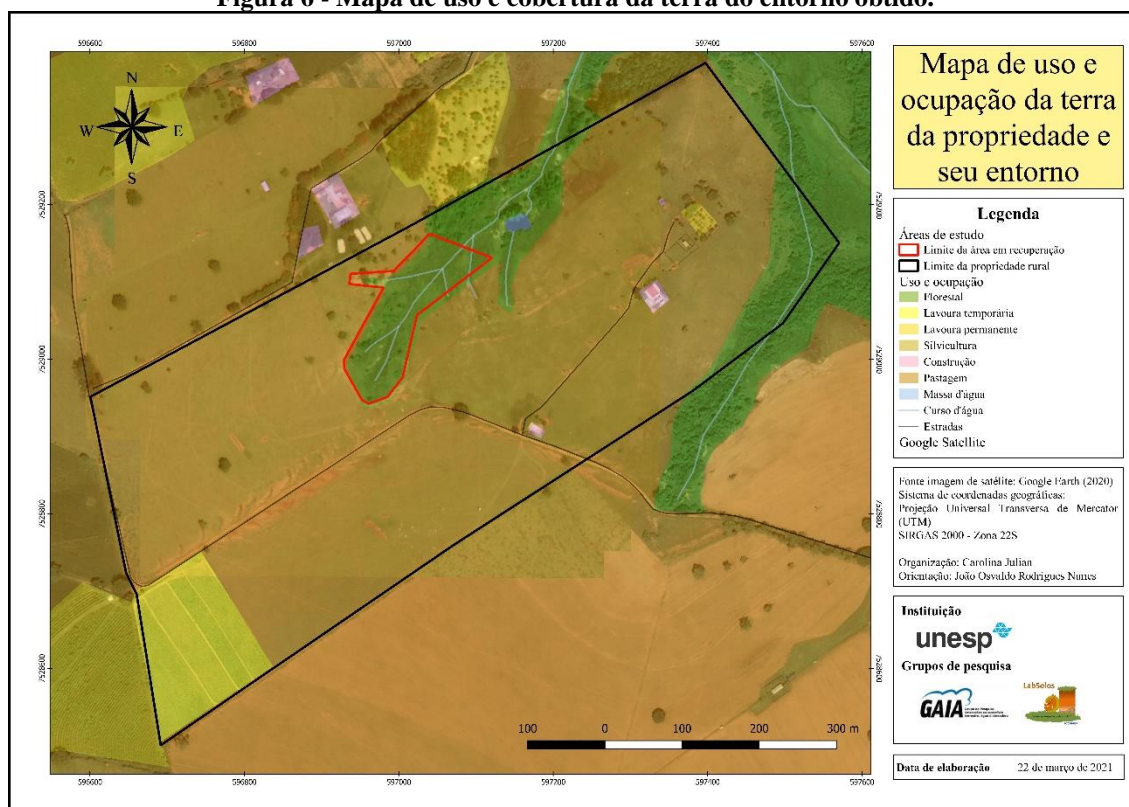
Durante seu processo de ocupação, os cultivos não foram realizados considerando a capacidade de suporte dos solos e os aspectos para sua conservação, como consequência surgiram diversos processos erosivos lineares e laminares, bem como o esgotamento do solo. Logo, com isso surgiram diversas erosões, desde sulcos e ravinas até voçorocas, a eliminação dos horizontes superficiais dos solos e o empobrecimento dos mesmos, gerando declínio da atividade agrícola e um dos mais graves quadros de impacto ambiental do estado de São Paulo, incluindo o assoreamento generalizado das drenagens da região (BEZERRA et al., 2009; VARCACEL, SILVA, 1997).

No decorrer dos anos, a atividade agrícola foi gradualmente substituída pela pecuária extensiva, devido a uma maior demanda e valor da carne no país e no exterior. Essa pecuária extensiva sem os devidos manejos, aumentou o quadro de degradação por erosão já existente. Ao mesmo tempo, segundo Bezerra et al. (2009), o revestimento vegetal de gramíneas e a adoção de técnicas de contenção dos processos possibilitou a estabilização de alguns dos processos erosivos.

4.6. Uso e cobertura da terra

De forma a caracterizar os usos e ocupações realizados no entorno da área de estudo foi elaborado um mapa (Figura 6), tendo como base as informações obtidas com o proprietário, as visitas feitas em campo e imagens aéreas da área.

Figura 6 - Mapa de uso e cobertura da terra do entorno obtido.



Fonte: autora, 2021

Na propriedade em questão e em seu entorno predomina o uso como pastagens de gramíneas, como pecuária extensiva, usado como alimentação para gado de corte e leite.

As culturas permanentes são de espécies frutíferas localizadas ao redor das sedes das propriedades. Além desses, existem pequenas áreas com plantio de café e outro com eucaliptos.

Já os cultivos temporários são de amendoim e de cana-de-açúcar, sendo a última utilizada como complemento alimentar para o gado. Ressalta-se que alguns desses cultivos são realizados como forma de rotação de culturas, com cultivos diferentes de forma periódica, com frequência em torno de 5 anos.

Também se destaca a presença de pequenos trechos de fragmentos de matas nativas, regeneradas ou em regeneração, principalmente próximos aos cursos d'água existentes no local.

5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As metodologias e técnicas aqui apresentadas foram selecionadas de forma a abranger a caracterização de alguns aspectos da área e do processo erosivo e possibilitar a discussão relacionada com as metodologias de quantificação diretas e indiretas assim como sua relação com o processo erosivo linear.

5.1. Caracterização química e textural do solo

A caracterização do solo física e química da área de estudo foi importante para determinar a potencialidade em sofrer processos erosivos. Além disso, foram realizadas análises físicas e químicas dos primeiros 30 cm de profundidade do solo para obter informações mais recentes e para estimativa da erodibilidade em *locus*.

Parte das características foi obtida no trabalho de Nakata e Julian (2018) que realizaram caracterização de alguns aspectos do solo da área de pesquisa em questão.

As análises realizadas durante essa pesquisa foram feitas no Laboratório de Solos do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP, no qual foram analisados parâmetros físicos e químicos conforme as metodologias listadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Métodos utilizados para análises físicas e químicas das amostras de solo

Parâmetro	Metodologia	Unidades
Textura (areia total, silte e argila em dispersante)	Areia – pesagem; Argila – Bouyoucos (densímetro) (<i>SSSA Book Series 5. Methods of Soil Analysis, Part 4</i>)	g kg ⁻¹
Classes de diâmetros (mm)	Fracionamento com peneiras conforme USDA	Porcentagem
pH (acidez ativa)	CaCl ₂ 0,01 mol.l ⁻¹	Adimensional
H+Al (acidez potencial)	pH SMP	mmol.dm ⁻³
MO (Matéria orgânica)	Extração por dicromato, determinação por colorimetria	g dm ⁻³
P, K, Ca e Mg (Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio)	Extração com resina trocadora de íons	P - mg dm ⁻³ K, Ca, Mg – mmol.dm ⁻³
S B (Soma das bases trocáveis)	Cálculo SB = Ca + Mg + K	mmol.dm ⁻³
CTC (Capacidade de troca catiônica)	Cálculo CTC = Ca + Mg + K + (H + Al)	mmol.dm ⁻³
V% (Porcentagem de saturação por bases)	Cálculo $V\% = \frac{100 \cdot SB}{CTC}$	Porcentagem

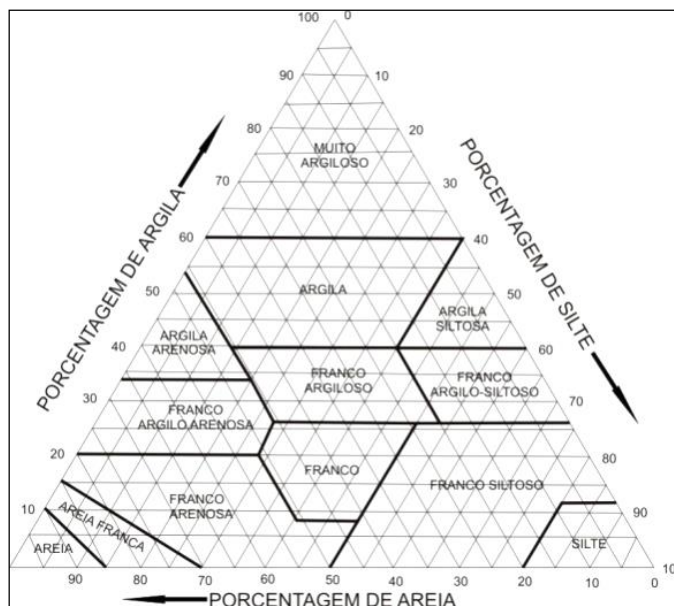
Fonte: ESALQ (2020) - organização da autora, 2020.

As classes de diâmetros citadas no Quadro 1, conforme *United States Department of Agriculture* (USDA), são de cinco frações de areia, e uma somatória total, silte e argila, conforme abaixo:

- Areia muito grossa (MG) = 2 a 1 mm;
- Areia grossa (G) = 1 a 0,5 mm;
- Areia média (M) = 0,5 a 0,25 mm;
- Areia fina (F) = 0,25 a 0,10 mm;
- Areia muito fina (MF) = 0,10 a 0,05 mm;
- Areia total (AT) = 2 a 0,05 mm;
- Silte = 0,05 a 0,002 mm;
- Argila total < 0,002 mm.

A partir da determinação das frações de areia, argila e silte utilizou-se do Diagrama de Classes Texturais (Figura 7) para se determinar a qual classe pertencia.

Figura 7 – Diagrama de classes texturais proposto pela USDA



Fonte: ESTADOS UNIDOS² (1951) apud Lemos e Santos, 1996, p.15.

Foi realizado no trabalho de Nakata e Julian (2018) o ensaio de permeabilidade para determinação do potencial de infiltração de água no solo, utilizando o Permeômetro de Guelph.

² ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. **Soil Survey manual**. Washington, 1951. 503 p. (USDA. Agriculture Handbook, 18).

A Tabela 2 apresenta valores típicos do coeficiente de permeabilidade (médios) em função dos materiais (solos arenosos e argilosos).

Tabela 2 - Valores típicos do coeficiente de permeabilidade.

PERMEABILIDADE	TIPO DE SOLO	K_{fs} (cm/s)	
	Alta	Pedregulhos	$> 10^{-3}$
SOLOS PERMEÁVEIS	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.

Além da permeabilidade foram utilizados o dado de densidade média do solo obtidos por Nakata e Julian (2018), estimado por meio de anéis volumétricos ao longo do perfil do solo, informação esta utilizada na conversão do volume de solo perdido para massa.

5.2. Cálculo do balanço hídrico normal

Os cálculos realizados aqui buscaram obter o balanço hídrico normal no período de monitoramento da parcela. Isso foi realizado de forma a permitir uma melhor compreensão da distribuição das chuvas durante o período do monitoramento, sua disponibilidade e excedente no solo.

Para isso foi utilizada uma planilha no software Excel elaborada por Rolim e Sentelhas (1999), adotando-se o método de Thornthwaite & Mather (1955) para uma capacidade de água disponível (CAD) de 100mm, com a evapotranspiração potencial (ETP) sendo estimada pelo método de Thornthwaite (1948), metodologias muito utilizadas na climatologia e com dados necessários disponíveis para a área de estudo.

Os dados de entrada para utilização da metodologia da planilha são o período inicial dos cálculos (mês e ano), temperatura média (°C) e precipitação mensais.

Para o período dos cálculos do balanço hídrico foram considerados dados referentes ao período de agosto/2019 a julho/2020, considerando o tempo de 12 meses do início do monitoramento, aproximadamente o dos trabalhos em campo.

Para preenchimentos dos dados de precipitação foram utilizados os dados obtidos pelo pluviógrafo digital P300 – Irriplus instalado junto à sede da propriedade (coordenadas UTM 22 – 597.345,3 m O e 7.529.082,4 m S), mostrado na Figura 8, considerando o período mencionado.

Figura 8 - Pluviógrafo instalado na propriedade para monitoramento.



Fonte: trabalho de campo, 2019.

Os valores de temperaturas médias mensais do período de estudo foram obtidos no sistema do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação automática Marília-A763, mais próxima da área de estudo. O sistema disponibiliza temperatura média horária do período especificado, no caso o utilizado para cálculo do balanço hídrico, as quais foram utilizadas para cálculo de uma média mensal utilizando planilha no software Excel.

A interface da planilha utilizada para os cálculos do balanço hídrico, com os dados da área de estudos preenchidos, foi apresentada na Figura 9. Abaixo deste trecho da planilha, são elaborados gráficos de análises dos resultados obtidos, que serão apresentados e discutidos posteriormente.

Figura 9 - Planilha no software Excel utilizada para cálculo do Balanço Hídrico Normal

Balanço Hídrico Normal por Thornthwaite & Mather (1955)								Adaptado para uso exclusivo nas aulas do Departamento de Ciências Exatas DCE - ESALQ / USP						
Glaucio de Souza Rolim Paulo Cesar Sentelhas Departamento de Ciências Exatas Área de Física e Meteorologia DCE - ESALQ / USP B:haulx v.3 1999														
CIDADE	Marília - SP			LATITUDE	-22,34									
CAD	100			ANO	2019-20									
Comentários :				NDA inicial	214									
Cálculos OK!														
ENTRADA DOS DADOS								Área reservada para novas fórmulas						
Decêndios	Num de dias	NDA	T oC	P mm	N horas	I	ETP Thornthwaite 1948	Cálculo do Fotoperíodo						
								δ	hm	N				
Ago	31	214	22,53	6,67	11,00	9,77	82,33	17,650037	82,487	10,9982				
Set	30	245	26,91	66,96	11,60	12,79	137,97	7,3423601	86,965	11,5953				
Out	31	275	26,38	35,67	12,25	12,40	142,41	-4,611979	91,9	12,2533				
Nov	30	306	24,20	116,31	12,88	10,89	113,95	-15,6661	96,618	12,8824				
Dez	31	336	24,16	200,65	13,29	10,86	120,85	-22,23908	99,673	13,2898				
Jan	31	2	24,46	152,94	13,33	11,06	125,55	-22,93054	100,01	13,3349				
Fev	29	33	23,28	259,28	12,98	10,26	99,48	-17,24553	97,329	12,9772				
Mar	31	62	23,59	85,32	12,42	10,47	105,58	-7,533774	93,115	12,4154				
Abr	30	93	21,94	42,32	11,74	9,38	78,86	4,8097005	88,018	11,7358				
Mai	31	123	19,36	101,66	11,13	7,77	54,52	15,515332	83,449	11,1266				
Jun	30	154	20,84	89,29	10,71	8,68	62,39	22,302275	80,296	10,7061				
Jul	31	184	20,72	6,34	10,66	8,60	63,12	22,971941	79,968	10,6624				
I = 122,939														
RESULTADOS														
Decêndios	Num de dias	NDA	T oC	P mm	N horas	I	ETP Thornthwaite 1948	P-ETP mm	NEG-AC	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Ago	31	214	22,5	6,7	11,0	9,8	82,33	-75,7	-132,4	26,60	-30,08	36,8	45,6	0,0
Set	30	245	26,9	67,0	11,6	12,8	137,97	-71,0	-203,4	13,08	-13,52	80,5	57,5	0,0
Out	31	275	26,4	35,7	12,3	12,4	142,41	-106,7	-310,2	4,50	-8,58	44,2	98,2	0,0
Nov	30	306	24,2	116,3	12,9	10,9	113,95	2,4	-268,0	6,85	2,36	114,0	0,0	0,0
Dez	31	336	24,2	200,6	13,3	10,9	120,85	79,8	-14,3	86,65	79,80	120,9	0,0	0,0
Jan	31	2	24,5	152,9	13,3	11,1	125,55	27,4	0,0	100,00	13,35	125,5	0,0	14,0
Fev	29	33	23,3	259,3	13,0	10,3	99,48	159,8	0,0	100,00	0,00	99,5	0,0	159,8
Mar	31	62	23,6	85,3	12,4	10,5	105,58	-20,3	-20,3	81,66	-18,34	103,7	1,9	0,0
Abr	30	93	21,9	42,3	11,7	9,4	78,86	-36,5	-56,8	56,67	-24,99	67,3	11,5	0,0
Mai	31	123	19,4	101,7	11,1	7,8	54,52	47,1	0,0	100,00	43,33	54,5	0,0	3,8
Jun	30	154	20,8	89,3	10,7	8,7	62,39	26,9	0,0	100,00	0,00	62,4	0,0	26,9
Jul	31	184	20,7	6,3	10,7	8,6	63,12	-56,8	-56,8	56,68	-43,32	49,7	13,5	0,0
TOTAIS			278,4	1163,4	144,0	122,9	1187,01	-23,6		733	0,00	958,9	228,1	204,6
MÉDIAS			23,2	97,0	12,0	10,2	98,92	-2,0		61,1		79,9	19,0	17,0

Fonte: Rolim e Sentelhas, 1999 (adaptado).

Na planilha apresentada na Figura 9 são utilizados ou são calculados:

- CAD (mm): capacidade de água disponível;
- Decêndios: mês considerado;
- Num de dias: número de dias do mês considerado;
- NDA: número do dia do ano;
- T (°C): temperatura;
- P (mm): precipitação do período;
- N (horas): fotoperíodo ou número efetivo de horas de brilho solar;
- I: índice térmico, mensal e anual (somatório dos valores mensais);
- ETP Thornthwaite 1948 (mm): evapotranspiração potencial pelo método de (Thornthwaite, 1948);
- P – ETP (mm): cálculo da diferença entre precipitação e evapotranspiração potencial;

- NEG-AC (mm): Negativo Acumulado, volumes negativos acumulados que se dá pela somatória das diferenças mensais do termo P-ETP, na época seca do ano, em que estes valores são sempre negativos;
- ARM (mm): Armazenamento, preenchida em concomitância com o NEG-AC, considerando os valores de CAD e do NEG-AC;
- ALT (mm): armazenamento de precipitação do mês menos o do mês anterior;
- ETR (mm): evapotranspiração real, quando P-ETP é positivo a $ETR = ETP$, quando é negativo a $ETR = P-ALT$;
- DEF (mm): déficit hídrico: $ETP-ETR$;
- EXC (mm): excedente, quando ARM é menor ou diferente de CAD o EXC é zero, quando o ARM for igual a CAD o EXC é $(P-ETP)-ALT$.

Conforme destacado, essa metodologia foi aplicada considerando os dados de precipitação do período aproximado de realização da coleta de dados de campo da pesquisa.

5.3. Parcela de monitoramento: quantificação direta

A parcela de monitoramento objetiva a quantificação da perda de solo laminar de forma direta. Ela foi construída em uma área com predomínio de pastagem, no interior da área cercada para recuperação da voçoroca (NAKATA; JULIAN, 2018), de forma a utilizar a estrutura já existente para evitar a entrada do gado.

Neste caso, a construção foi baseada nas metodologias de Caseti (1983) e Guerra (2002), escolhidas por sua relativa simplicidade na construção e utilização em diversos outros trabalhos no Brasil. A configuração espacial da parcela de monitoramento construída foi feita de acordo com Guerra (2002), retangular com uma calha coletora direcionando para um recipiente de armazenamento (galão). Da metodologia de Caseti (1983) foi utilizada a distribuição dos pinos de erosão no interior da parcela.

A parcela foi instalada em maio de 2019 em um local onde a declividade do relevo fossem menos acentuados, o que poderia dificultar sua instalação e manutenção (GUERRA, 2005). Suas dimensões finais foram de 1,10 m de largura por 7,60 metros de comprimento, com tamanho reduzido devido a limitação de materiais disponíveis.

Para construção da parcela de monitoramento foram utilizadas chapas de ferro galvanizado com uma altura de aproximadamente 30 cm, com o intuito de impedir a entrada e saída de material, principalmente por efeito *splash*; piquetes de madeira, para fixação das

chapas ao solo; tabuas de madeira, para construção da calha coletora; tubos de PVC e caixa d'água, utilizado como galão para acumular o excesso de água e sedimentos.

Primeiramente foi construída a calha coletora de água e sedimentos, que seria utilizada como parâmetro para a largura da parcela de monitoramento. Para isso, uma das chapas galvanizadas foi dobrada de forma próxima a de uma caixa, conforme Figura 10.

Figura 10 - Chapa galvanizada de forma a ser utilizada como calha coletora.



Fonte: autora, 2019.

Após isso, foram fixadas tábuas de madeira, dimensionadas de acordo com a calha dobrada de forma a permitir o fechamento da mesma. Para fixação da tábua na calha foram utilizados pregos, conforme Figura 11.

Figura 11 - Fixação de madeiras nas laterais da chapa dobrada para fechamento da calha.



Fonte: autora, 2019.

Após a calha pronta, a mesma foi perfurada de forma a permitir o encaixe do tubo de PVC, conforme Figura 12, que permitiria direcionar o extravasamento de água para o galão.

Figura 12 - Perfuração da chapa galvanizada para obtenção do extravasador da calha coletora.



Fonte: autora, 2019.

Após, foi realizada a vedação e junção da chapa metálica com a madeira utilizando uma cola adesiva, conforme Figura 13.

Figura 13 - Vedação da calha coletora com cola adesiva.



Fonte: autora, 2019.

A calha coletora finalizada, apresentada na Figura 14, possui cerca de 0,18 m de largura por 1,10 m de comprimento, considerando a altura no centro da perfuração para o tubo (0,14 m), a mesma possui cerca de 0,02772 m³ (27,72 l) de volume.

Figura 14 - Calha coletora finalizada, antes da instalação em campo.



Fonte: autora, 2019.

As chapas galvanizadas foram inseridas aproximadamente 10 cm no solo e colocadas sequencialmente com uma sobreposição para fixação utilizando os piquetes de madeira, conforme mostra a Figura 15.

Figura 15 - Chapas galvanizadas instaladas na parcela de monitoramento, em visão de montante para jusante.



Fonte: autora, 2019.

Ao final das chapas foi instalada a calha coletora montada. Saindo dela foi encaixado o tubo e, em seguida, o galão, para armazenamento de água e sedimentos, conforme Figura 16.

Figura 16 - Calha coletora instalada ao final da parcela de monitoramento (a direita) e fixação do tubo de PVC e galão a jusante da parcela de monitoramento (a esquerda).



Fonte: autora, 2019.

Ao final foi instalada uma cobertura na calha coletora, para que a mesma não armazenasse a água pluvial de forma direta, conforme Figura 17. A mesma foi construída com estacas de madeira e chapa metálica dobrada, unidas com pregos e fixada ao solo.

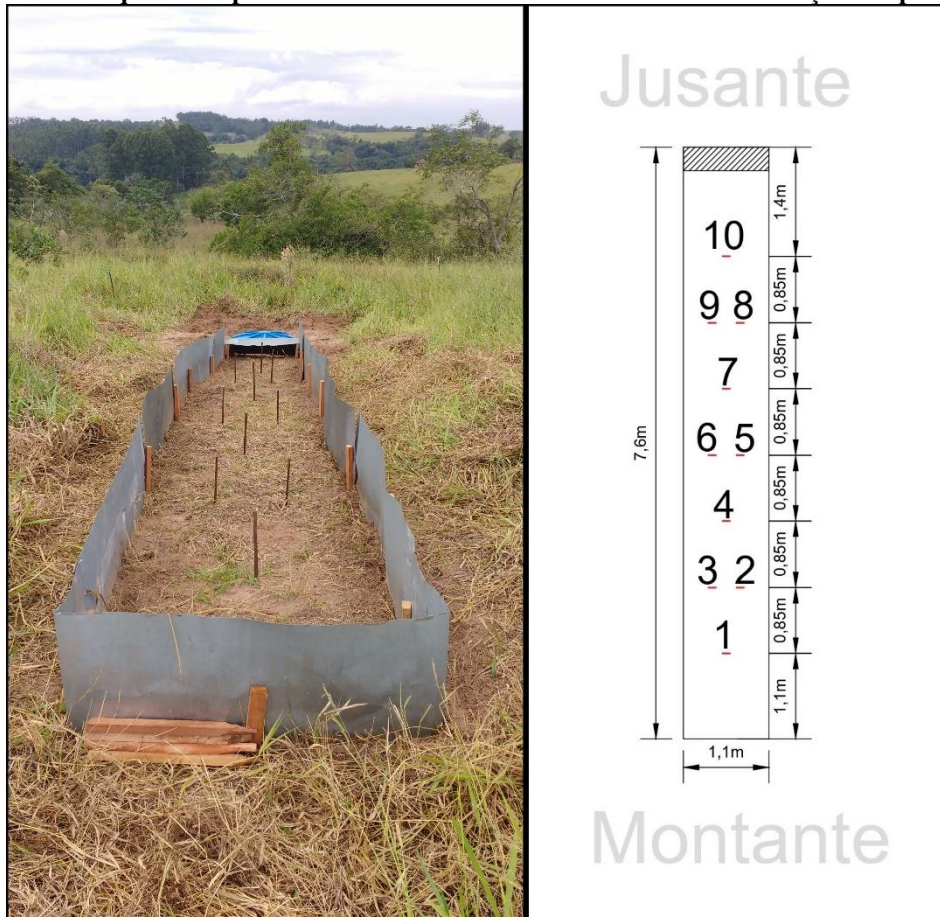
Figura 17 - Cobertura para calha coletora, de forma a impedir a entrada direta de água pluvial.



Fonte: autora, 2019.

No interior das parcelas foram instaladas estacas metálicas (pinos de erosão), com marcação na metade de seu comprimento, que foi o nível de inserção no solo, conforme Figura 18. A quantificação do volume perdido de solo foi feita pela diferença de altura da estaca em relação a medição anterior e tamanho inicial.

Figura 18 – Foto e esquema da parcela de monitoramento finalizada com a instalação dos pinos de erosão.



Fonte: autora, 2019.

A estimativa de perda de solo por meio das medições volumétricas, utilizando os pinos de erosão, foi realizada com as medidas mensais do monitoramento e as seguintes equações:

$$\text{Altura perdida de solo } (h) = \frac{\text{Soma da perda dos pinos}}{\text{n}^\circ \text{ total de pinos}} \quad (1)$$

$$\text{Volume } (V) = \text{Área da parcela } (A) * \text{Altura perdida de solo } (h) \quad (2)$$

$$\text{Massa } (M) = \text{Densidade do solo } (t/m^3) \cdot \text{Volume } (V) \quad (3)$$

$$Taxa\ de\ perda\ de\ solo\ (Y) = \frac{Massa\ perdida\ de\ solo\ (M)}{Área\ da\ parcela\ (A) * Período\ de\ monitoramento\ (P)} \quad (4)$$

O monitoramento foi iniciado em agosto de 2019, após a vegetação ter sido reestabelecida no interior da parcela de monitoramento.

Este período de pousio da área após instalação do experimento, objetiva a não contagem de sedimentos que possam ter sido desagregados mecanicamente e expostos a ação da água da chuva e do escoamento superficial com o procedimento de construção das parcelas, ou seja, indica-se um período de estabilização da área para o início das leituras (BALDASSARINI, 2016, p. 119).

Seu monitoramento foi feito de forma mensal, com a medição dos pinos de erosão. A retirada do material acumulado na calha e no galão foi feita conforme a necessidade, quando havia acúmulo de material.

A quantificação do material foi feita pelas medições volumétricas por meio dos pinos de erosão e pela pesagem do material retido e armazenado na calha e no galão.

5.4. Equação Universal de Perda de Solos: quantificação indireta

A estimativa da perda de solo anual por meio da EUPS é baseada na multiplicação de seis fatores, conforme a Equação(5, cada um desses fatores é calculado de forma individual utilizando metodologias consideradas mais adequadas para a situação e local de estudo.

$$A = R * K * LS * C * P \quad (5)$$

Onde: A = perda de solo calculada por unidade de área (t/ha.ano);

R = índice de erosão pela chuva ou erosividade (MJ.mm/ha.h.ano);

K = fator de erodibilidade do solo (t.h/MJ.mm);

L = comprimento do declive (adimensional);

S = grau de declive (adimensional);

C = fator de uso e cobertura do solo (adimensional);

P = fator referente às práticas conservacionistas de controle de erosão (adimensional).

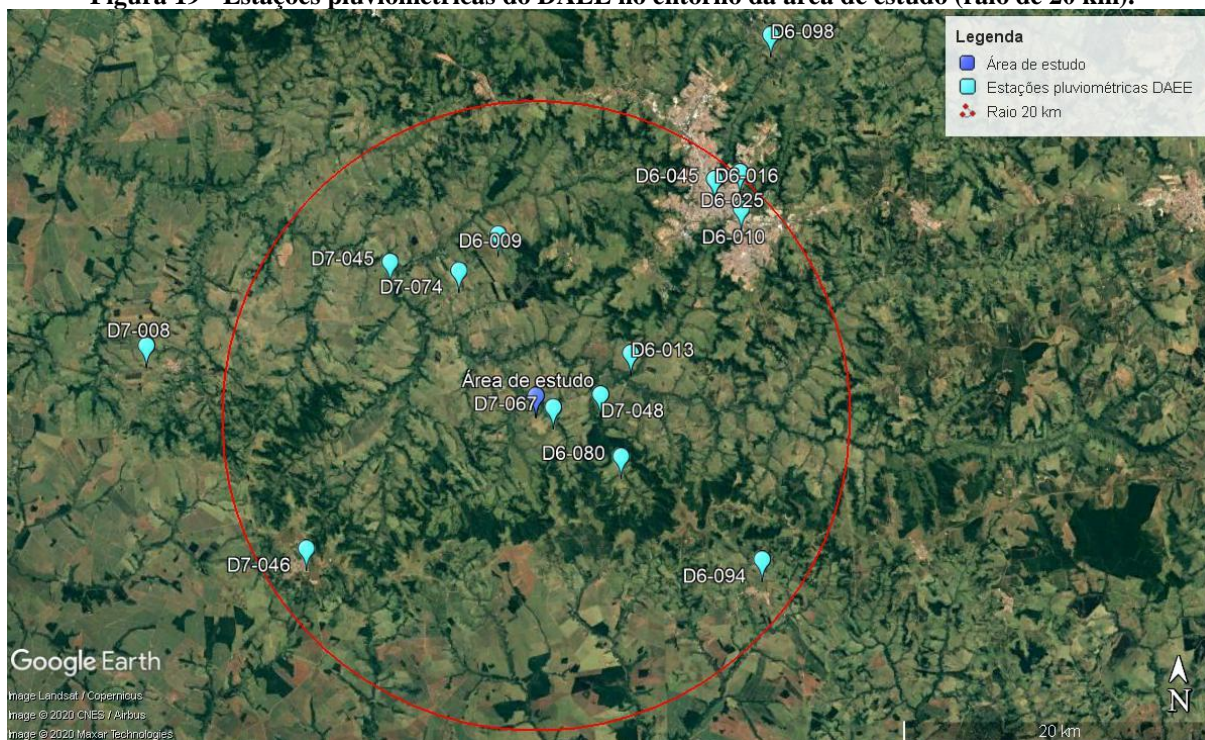
De forma a melhor descrever as metodologias aplicadas para a estimativa da perda de solos na área por meio da EUPS, as mesmas foram explicadas de acordo com cada fator que compõe a equação.

5.4.1. Erosividade das chuvas

Para o cálculo da erosividade, primeiramente, buscou-se estações com dados históricos disponíveis publicamente para acesso. A partir disso foram selecionadas as estações mais próximas a área de estudo, por apresentarem similaridade climática, e com série temporal representativa, priorizando aquelas mais longas e com menor ausência de dados (falhas).

Para isso foram utilizados os dados pluviométricos disponíveis pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). As estações disponíveis na região da área de estudo estão representadas na Figura 19, com delimitação de raio de 20 km para facilitar a seleção das estações.

Figura 19 - Estações pluviométricas do DAEE no entorno da área de estudo (raio de 20 km).



Fonte: Google Earth; DAEE; elaboração da autora, 2020.

Ao analisar as estações mais próximas foi selecionada a estação de D7-074 (Avenças), conforme Quadro 2, por apresentar as características necessárias para caracterização pluviométrica da área de estudo e a série mais longa, completa e com dados atualizados (de 1976 a 2019).

Quadro 2 - Informações da estação pluviométrica do DAEE utilizada para caracterização da área de estudo.

Município	Prefixo	Nome	Altitude	Latitude	Longitude
MARILIA	D7-074	AVENCAS	487,000	22°16'16"	50°06'26"

Fonte: DAEE, 2020.

A série histórica da estação apresentava falhas em alguns meses, conforme mostrado na Tabela 3. A partir da inserção desses dados em planilha do software Excel, primeiramente, foram excluídos dos cálculos os dados do ano de 2019, pois os mesmos estavam incompletos e não disponíveis nas estações próximas para possibilitar estimativa. Em seguida, foi feito o cálculo da média dos meses e a soma da pluviosidade total em cada ano, com destaque para os anos que apresentaram falhas.

Tabela 3 - Falhas nos dados da estação pluviométrica D7-074

	Chuva mensal (mm)												Total anual
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
1976	---	---	---	44	92	72	68	79	153	88	136	197	
1977	435	70	124	131	8	36	35	17	54	43	102	370	1425
1978	257	82	130	7	153	14	136	1	64	94	162	161	1262
1979	77	84	---	61	---	2	54	69	158	73	114	319	
1980	---	212	120	---	66	63	19	16	122	67	195	---	
1981	218	72	---	102	2	88	4	3	9	228	145	253	
1982	199	187	293	49	---	122	68	14	11	302	204	356	
1983	---	214	182	106	284	158	15	1	297	97	208	244	
1984	212	120	84	104	66	5	29	77	94	51	79	288	1207
1985	224	154	192	122	42	17	19	4	18	64	124	177	1156
1986	178	277	109	38	123	2	25	181	57	50	58	299	1396
1987	195	163	41	102	166	82	21	17	54	91	146	229	1306
1988	171	182	138	207	103	20	0	0	36	251	78	96	1282
1989	413	234	55	29	42	99	0	28	114	54	165	337	1570
1990	358	76	---	---	---	16	64	105	125	93	131	169	
1991	281	286	164	221	21	45	38	1	42	123	51	---	
1992	46	217	286	---	199	0	6	---	---	106	---	---	
1993	---	---	248	190	67	32	4	66	---	80	---	---	
1994	161	55	309	116	25	58	9	0	0	101	197	112	1144
1995	255	201	53	133	38	17	16	0	7	163	35	---	
1996	---	114	---	21	---	11	5	---	---	92	184	221	
1997	585	---	31	51	43	267	19	9	99	117	---	---	
1998	136	---	340	72	---	24	4	---	141	---	77	---	
1999	306	280	127	78	76	43	9	0	40	36	---	112	
2000	247	288	123	0	14	28	51	65	143	---	---	---	
2001	---	---	276	53	117	64	32	27	41	111	160	429	
2002	127	140	104	0	139	2	41	56	64	56	284	168	1181
2003	394	188	137	122	36	39	10	24	37	110	90	145	1330
2004	242	138	100	118	176	57	65	0	0	195	147	204	1442
2005	364	50	193	33	49	57	13	3	102	179	118	137	1296
2006	77	234	47	74	20	0	21	19	101	195	55	246	1089
2007	413	66	131	73	55	0	199	0	1	67	146	241	1390
2008	263	184	145	47	32	39	0	56	32	103	62	98	1061
2009	359	141	72	34	63	65	129	96	148	148	267	218	1739
2010	182	76	139	21	13	0	55	0	104	250	---	---	
2011	377	250	138	149	0	50	21	40	1	150	148	85	1408
2012	331	54	45	143	142	206	20	0	103	81	100	203	1427
2013	124	150	230	150	147	132	47	0	64	170	202	69	1485
2014	184	166	105	60	102	6	28	10	108	28	173	385	1355
2015	112	168	138	70	202	7	156	2	137	119	275	255	1640
2016	234	233	62	95	113	87	9	78	53	113	66	247	1389
2017	284	106	63	96	224	24	0	146	6	241	136	172	1497
2018	284	64	100	62	26	1	1	135	95	191	99	60	1119
2019	149	177	272	67	32	---	20	---	---	---	---	---	
Média:	249	158	141	84	85	50	36	36	76	121	138	215	1344

Legenda
 Falha no dado mensal
 Informação precipitação anual incompleta

Fonte: DAEE; elaboração da autora, 2020.

Para correção das falhas identificadas foi utilizado o método de ponderação regional. Neste método são selecionadas pelo menos três estações com no mínimo 10 anos de dados e que se localizem em uma mesma região climática à da estação a ser corrigida. (MELLO; KOHLS; OLIVEIRA, 2017). A equação (6 utilizada foi:

$$y = \frac{1}{3} \left(\frac{x_1}{x_{m1}} + \frac{x_2}{x_{m2}} + \frac{x_3}{x_{m3}} \right) y_m \quad (6)$$

Onde y = precipitação do posto a ser estimada;

x_1, x_2, x_3 = precipitações correspondentes ao período que se deseja preencher, observadas em 3 estações vizinhas;

y_m = a precipitação média do posto a ser corrigido;

x_{m1}, x_{m2}, x_{m3} = precipitações médias das 3 estações circunvizinhas.

Neste caso também, além destes critérios inerentes ao método, levou-se em consideração a localização a área de estudo. Buscou-se utilizar estações que fossem mais próximas à área de estudo, de forma a tornar os cálculos de erosividade mais reais. Considerando isso, foram selecionadas as estações listadas no Quadro 3 para correção das falhas da estação de D7-074 (Avencas) considerada neste estudo.

Quadro 3 - Estações pluviométricas do DAEE utilizadas para correção de falhas da estação D7-074 (Avencas).

MUNICÍPIO	PREFIXO	NOME	ALTITUDE	LATITUDE	LONGITUDE	PERÍODO	CORREÇÕES
Ocaçu	D6-094	Ocaçu	540,000	22°26'00"	49°55'00"	1971 a 2019	04/1980; 04/1992; 11/1992; 12/1992; 10/1998; 2000 a 2001
Echaporã	D7-046	Echaporã	680,000	22°25'52"	50°11'55"	1946 a 2019	1976 a 2018
Marília	D6-025	Marília	640,000	22°12'45"	49°56'04"	1939 a 2019	1976 a 2018
Marília	D7-067	Amadeu Amaral	440,000	22°20'54"	50°02'51"	1972 a 2000	1976 a 2000
Marília	D7-048	Faz. Santa Emilia	461,000	22°20'26"	50°01'06"	2006 a 2019	11/2010; 12/2010

Fonte: DAEE; elaboração da autora, 2022.

Conforme mostra o Quadro 3, as estações D6-025 e D7-046 foram utilizadas de forma prioritária para correção dos dados em todo o período. A estação D7-067 foi utilizada na maioria das correções, até a sua data limite (2000) e substituída pela estação D7-048. A estação D6-094 foi utilizada quando não haviam os dados das outras estações disponíveis para o período de interesse.

A estimativa da erosividade das chuvas foi feita por meio da equação de regressão desenvolvida por Tommaselli et al. (1997), Equação (7), baseado no trabalho desenvolvido por Lombardi e Neto e Moldenhauer (1992). O índice é baseado na intensidade e energia cinética

das chuvas e das médias mensais e anuais de precipitação, tendo como base 19 anos de registro de precipitação pluvial da estação meteorológica de Presidente Prudente (SP). Esse é o local mais próximo com estudos de calibração da equação, sendo essa a principal característica que levou ao seu uso.

$$EI_{30} = 111,6 * \left(\frac{p^2}{P}\right)^{0,714} \quad (7)$$

Onde: EI_{30} = média mensal do índice de erosão ($MJ \text{ mm h}^{-1} \text{ ha}^{-1}$);

p = precipitação média mensal (mm);

P = precipitação média anual (mm).

Os valores de erosividade da chuva (R) são obtidos por meio da soma dos valores mensais do índice de erosividade (EI_{30}).

O Quadro 4 apresenta um o resumo da forma com que o fator e os dados foram obtidos e/ou calculados.

Quadro 4 - Resumo cálculo da erosividade das chuvas

METODOLOGIA	FONTE DE DADOS	RECORTE ESPACIAL	FINALIDADE
Método de ponderação regional	Dados pluviométricos históricos pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE)	Ambos os recortes	Dados de precipitação históricos corrigidos
Tommaselli et al. (1997)	Dados de precipitação históricos corrigidos	Ambos os recortes	Erosividades mensais e anual (total)

Fonte: Elaboração da autora, 2022.

5.4.2. Erodibilidade dos solos

A erodibilidade dos solos está relacionada a resistência que um solo apresenta a desagregação de partículas por efeito da chuva, indicando o grau de suscetibilidade a erosão em relação às propriedades inerentes ao solo (ARRAES; BUENO; PISSARRA, 2010).

Para a estimativa, foram coletadas amostras de solo no início do monitoramento da parcela. Foram realizadas as análises granulométricas (físicas) e o teor de matéria orgânica (MO) obtido por meio das análises químicas para fins de fertilidade, conforme descrito no item 5.1. Um dos motivos para escolha dessa equação se deu considerando os dados necessários para sua aplicação, que eram mais usuais.

O cálculo da erodibilidade, fator K da EUPS, foi realizado conforme equação (8) desenvolvida por Denardin (1990). Essa metodologia possibilita estimar os valores de erosividade a partir de condições naturais do solo, considerada a metodologia menos imprecisa para estimativa da erodibilidade em solos brasileiros (CORRECHEL, 2004).

$$K = 0,00000748 \cdot M + 0,00448059 \cdot P - 0,06311750 \cdot DMP + 0,01039567 \cdot REL \quad (8)$$

Onde: K = erodibilidade do solo (em t.h/MJ.mm);

M = [(“novo” silte + “nova” areia) · novo” silte] (em %), com dados em %; onde “novo” silte= silte + areia muito fina e “nova” areia= areia muito grossa + areia grossa + areia média + areia fina;

P = valor da permeabilidade do solo, conforme a classificação proposta por Carsel e Parrish (1988), conforme a Quadro 5;

DMP = diâmetro médio ponderado das partículas de solo (mm), foi calculado pela equação (9)

REL = “nova” areia · teor de matéria orgânica/100 (em %), com dados em %.

$$DMP = \sum (C_i \cdot P_i) \quad (9)$$

Onde: C_i= Centro da classe textural i, expresso em mm;

P_i= Proporção de ocorrência da classe textural i, expressa em decimal

Quadro 5 - Índices de permeabilidade (P), conforme classificação textural de solo proposta por Carsel e Parrish (1988)

CLASSES TEXTURAIS	P
Arenosa, Areia Franca, Franco Arenosa	2
Franco Argilo Arenosa, Franca, Franco Siltosa	3
Argilosa, Muito Argilosa, Franco Argilo Siltosa, Franco Argilosa, Argilo Arenosa, Siltosa	4
Argilo Siltosa	5

Essa metodologia foi escolhida para este estudo por apresentar calibração para condições brasileiras, ser um dos mais aplicados em trabalhos científicos no país e ser um dos menos impreciso para as estimativas de erodibilidade em solos brasileiros (CORRÊA, 2016).

O Quadro 6 apresenta um o resumo da forma com que o fator e os dados foram obtidos e/ou calculados.

Quadro 6 - Resumo cálculo da erodibilidade do solo

METODOLOGIA	FONTE DE DADOS	RECORTE ESPACIAL	FINALIDADE
Equações dos índices intermediários para equação de Denardin (1990)	Análise física e química do solo (amostra Fora – 8696)	Ambos os recortes	Valores intermediários para equação de Denardin (1990)
Denardin (1990)	Parâmetros intermediários para equação de Denardin (1990)	Ambos os recortes	Erodibilidade do solo

Fonte: Elaboração da autora, 2022.

5.4.3. Fator topográfico

O fator topográfico é considerado um dos que mais influenciam nas taxas de erosão. Maiores declividades e comprimentos de rampa são relacionados a maiores taxas de erosão. Esse fator costuma ser reduzido por meio da utilização de técnicas de conservação de solo, que rompem a continuidade do escoamento superficial, como os terraceamentos.

O cálculo do fator topográfico abrangeu os índices L (comprimento do declive) e S (grau de declive) da EUPS. A metodologia empregada, foi a equação de Bertoni (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999), escolhida por ser bastante utilizada para estimativa da perda de solo pela EUPS no Brasil:

$$LS = 0,00984 C^{0,63} * D^{1,18} \quad (10)$$

Onde: LS = multiplicação dos fatores L e S (adimensional);

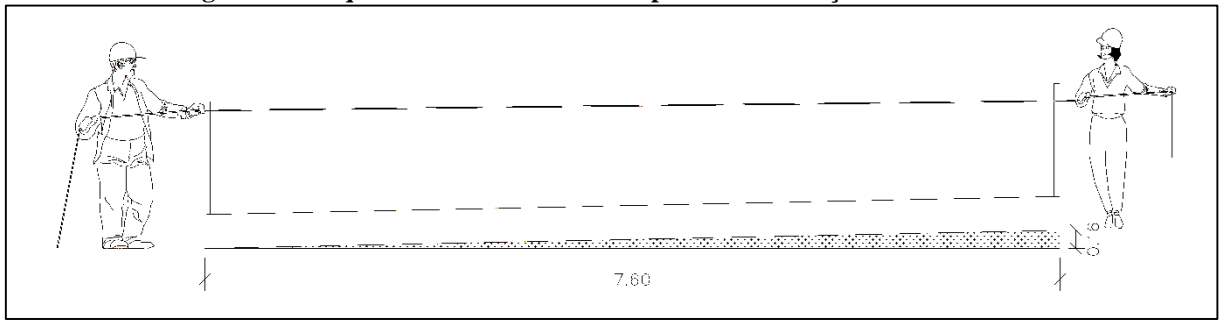
C = comprimento de rampa (metros);

D = grau de declive (porcentagem).

Para a estimativa desse fator foram considerados duas situações: o escoamento dentro da parcela de monitoramento e outra considerando a característica da propriedade como um todo.

O fator topográfico considerando a parcela de monitoramento foi calculada por meio desnível topográfico *in loco*. Para isso foi medido a distância horizontal do início ao final da parcela de monitoramento assim como seu desnível topográfico, com auxílio de trenas, conforme esboço na Figura 20.

Figura 20 - Esquema das medidas *in loco* para determinação da declividade



Fonte: autora, 2021

O cálculo da declividade *in loco* foi realizado conforme a equação (11, considerando as medidas realizadas no local.

$$D_{\%} = \frac{\Delta h * 100}{C} \quad (11)$$

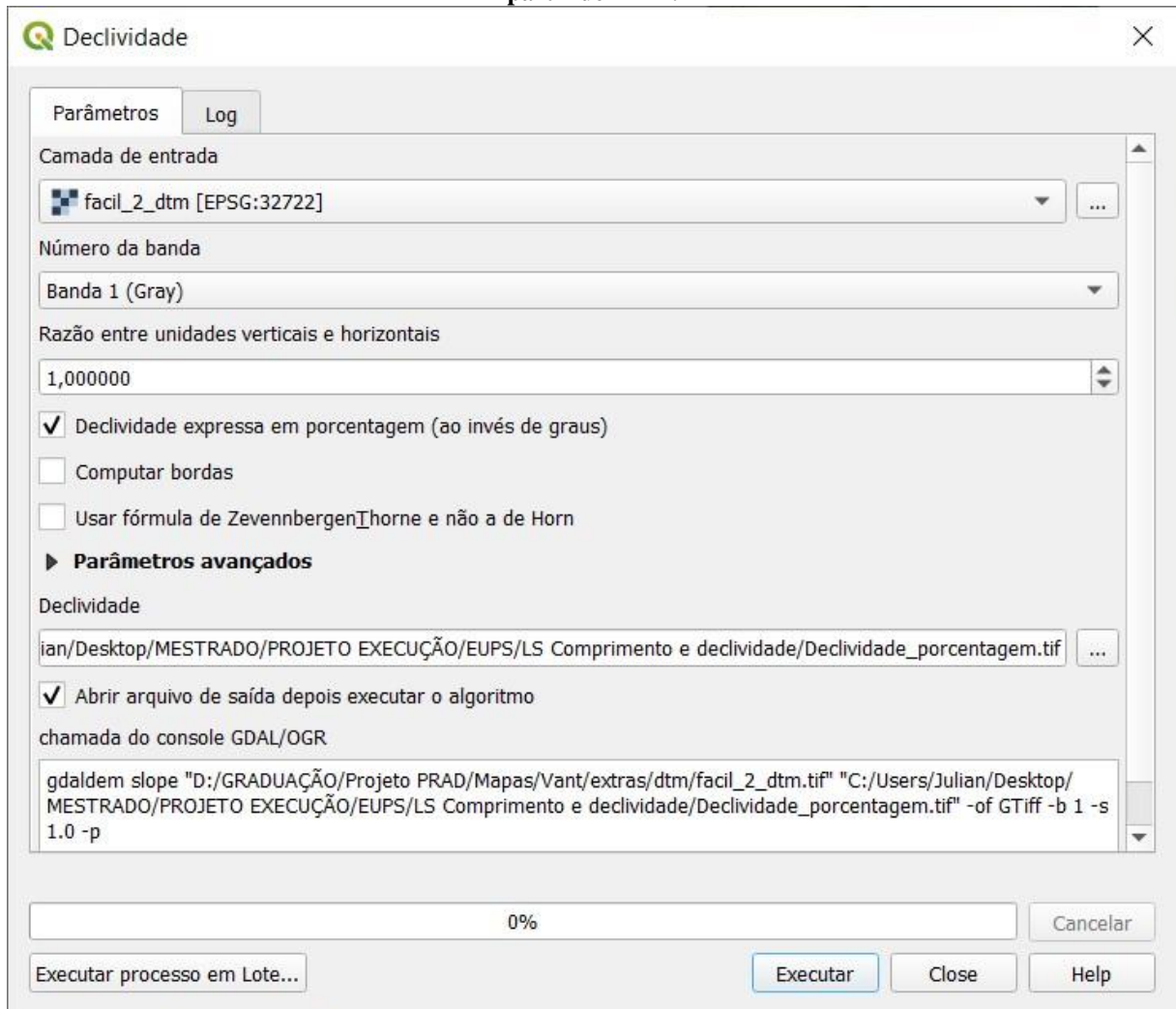
Onde: $D_{\%}$ = declividade do trecho (percentagem);

Δh = diferença de nível entre o início e final do trecho (metros).

C = distância horizontal do trecho (metros);

Para a propriedade como um todo, primeiramente foi calculada a declividade da vertente a partir dos dados do levantamento com um drone, realizado no ano de 2016 (NAKATA; JULIAN, 2018), e calculada no software de geoprocessamento QGIS 3.4. Para isso, o Modelo Digital de Terreno (MDT) estimado a partir do levantamento foi carregado no software e utilizada a ferramenta “Declividade”, encontrada no menu da Barra de Ferramentas em Raster > Análise > Declividade, seguindo os parâmetros definidos conforme a Figura 21. Ressalta-se que a declividade foi calculada em “porcentagem (ao invés de graus)” por ser a unidade utilizada na equação (10 (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

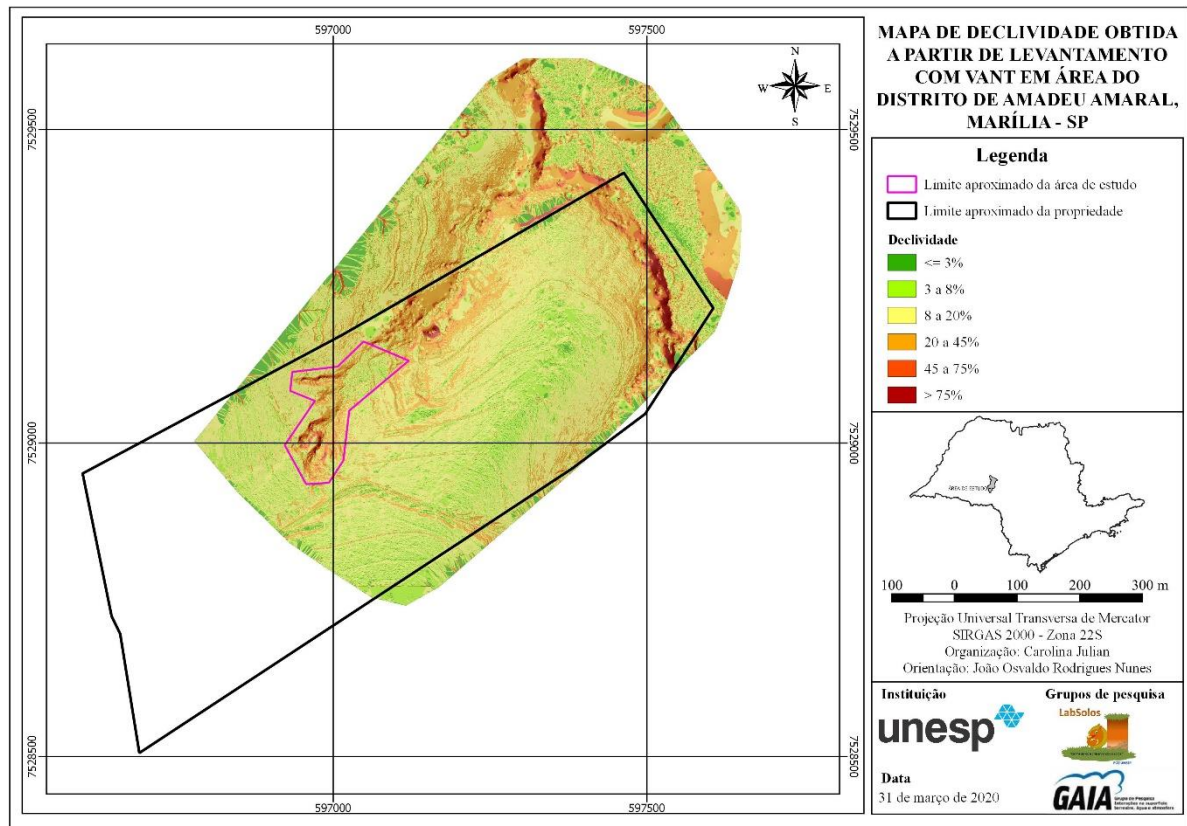
Figura 21 - Ferramenta "Declividade" do software QGIS utilizada para cálculo de declividade da área a partir de MDT.



Fonte: autora, 2020.

Para efeitos de estimativa dos cálculos considerando toda a propriedade, foi considerada o valor médio da imagem inserida dentro do limite da propriedade. Conforme a Figura 22, nota-se que o levantamento não compreendia toda a propriedade, pois o foco era a área de estudo, porém considera-se que para fins de estimativa o valor obtido por meio desse levantamento terá maior representatividade para a propriedade, do que, por exemplo, a utilização de amostragens da declividade *in loco* ou utilização de imagens de satélite, que possuem menor resolução especial.

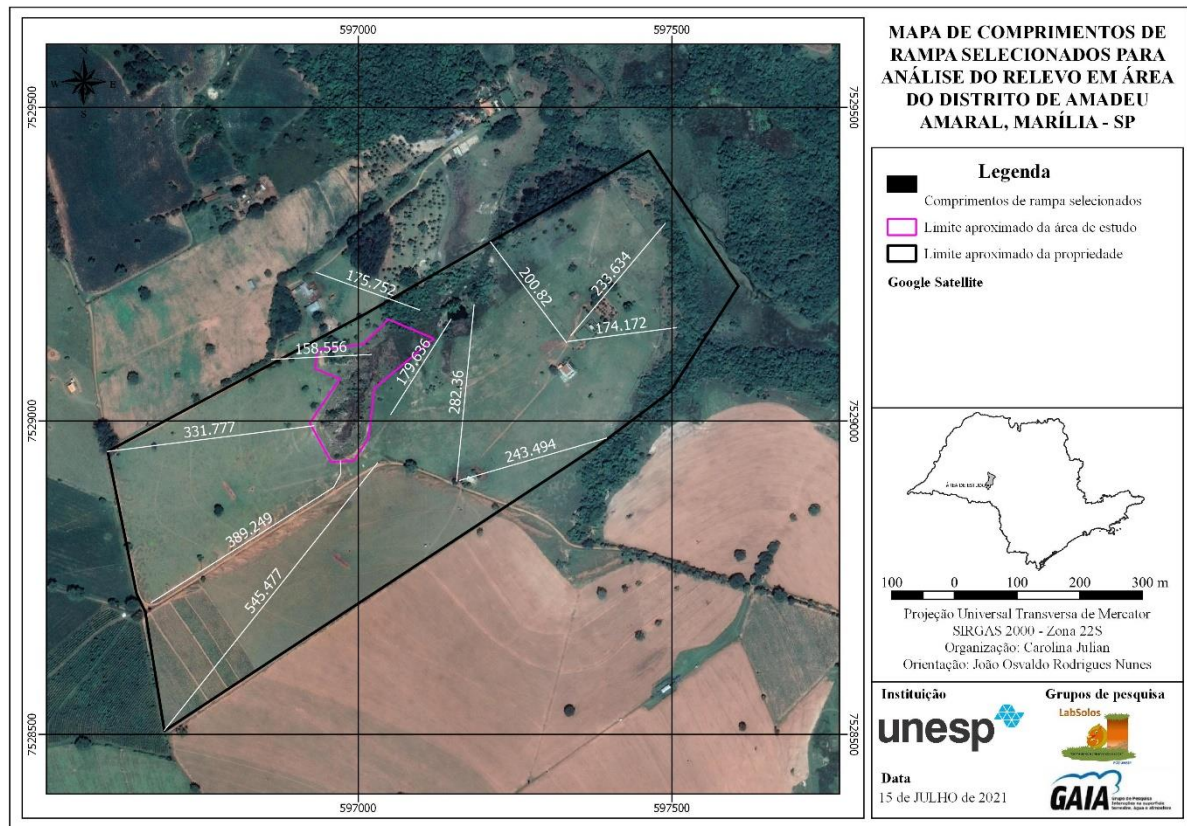
Figura 22 - Mapa de declividade obtido, com destaque para a delimitação da propriedade e da área de estudo.



Fonte: autora, 2020.

Para definição do valor do comprimento de rampa a ser utilizado na equação, buscou-se a definição dos maiores valores existentes na propriedade. Para isso, foram analisados os possíveis fluxos de água na propriedade e proveniente das vizinhas, por meio de curvas de nível e software Google Earth. Para isso, foram traçados diversos segmentos de reta considerando os fluxos de escoamento superficial e impedimentos (estradas, bacias de contenção etc.) e que os terraceamentos se encontram desgastados, conforme Figura 23, e definido a média dos comprimentos como sendo representativos para a propriedade na equação.

Figura 23 - Mapa com segmentos de reta para análise do comprimento de rampa, com destaque para a delimitação da propriedade e da área de estudo



Fonte: autora, 2020.

Por meio da Figura 23 é possível perceber a variação do comprimento de rampa na propriedade, apresentando uma tendência a montante diferente de jusante da erosão e da estrada de acesso. Em razão disso foi escolhido um valor médio para representar a propriedade, de forma a considerar as diversas rampas de escoamento existentes.

O Quadro 7 apresenta um o resumo da forma com que o fator e os dados foram obtidos e/ou calculados.

Quadro 7 - Resumo cálculo do fator topográfico

METODOLOGIA	FONTE DE DADOS	RECORTE ESPACIAL	FINALIDADE
Medidas <i>in situ</i> e equação de declividade	Trabalho de campo	Parcela de monitoramento	Comprimento de rampa e declividade
Medidas por sensoriamento remoto	Google Earth	Propriedade	Comprimento de rampa médio máximo
Cálculo de declividade por meio de software de geoprocessamento (Qgis)	Aerolevantamento com um drone (VANT)	Propriedade	Declividade média
Equação de Bertoni (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999)	Conforme células acima	Ambos os recortes	Fator topográfico

Fonte: Elaboração da autora, 2022.

5.4.4. *Uso e cobertura da terra*

O uso e cobertura da terra é um dos fatores de maior importância no processo de perda de solo. A cobertura vegetal age como uma camada protetora entre a atmosfera e o solo. Considerando isso, além de sua existência seu nível de cobertura e vitalidade se tornam indicativos para permitir a sua estimativa (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

O cálculo desse fator foi realizado utilizando a metodologia proposta por Corrêa (2016) em sua tese de doutorado. A mesma utilizou dados de estações experimentais para correlacionar com dados obtidos por sensoriamento de forma a proporcionar a criação de uma metodologia de determinação do Fator C a partir de dados de sensoriamento remoto.

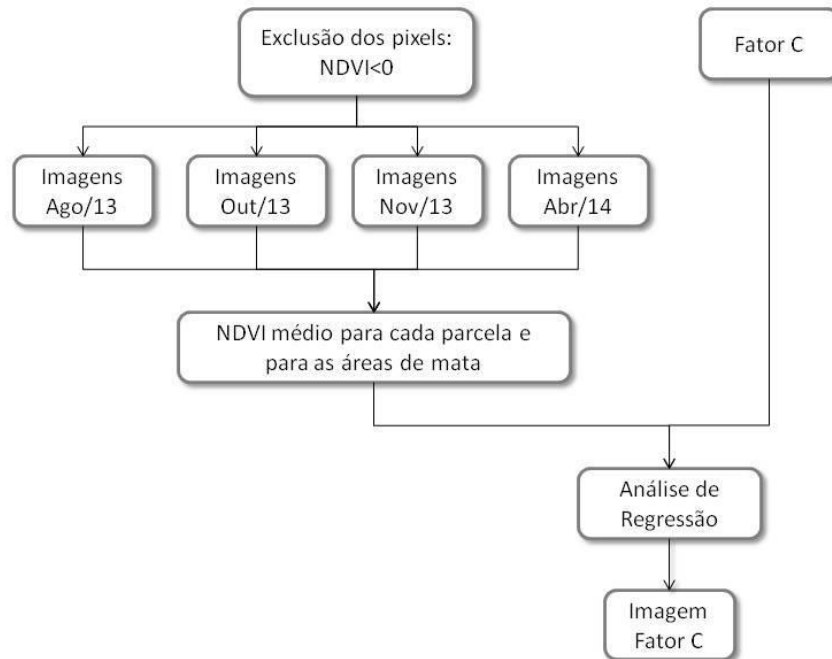
Para isso, a autora (CORRÊA, 2016) instalou 11 estações experimentais em áreas de pastagens e cana-de-açúcar, sendo que algumas das parcelas foram mantidas com solo exposto para controle. Em cada evento erosivo, os materiais retidos nas calhas coletoras foram retirados e adicionados junto aos armazenados nos tanques coletores para posterior quantificação.

Com os dados de sensoriamento remoto, Corrêa (2016) utilizou fotografias para auxiliar na classificação das imagens de satélite e obtenção de mapa de uso e cobertura da terra. Foram realizadas leituras espectrais *in situ* de alvos alocados nas parcelas de monitoramento para a caracterização espectral da cobertura vegetal.

Foram utilizadas imagens do satélite GeoEye, com correção radiométrica, para o cálculo dos índices de vegetação pela diferença normalizada (NDVI) e os índices de vegetação ajustados para o solo (SAVI). Os dados coletados *in situ* e de satélite foram correlacionados estatisticamente para melhor análise da metodologia proposta. Visando avaliar a interferência dos solos na resposta espectral da vegetação, a autora obteve as assinaturas espectrais dos solos em laboratório. A influência dos solos nas respostas espectrais da vegetação também foi avaliada pela análise derivativa (CORRÊA, 2016).

A correlação do fator C obtido em cada parcela de monitoramento e os índices de vegetação foi realizado estatisticamente pela autora (CORRÊA, 2016). Devido à menor correlação entre os fatores C e os valores obtidos pelo SAVI, ela utilizou os valores provenientes do NDVI. A metodologia empregada para isso pode ser visualizada na Figura 24.

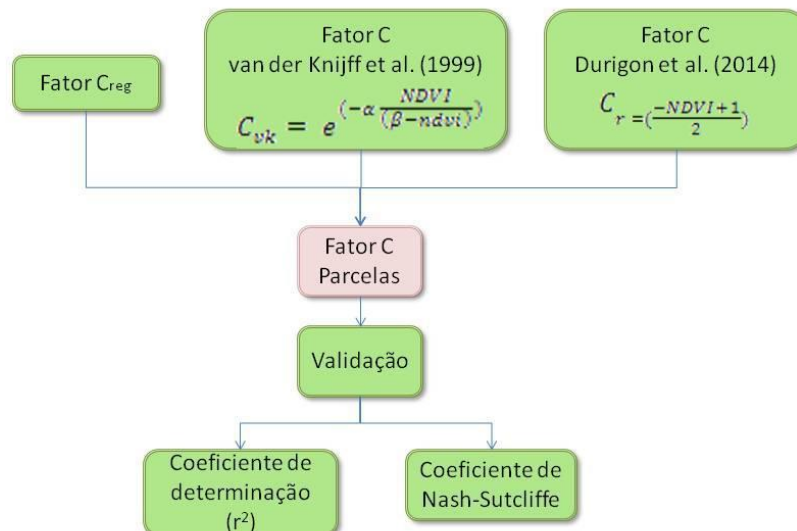
Figura 24 - Metodologia para obtenção do fator C a partir das imagens NDVI



Fonte: CORRÊA, 2016, p. 93.

O método proposto no trabalho de Corrêa (2016) foi comparado a outros procedimentos apresentados, conforme mostrado na Figura 25. Ao final, para a validação dos resultados de perda de solo, a autora analisou os valores de perda de solo por meio do fator C estimado e outras metodologias com os valores reais de perda de solo (parcelas de monitoramento), por meio dos coeficientes de estatísticos

Figura 25 - Metodologia para a validação do Fator C.



Fonte: CORRÊA, 2016, p. 94.

Em comparação com os demais métodos presentes na bibliografia de determinação do Fator C a partir do NDVI, a aquisição do fator C conforme proposto na tese de Corrêa (2016) obteve maior aceitação estatística, conforme ressaltado pela autora, apresentando os valores estimados mais próximos da realidade observada em campo.

O cálculo do fator C proposto no trabalho de Corrêa (2016, p. 151) pode ser calculado utilizando a equação (12):

$$\text{Fator } C = 0,5259 \cdot NDVI^2 - 1,3811 \cdot NDVI + 0,8597 \quad (12)$$

Onde: Fator C = valor estimado para o fator de uso e cobertura do solo (adimensional);
NDVI = índices de vegetação pela diferença normalizada calculado a partir de imagem de satélite GeoEye.

O cálculo do NDVI utilizado para estimativa do fator C da EUPS é calculado por meio da equação (13):

$$NDVI = \frac{(\rho_{IVP} - \rho_V)}{(\rho_{IVP} + \rho_V)} \quad (13)$$

Onde: ρ_{IVP} = reflectância no infravermelho próximo;
 ρ_V = reflectância no vermelho.

As imagens de satélite GeoEye-1 apresentam alta resolução espacial, com 1,65 metros no modo multiespectral, que abrange as bandas utilizadas para o cálculo do NDVI. Porém as mesmas não são disponibilizadas de forma gratuita e suas condições comerciais envolvem área mínima, o que envolveria um custo muito alto para ser aplicado neste projeto.

Considerando isso, para estimativa do fator C neste trabalho foram utilizadas imagens do satélite Sentinel-2, operado pela Agência Espacial Europeia (ESA, na sigla em inglês). Esse satélite apresenta bandas com faixas espectrais próximas as do satélite GeoEye e resolução espacial de 10 m, ainda suficiente para o intuito do trabalho. Os dados de ambos os satélites foram apresentados no Quadro 8 para comparação.

Quadro 8 - Comparação de algumas características dos satélites Sentinel-2 e GeoEye-1.

Satélite	Sentinel-2	GeoEye-1
Número total de bandas	13	5
Resolução radiométrica	12 bits	11 bits
Resolução temporal	5 dias	3 dias
Resolução espacial (bandas multiespectrais)	10 m	1,65 m
Banda azul	0,46 – 0,52 μm	0,45 – 0,51 μm
Banda verde	0,54 – 0,58 μm	0,51 – 0,58 μm
Banda vermelho	0,65 – 0,68 μm	0,65 – 0,69 μm
Banda infravermelho próximo	0,78 – 0,90 μm	0,78 – 0,92 μm

Fonte: Sentinel-2_User_Handbook; <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/geoeeye>

Os cálculos do NDVI foram feitos utilizando imagens dos dias 16/08/2019, 14/11/2019, 13/03/2020 e 01/06/2020, imagens essas que apresentavam melhor visibilidade da área de estudo, em relação a cobertura com nuvens. O uso de diversas datas, com intervalo de cerca de 3 meses, foi feito de forma a analisar a variabilidade da vegetação na área ao longo do tempo e obter um valor médio para considerar no cálculo final da EUPS.

Para efeitos de cálculo da perda de solo na área, assim como o fator topográfico, foi considerado o resultado de toda a propriedade nos cálculos de NDVI e outro com somente a parcela de monitoramento, no caso utilizada a área cercada por se tratar de uma amostra maior com características semelhantes. Isso foi realizado de forma a permitir uma melhor comparação dos resultados da perda de solo obtidos com a parcela de monitoramento e a possível variação para um cenário de maiores dimensões.

O Quadro 9 apresenta um o resumo da forma com que o fator e os dados foram obtidos e/ou calculados.

Quadro 9 - Resumo cálculo do uso e cobertura da terra

METODOLOGIA	FONTE DE DADOS	RECORTE ESPACIAL	FINALIDADE
Corrêa (2016)	Imagens do satélite Sentinel-2	Ambos os recortes (com cortes diferentes)	Fator de usos e cobertura da terra

Fonte: Elaboração da autora, 2022.

5.4.5. Fator práticas conservacionistas

Após o levantamento de pesquisas que trabalharam como o fator P para as principais práticas conservacionistas, foi constatado uma escassez de estudos que trabalhem de forma específica com isso.

Em razão disso, foi estabelecido como metodologia os valores apresentados por Bertoni e Lombardi Neto (1999), apresentados no Quadro 10, por ser bastante empregada em pesquisas do mesmo tipo.

Quadro 10 - Valores para o fator P de acordo com práticas conservacionistas adotadas.

Práticas conservacionistas	Valor de P
Plantio morro abaixo	1
Plantio em contorno/terraços	0,5
Alternância de campinas + plantio em contorno	0,4
Cordões de vegetação permanente	0,2

Fonte: Bertoni e Lombardi Neto, 1999, p. 266.

Além disso, estes dados são os mais considerados nos estudos que trabalham com o fator P no Estado de São Paulo, além de terem sido abordados em trabalhos experimentais.

O Quadro 11 apresenta um o resumo da forma com que o fator e os dados foram considerados.

Quadro 11 - Resumo cálculo de práticas conservacionistas.

METODOLOGIA	FONTE DE DADOS	RECORTE ESPACIAL	FINALIDADE
Bertoni e Lombardi Neto (1999)	Observações em campo	Ambos os recortes (com cortes diferentes)	Fator de práticas conservacionistas

Fonte: Elaboração da autora, 2022.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos itens a seguir são apresentados os dados e informações considerados e analisados para estimativa da perda de solo da área, elementos esses de importância para a compreensão da dinâmica dos processos erosivos na área.

6.1. Caracterização das chuvas no período experimental

O período de monitoramento em campo do projeto foi realizado entre os meses de agosto de 2019 ao dia 05 de setembro de 2020. Os dados de precipitação com valores horários durante esse período foram planilhados, de forma a obter valores diários e mensais, possibilitando a verificação de eventos de maior intensidade e uma análise mensal geral do período. A Tabela 4 apresenta os valores mensais de precipitação do período, destacando que o mês indicado como set/20 foi incluído de forma a indicar a não incidência de precipitação durante o período de monitoramento da parcela na parte do mês no qual a parcela ainda estava sob monitoramento.

Tabela 4 - Precipitação mensal do período de monitoramento do projeto

Mês	Precipitação (mm)
ago/19	7
set/19	67
out/19	36
nov/19	116
dez/19	201
jan/20	153
fev/20	259
mar/20	85
abr/20	42
mai/20	102
jun/20	89
jul/20	6
ago/20	196
set/20*	0
Total	1359

* período de 01 a 05/09/2020

Fonte: pluviógrafo digital P300 (UTM 22 – 597.345,3 m O e 7.529.082,4 m S), 2020

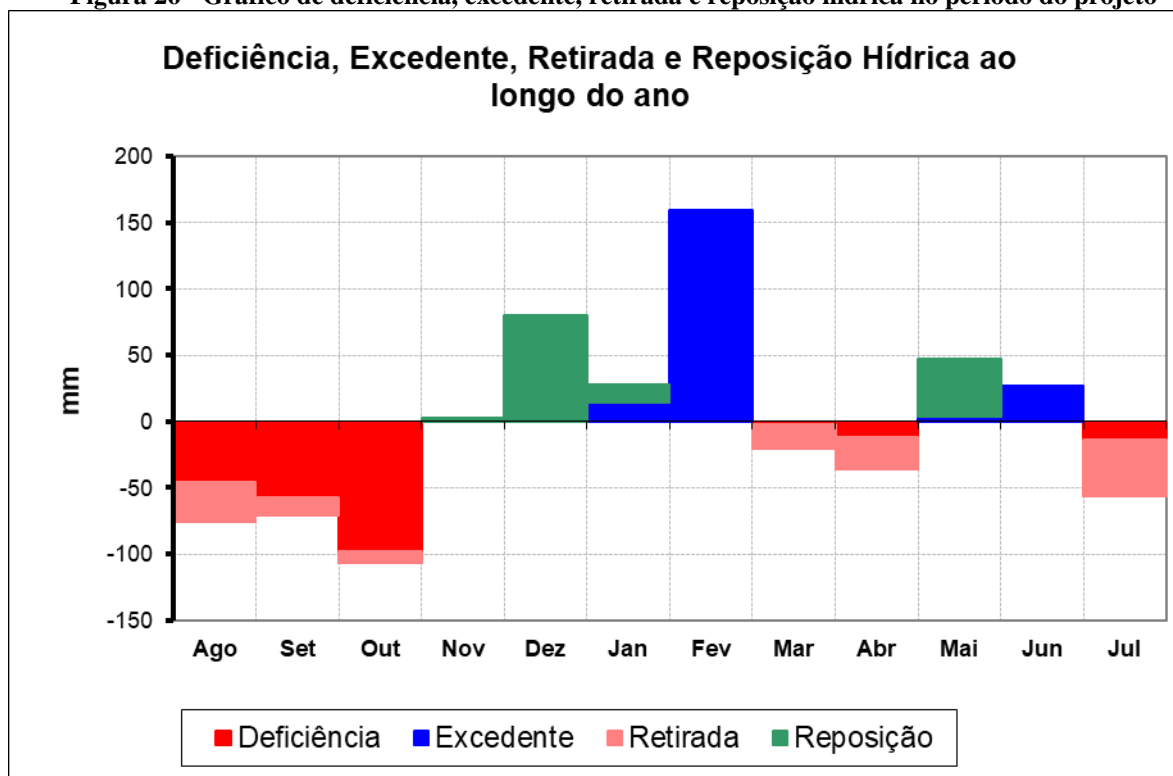
De forma a auxiliar na interpretação dos resultados obtidos com o acompanhamento das parcelas de monitoramento e pinos de erosão foi calculado o balanço hídrico da área, considerando o período de 12 meses desde o início do monitoramento.

Considerando que o início do monitoramento em campo se deu no mês de agosto de 2019, período de estiagem na região, o balanço hídrico da área inicia com deficiência hídrica,

conforme mostra a Figura 26. O balanço hídrico mostra tendência de aumento da escassez até o mês de outubro, passando a apresentar excedente a partir do mês de novembro, com início do período de maior precipitação na região. O excedente hídrico aumentou até o mês de fevereiro de 2020, voltando a apresentar uma pequena deficiência a partir de março. Nos meses de maio e junho houve aumento do excedente de precipitação, fato não usual para a época, porém novamente com redução no mês de julho.

Destes períodos de aumentos e reduções de precipitação, parte da água pode ser retirada do solo ou ser utilizada para reposição da quantidade perdida ao longo do tempo no solo. A Figura 26, seguindo a tendência do balanço hídrico mensal, mostra que no início do monitoramento houve uma grande deficiência e retirada de água do solo nos primeiros meses de execução do projeto, de agosto a outubro de 2019, seguida de reposição ao longo dos meses de novembro de 2019 a janeiro de 2020, mês que apresentou parte do valor como excedente de precipitação. Além disso, a Figura 26 mostra que toda a precipitação ocorrida no mês de fevereiro de 2020 foi calculada como excedente na área, seguida do início do período de estiagem, retirada no mês de março e início de deficiência em abril. No mês de maio de 2020 houve uma reposição hídrica no solo, estendida como excedente até o mês de junho, seguido do início de período de deficiência no mês de julho.

Figura 26 - Gráfico de deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica no período do projeto



Fonte: Rolim e Sentelhas, 1999 (adaptado); dados de campo (pluviógrafo), 2020.

Os dados diários de precipitação de todo o período foram apresentados no Anexo 1. Os maiores valores de chuvas diárias foram expostos na Tabela 5, com destaque para eventos de grande precipitação com longa duração, de pelo menos três dias.

Analisando a Tabela 5 foi possível perceber que a maioria dos eventos de grande precipitação ocorreram durante os eventos de grande duração, inclusive com a ocorrência de mais de um dia de altas precipitações. A ocorrência desses episódios de forma conjunta indica que esses períodos foram de alta erosividade, com solos encharcados e chuvas com grande intensidade.

Tabela 5 - Eventos extremos de precipitação ocorridos durante a duração do projeto

Maiores eventos		Longos eventos com grande intensidade	
Data	Precipitação (mm)	Período	Precipitação (mm)
21/10/2019	21	09/12/2019 a 11/12/2019	57
27/11/2019	43	15/12/2019 a 23/12/2019	114
05/12/2019	22	07/01/2020 a 14/01/2020	87
11/12/2019	36	29/01/2020 a 03/02/2020	76
17/12/2019	23	07/02/2020 a 11/02/2020	98
19/12/2019	33	19/02/2020 a 25/02/2020	91
21/12/2019	26	22/05/2020 a 23/05/2020	91
05/01/2020	37	25/06/2020 a 27/06/2020	63
08/01/2020	29	16/08/2020 a 21/08/2020	196
01/02/2020	36		
09/02/2020	40		
10/02/2020	56		
21/02/2020	33		
24/02/2020	35		
29/03/2020	32		
07/04/2020	35		
22/05/2020	73		
26/06/2020	22		
27/06/2020	38		
17/08/2020	125		
18/08/2020	49		

Fonte: pluviógrafo digital P300 (UTM 22 – 597.345,3 m O e 7.529.082,4 m S), 2020

Além disso, de forma geral, os maiores eventos de chuva durante o período do projeto ocorreram durante o período usual de maior precipitação da região. Apesar disso, durante o período do projeto ocorreram eventos significativos em meses que geralmente são de estiagem, inclusive com duração de diversos dias, como os ocorridos em maio, junho e agosto de 2020.

6.2. Caracterização do solo da área

Nesta caracterização do solo foram consideradas as informações anteriormente existentes do local e os dados obtidos durante a execução do projeto.

O solo da área de estudo foi identificado como um Neossolo Quartzarênico, com textura arenosa com mais de 800 g.kg^{-1} da fração areia, muitos poros, estrutura grumosa (A) e com blocos semi-angulares (C1, C2 e C3), sem plasticidade ou cerosidade, consistência solta ao longo de todo o perfil e apresentando densidade média de $1,77 \text{ g.cm}^{-3}$ ($1,77 \text{ t/m}^3$), conforme Figura 27 (NAKATA; JULIAN, 2018).

Figura 27 - Descrição geral do perfil de solo

Neossolo Quartzarênico					
Data	25 de junho de 2016				
Identificação	Neossolo Quartzarênico				
Localização	Distrito de Amadeu Amaral, Marília/SP				
Situação e declive	Vertente de longo comprimento de rampa de 10 a 15%				
Coordenadas	22°20' 33" S e 50°03' 31" W				
Cobertura vegetal primária e atual	Floresta Estacional e gramíneas				
Altitude	461 m				
Litologia e Formação	Arenito da Formação Marília (Grupo Bauru)				
Cronologia	Cenozóico Superior				
Relevo Local	Colinoso suavemente ondulado				
Erosão	Voçoroca				
Drenagem	Bem drenado				
Uso Atual	Pastagem (montante) e APP (jusante)				
Descrito e coletado por	Aline Akemi Mourão Nakata, Carolina Julian e João Osvaldo Rodrigues Nunes				
Horizontes	A	C1	C2	C3	
Profundidade (cm)	0 – 35	35 – 110	110 – 127	127- 150+	
Características morfológicas	Marron (10YR 3/3), transição abrupta, não plástica, blocos granulares e em grumos, muito poroso, consistência em solo seco solta e em solo úmido friável	Cinza (10YR 6/3), transição gradual, não plástica, blocos semi-angulares, muito poroso, consistência em solo seco solta e em solo úmido friável	Cinza (10YR 5/3), transição gradual, não plástica, blocos semi-angulares, muito poroso, consistência em solo seco solta e em solo úmido friável	Cinza (10YR 4/3), transição gradual, não plástica, blocos semi-angulares, muito poroso, consistência em solo seco solta e em solo úmido friável	
Análise textural	Areia	906,2	942,7	889,9	
	Silte	87,2	57,3	97,5	
	Argila	6,6	0	12,6	
	Classe textural	Areia	Areia	Areia	Areia franca
Densidade	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	1,81	1,61	1,75	1,90



Fonte: NAKATA; JULIAN, 2018, p. 48.

No ensaio de permeabilidade realizado na área obteve-se um valor para a condutividade hidráulica saturada em campo de aproximadamente $1,21 \cdot 10^{-2} \text{ cm/s}$ sendo classificado como sendo um solo de alta permeabilidade (NAKATA; JULIAN, 2018).

De forma a atualizar as informações quanto as características físico-químicas da área foi utilizada uma amostra de solo retirada ao lado da parcela de monitoramento no início do

monitoramento da parcela experimental, em agosto/2019. Os resultados das análises foram apresentados no Quadro 12.

Nota-se que as análises texturais (Quadro 12) apresentam valores próximos aos obtidos por Nakata e Julian (2018), com diferenças entre os valores provavelmente associadas com as amostras coletadas, porém apresentam características gerais semelhantes, que indicam que trata-se de um solo bastante arenoso e com valores de fertilidade entre médio-baixo.

Os parâmetros químicos, em específico, foram analisados considerando o indicado por Santos, Primavesi e Bernardi (2010) para pastagens. O pH apresentou valor médio considerado bom na agronomia. Os valores da matéria orgânica (MO), fósforo (P Resina), cálcio (Ca Resina) e acidez potencial (H + Al) são considerados baixos. Os parâmetros magnésio (Mg Resina), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação da CTC por bases (V%) foram considerados como com valores médios, já o potássio (K Resina) foi considerado alto.

Quadro 12 - Análises físicas e químicas de amostra de solo da área retirada em agosto/2019.

NOME		Fora	
Nº LAB		8696	
Análise física	<i>AMF (g.kg⁻¹)</i>	40	
	<i>AF (g.kg⁻¹)</i>	348	
	<i>AM (g.kg⁻¹)</i>	430	
	<i>AG (g.kg⁻¹)</i>	65	
	<i>AMG (g.kg⁻¹)</i>	9	
	<i>AT (g.kg⁻¹)</i>	892	
	<i>Argila (água) (g.kg⁻¹)</i>	49	
	<i>Argila (c/ disp) (g.kg⁻¹)</i>	86	
	<i>Silte (g.kg⁻¹)</i>	21	
	<i>Floculação (%)</i>	43	
	<i>Classe textural</i>	areia	
Análise química	<i>pH CaCl₂</i>	5,2	Médio
	<i>MO Colorimétrica (g.dm⁻³)</i>	20	Baixo
	<i>P Resina (mg.dm⁻³)</i>	9	Baixo
	<i>K Resina (mmolc.dm⁻³)</i>	3,7	Alto
	<i>Ca Resina (mmolc.dm⁻³)</i>	11	Baixo
	<i>Mg Resina (mmolc.dm⁻³)</i>	7	Médio
	<i>H+Al SMP (mmolc.dm⁻³)</i>	15	Baixo
	<i>SB (mmolc.dm⁻³)</i>	21,7	Médio
	<i>CTC (mmolc.dm⁻³)</i>	36,7	Média
	<i>V (%)</i>	59	Médio

Fonte: Resultados laboratório ESALQ (elaboração da autora), 2020

Para verificação de possíveis variações das características do solo decorrentes do processo erosivo na área, foram realizadas análises físico-químicas de amostras do solo retiradas no início e no final do monitoramento. Os resultados dessas análises, apresentados no Quadro 13, não indicam alterações significativas, que poderiam ser percebidas com esse tipo de análise, da erosão sobre as características do solo. A variação nos valores provavelmente está em maior parte relacionada à amostragem do que por consequência da erosão no local.

Por meio das análises físico-químicas do material carregado pela erosão até a calha coletora em ambas as amostras coletadas, com resultados apresentados no Quadro 13, nota-se que ambas as amostras possuem características bastante semelhantes, não sendo possível notar com as análises realizadas variações significativas nos aspectos físicos e químicos associadas à erosão no local.

Quadro 13 - Análises físicas e químicas de amostras de solo no interior da parcela de monitoramento no início (ago/19) e final do monitoramento (set/20).

NOME		Dentro 1	Dentro 2
Nº LAB		8697	8700
Análise física	<i>AMF (g.kg⁻¹)</i>	52	55
	<i>AF (g.kg⁻¹)</i>	324	416
	<i>AM (g.kg⁻¹)</i>	456	404
	<i>AG (g.kg⁻¹)</i>	87	35
	<i>AMG (g.kg⁻¹)</i>	8	8
	<i>AT (g.kg⁻¹)</i>	927	918
	<i>Argila (água) (g.kg⁻¹)</i>	50	50
	<i>Argila (c/ disp) (g.kg⁻¹)</i>	63	62
	<i>Silte (g.kg⁻¹)</i>	11	19
	<i>Floculação (%)</i>	21	19
	<i>Classe textural</i>	areia	areia
Análise química	<i>pH CaCl₂</i>	4,8	4,9
	<i>MO Colorimétrica (g.dm⁻³)</i>	19	12
	<i>P Resina (mg.dm⁻³)</i>	< 6	< 6
	<i>K Resina (mmolc.dm⁻³)</i>	1,2	1,5
	<i>Ca Resina (mmolc.dm⁻³)</i>	6	5
	<i>Mg Resina (mmolc.dm⁻³)</i>	5	4
	<i>H+Al SMP (mmolc.dm⁻³)</i>	13	13
	<i>SB (mmolc.dm⁻³)</i>	12,2	10,5
	<i>CTC (mmolc.dm⁻³)</i>	25,2	23,5
	<i>V (%)</i>	48	45

Fonte: Resultados laboratório ESALQ (elaboração da autora), 2020

6.3. Parcela de monitoramento

O monitoramento da parcela, realizado com frequência mensal, consistiu em verificar as condições gerais lá encontradas, como vegetação e acúmulo de solo na calha, e medição dos níveis dos pinos de erosão, que eram convertidos para variação de acúmulo ou perda de solo.

Os valores medidos durante o período de monitoramento foram apresentados no Quadro 14 e as variações dos mesmos apresentados no Quadro 15, destacando em vermelho as perdas, em azul os ganhos/acúmulo de sedimentos e em amarelo estabilidade em relação à medição anterior.

As datas das medições consideradas para obter a quantidade de dias entre as mensurações e a precipitação ocorrida no período. Porém, notou-se que a variação de dias entre os períodos não teve grande influência nas medidas de movimentação do solo dentro da parcela. Já a precipitação apresenta maior relação com a variação das medições realizadas nos pinos.

Percebe-se que no início do monitoramento foram verificadas perdas e ganhos com altos valores nos pinos, mesmo sem grandes eventos de precipitação no período (Tabela 5). Isso foi associado a movimentação do solo e retirada da vegetação na área necessários para a instalação da estrutura da parcela, que mesmo com um pousio de cerca de três meses pode não ter sido suficiente para estabilização dos sedimentos no local.

Quadro 14 - Medições mensais registradas nos pinos de erosão na parcela de monitoramento

Data monitoramento		10/08/19	14/09/19	26/10/19	15/11/19	25/12/19	25/01/20	23/02/20	28/03/20	19/04/20	17/05/20	13/06/20	12/07/20	23/08/20	06/09/20	
Intervalo dias		---	35	42	20	40	31	29	34	22	28	27	29	42	14	
ID pino de erosão	1	0,350	0,330	0,324	0,323	0,325	0,325	0,324	0,322	0,322	0,322	0,322	0,320	0,320	0,322	
	2	0,300	0,290	0,290	0,290	0,290	0,29	0,29	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,290	0,294	
	3	0,300	0,290	0,299	0,296	0,298	0,297	0,296	0,298	0,298	0,298	0,298	0,299	0,300	0,300	0,299
	4	0,350	0,344	0,340	0,335	0,343	0,340	0,340	0,340	0,340	0,340	0,34	0,338	0,340	0,341	0,340
	5	0,300	0,300	0,293	0,292	0,297	0,297	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,298	0,298	0,298	0,299
	6	0,300	0,290	0,297	0,295	0,295	0,300	0,299	0,300	0,300	0,300	0,300	0,301	0,300	0,300	0,301
	7	0,365	0,380	0,379	0,380	0,376	0,379	0,380	0,380	0,379	0,380	0,380	0,378	0,379	0,380	0,375
	8	0,350	0,353	0,353	0,351	0,354	0,351	0,357	0,357	0,357	0,357	0,357	0,351	0,350	0,350	0,350
	9	0,350	0,337	0,341	0,353	0,345	0,342	0,342	0,341	0,341	0,341	0,343	0,341	0,342	0,342	0,342
	10	0,380	0,380	0,380	0,381	0,383	0,380	0,308	0,382	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,381
Legenda		Sem alteração														
		Acumulo de solo														
		Perda de solo														

Fonte: autora, 2021

Quadro 15 - Dados dos monitoramentos mensais dos pinos de erosão durante o período do projeto

ID Pino de erosão	Datas do monitoramento														Total perda
	10/08/19	14/09/19	26/10/19	15/11/19	25/12/19	25/01/20	23/02/20	28/03/20	19/04/20	17/05/20	13/06/20	12/07/20	23/08/20	06/09/20	
Período (dias)	-	35	42	20	40	31	29	34	22	28	27	29	42	14	393
1	-	-0,020	-0,006	-0,001	0,002	0	-0,001	-0,002	0	0	0	-0,002	0	0,002	-0,032 m
2	-	-0,010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,004	-0,010 m
3	-	-0,010	0,009	-0,003	0,002	-0,001	-0,001	0,002	0	0	0,001	0,001	0	-0,001	-0,016 m
4	-	-0,006	-0,004	-0,005	0,008	-0,003	0	0	0	0	-0,002	0,002	0,001	-0,001	-0,021 m
5	-	0	-0,007	-0,001	0,005	0	0,003	0	0	0	-0,002	0	0	0,001	-0,010 m
6	-	-0,010	0,007	-0,002	0	0,005	-0,001	0,001	0	0	0,001	-0,001	0	0,001	-0,014 m
7	-	0,015	-0,001	0,001	-0,004	0,003	0,001	-0,001	0,001	0	-0,002	0,001	0,001	-0,005	-0,013 m
8	-	0,003	0	-0,002	0,003	-0,003	0,006	0	0	0	-0,006	-0,001	0	0	-0,012 m
9	-	-0,013	0,004	0,012	-0,008	-0,003	0	-0,001	0	0,002	-0,002	0,001	0	0	-0,027 m
10	-	0	0	0,001	0,002	-0,003	0	0,002	-0,002	0	0	0	0	0,001	-0,005 m
Total de perda (m)	-	-0,069	-0,018	-0,014	-0,012	-0,013	-0,003	-0,004	-0,002	0	-0,014	-0,004	0	-0,007	-0,160
Total de ganho (m)	-	0,018	0,02	0,014	0,022	0,008	0,010	0,005	0,001	0,002	0,002	0,005	0,002	0,009	0,118
Pluviosidade (mm)	-	23,34	83,97	22,31	295,31	129,95	231,27	104,32	74,32	10,65	116,32	70,32	195,64	0	1357,72
Legenda		Sem alteração													
		Acumulo de solo													
		Perda de solo													

Fonte: autora, 2021

Além disso, notou-se que a variação das medidas de perda de solo com os pinos, apesar de apresentar maior associação, não ocorreu de maneira diretamente proporcional à variação da precipitação, mesmo considerando os períodos nos quais ocorreram eventos de maior intensidade. Neste sentido, destacam-se os dois últimos períodos de análise, com maior medida de perda de solo no período de menor precipitação, com resultado contrário no período seguinte.

Estimando a quantidade de material perdido por meio da volumetria com os pinos de erosão tem-se primeiramente que a altura estimada de solo perdido é de:

$$\begin{aligned} \text{Altura perdida de solo } (h) &= \frac{\text{Soma da perda dos pinos}}{n^{\circ} \text{ total de pinos}} & (1) \\ h &= \frac{0,160 \text{ m}}{10} \\ h &= 0,0160 \text{ m} \end{aligned}$$

Convertendo para unidade volumétrica:

$$\begin{aligned} \text{Volume } (V) &= \text{Área da parcela } (A) * \text{Altura perdida de solo } (h) & (2) \\ V &= (1,1 \text{ m} * 7,6 \text{ m}) * 0,0160 \text{ m} \\ V &= 8,36 \text{ m}^2 * 0,0160 \text{ m} \\ V &= 0,13376 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Portanto, considerando a densidade média do solo da área de $1,77 \text{ g.cm}^{-3}$ ($1,77 \text{ t/m}^3$) (NAKATA; JULIAN, 2018, p. 48), calculou-se o volume de solo perdido:

$$\begin{aligned} \text{Massa } (M) &= \text{Densidade do solo } (t/ \text{m}^3) \cdot \text{Volume } (V) & (3) \\ M &= 1,77 \text{ t/m}^3 * 0,13376 \text{ m}^3 \\ M &= 0,2367552 \text{ t} \end{aligned}$$

Considerando a área da parcela e o período de monitoramento, tem-se que a taxa de perda de solo por meio dos pinos de erosão foi estimada em:

$$\text{Taxa de perda de solo } (Y) = \frac{\text{Massa perdida de solo } (M)}{\text{Área da parcela } (A) * \text{Período de monitoramento } (P)} \quad (4)$$

$$Y = \frac{0,2367552 \text{ t}}{8,36 \text{ m}^2 * 393 \text{ dias}}$$

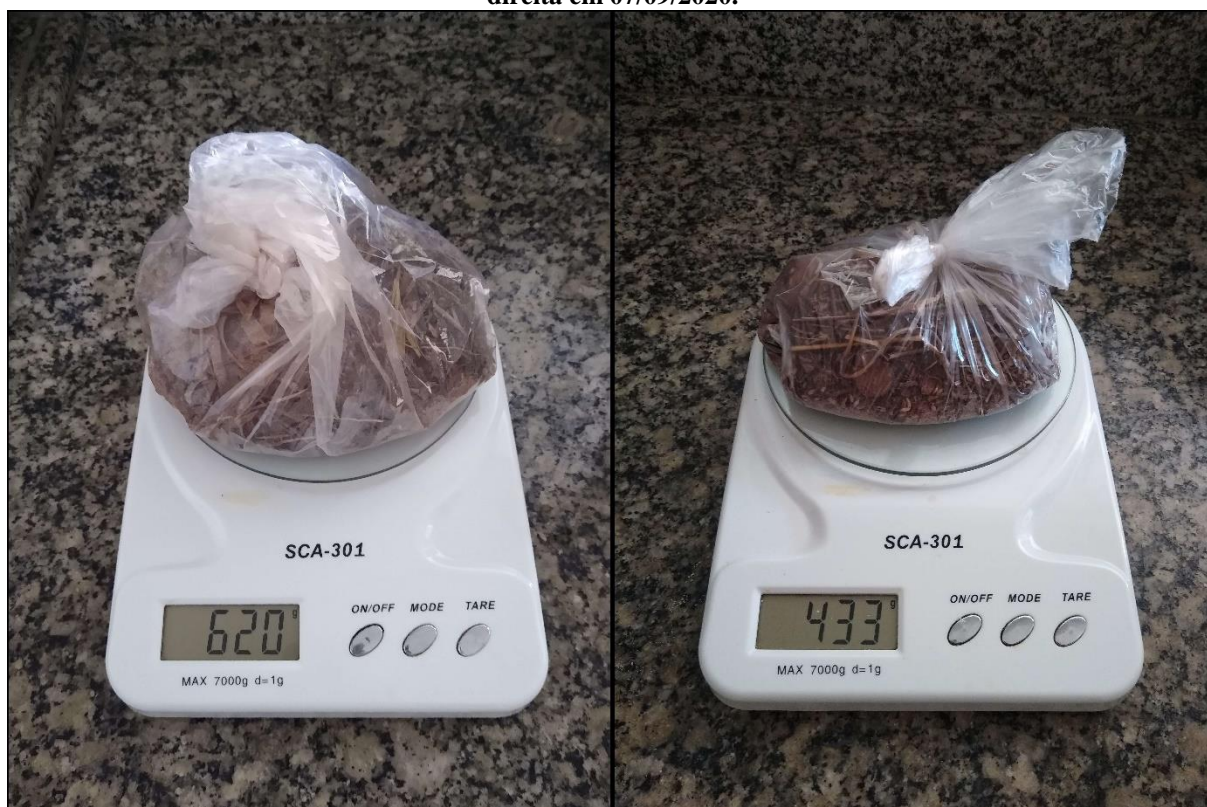
$$Y = \frac{0,2367552 \text{ t}}{0,000836 \text{ ha} * 1,07671 \text{ ano}}$$

$$Y = 207,131 \text{ t/ha} \cdot \text{ano} \sim 207 \text{ t/ha} \cdot \text{ano}$$

A medição volumétrica por meio dos pinos de erosão, prevista nesta metodologia, considera somente a soma das perdas e não os ganhos dos pinos, ou seja, desconsidera o acúmulo do solo. Os ganhos verificados nas medições mensais, neste caso, representaram cerca de 74% do valor de perda do solo, sendo bastante significativo caso fossem considerados somente os valores iniciais e finais medidos nos pinos para o cálculo.

Os sedimentos escoados dentro da parcela de monitoramento foram retidos pela calha coletora. Esses sedimentos acumulados foram retirados em dois momentos, em janeiro de 2020 e setembro de 2020, conforme a necessidade pelo enchimento da calha. A massa de cada um dos períodos é apresentada na Figura 28, com um total estimado de 1,053 kg.

Figura 28 - Massa de sedimentos retidos na calha coletora, quantidade a esquerda do dia 25/01/20 e a direita em 07/09/2020.



Fonte: autora, 2020

Utilizando essa medida para estimar a perda de solo na mesma unidade de medida da calculada pela volumetria, calcula-se:

$$\begin{aligned} \text{Taxa de perda de solo } (Y) &= \frac{\text{Massa perdida de solo } (M)}{\text{Área da parcela } (A) * \text{Período de monitoramento } (P)} \quad (4) \\ Y &= \frac{1,053 \text{ kg}}{8,36 \text{ m}^2 * 1,07671 \text{ dias}} \\ Y &= \frac{0,001053 \text{ t}}{0,000836 \text{ ha} * 1,07671 \text{ ano}} \\ Y &= 1,698 \text{ t/ha} \cdot \text{ano} \sim 2 \text{ t/ha} \cdot \text{ano} \end{aligned}$$

Assim, nota-se que a estimativa por meio dos pinos de erosão apresenta valor bastante acima em relação ao material retido na calha coletora. Isso indica que as metodologias possuem diferentes respostas pelos efeitos do ambiente, sendo refletidos nos valores da estimativa.

A quantificação pela calha coletora considera somente os sedimentos que se depositaram no interior da calha, o que indica uma maior necessidade de deslocamento dos sedimentos no interior da célula e uma maior influência do escoamento superficial para esse transporte. Já os pinos de erosão apresentam respostas mais pontuais, indicando que neste tipo de metodologia houve influência de forma mais direta do efeito *splash* na perda de solo, possivelmente também do escoamento da água pelo próprio material do pino.

A partir do Quadro 16, nota-se que a areia grossa (AG) e muito grossa (AMG) na amostragem de setembro/20 apresentaram maior valor em relação à amostra de janeiro/20, possivelmente devido a maior intensidade das precipitações ocorridas no período, que apresentam maior energia cinética para movimentação dos sedimentos de maiores dimensões.

Comparando os resultados das amostragens do solo (Quadro 13) e dos sedimentos da calha coletora (Quadro 16) nota-se que, de forma geral, possuem valores médios próximos. Já os valores de fósforo e o potássio apresentaram maior concentração nas amostras dos sedimentos da calha em relação as do solo, possivelmente devido a maior solubilidade das substâncias em água.

Quadro 16 - Análises físicas e químicas dos sedimentos retidos na calha coletora, retirados em jan/20 e set/20.

NOME		Calha 1	Calha 2
Nº LAB		8698	8699
Análise física	<i>AMF (g.kg⁻¹)</i>	38	33
	<i>AF (g.kg⁻¹)</i>	369	300
	<i>AM (g.kg⁻¹)</i>	462	489
	<i>AG (g.kg⁻¹)</i>	74	115
	<i>AMG (g.kg⁻¹)</i>	4	22
	<i>AT (g.kg⁻¹)</i>	947	959
	<i>Argila (água) (g.kg⁻¹)</i>	25	25
	<i>Argila (c/ disp) (g.kg⁻¹)</i>	38	25
	<i>Silte (g.kg⁻¹)</i>	16	16
	<i>Floculação (%)</i>	34	0
	<i>Classe textural</i>	areia	areia
Análise química	<i>pH CaCl2</i>	5,8	6
	<i>MO Colorimétrica (g.dm⁻³)</i>	15	13
	<i>P Resina (mg.dm⁻³)</i>	26	35
	<i>K Resina (mmolc.dm⁻³)</i>	3,4	3,4
	<i>Ca Resina (mmolc.dm⁻³)</i>	5	7
	<i>Mg Resina (mmolc.dm⁻³)</i>	4	5
	<i>H+Al SMP (mmolc.dm⁻³)</i>	10	11
	<i>SB (mmolc.dm⁻³)</i>	12,4	15,4
	<i>CTC (mmolc.dm⁻³)</i>	22,4	26,4
<i>V (%)</i>	55	58	

Fonte: Resultados laboratório ESALQ (elaboração da autora), 2020

Uma característica predominante no solo da área foi a predominância da fração areia, que se associa uma maior infiltração de água no solo, conforme identificado pelo ensaio de permeabilidade (NAKATA, JULIAN, 2018).

A alta permeabilidade também pôde ser associado ao observado no galão (caixa d'água), para onde seria extravasado o excesso de água na calha coletora, que nunca chegou a acumular receber água. A mesma foi aberta para verificação em toda campanha de monitoramento, porém em nenhuma delas foram percebidos sinais de escoamento, tanto pelo cano quanto pelo acúmulo de água.

Além desses fatores, o desenvolvimento da vegetação pôde ser analisado ao longo do tempo. A Figura 29 mostra a situação da vegetação na parcela de monitoramento ao longo do tempo de monitoramento. Nota-se que entre os meses de agosto a novembro de 2019 há diversos pontos com solo exposto no interior da parcela, apresentando uma diminuição no mês de dezembro de 2019. Entre os meses de janeiro e abril de 2020 a vegetação apresentava maior vivacidade, com maior altura e uma coloração mais viva (verde mais claro), entre abril e junho

de 2020 a vegetação já apresentava folhagem mais seca, e houve aumento significativo desses aspectos após o mês de julho, inclusive com a redução da altura das gramíneas.

Ao analisar a Figura 29 com o balanço hídrico do período (Figura 26) notou-se que o desenvolvimento da vegetação, de forma geral, acompanhou a pluviosidade e deficiência/excedente hídrico no período. Nisso destaca-se o maior crescimento da vegetação no mês de dezembro de 2019 e sua redução em abril de 2020. Além disso, as chuvas ocorridas em maio e junho de 2020 deram uma sobrevida às gramíneas, o período de seca em seguida causou a redução da vivacidade das mesmas.

Figura 29 - Monitoramento fotográfico da parcela de monitoramento entre agosto/2019 a setembro/2020.



Fonte: autora, 2021.

A quantidade de solo retida na calha pode estar relacionada com o solo exposto. Pois, considerando que apesar de o primeiro período entre as coletas ter sido menor (168 dias) houve um acúmulo de maior quantidade de sedimentos quando comparado ao segundo (226 dias). Além do tempo, a quantidade de precipitação no primeiro período foi inferior ao do segundo, sendo mais um indicativo da influência do solo exposto no acúmulo de sedimentos.

Quadro 17 - Resumo e considerações sobre as metodologias diretas aplicadas no projeto

Metodologia aplicada		Metodologia	Vantagens	Desvantagens
Direto – Parcela de monitoramento	Calha coletora	Adaptado de Casseti (1983) e Guerra (2002)	→ Estimativa mais real → Possibilidade de caracterizar o solo perdido (acumulado na calha)	→ Longo período para aquisição de dados → Necessidade de acompanhamento e manutenção → Construção mais trabalhosa
	Pinos de erosão	Casseti (1983)	→ Fácil instalação e monitoramento → Pode ser utiliza em áreas maiores → Pode ser utilizado como parâmetro para acompanhamento em áreas diversas	→ Longo período para aquisição de dados → Superestimado em comparação com estimado para o escoamento superficial laminar

Fonte: autora, 2021.

De forma a melhor resumir algumas considerações sobre as metodologias aplicadas, foi elaborado o Quadro 17. De forma geral, notou-se que as metodologias diretas apesar de apresentarem resultados mais reais, necessitam de tempo de execução e monitoramentos mais longos. Além disso, foram pontuados no Quadro 17 alguns aspectos observados sobre as metodologias aplicadas, com indicações de algumas dificuldades enfrentadas e potenciais usos para as mesmas.

6.4. EUPS

Os itens abaixo apresentam os cálculos dos fatores que compõem a EUPS e da perda de solo, que será calculada considerando condições da parcela de monitoramento e da propriedade de forma geral.

6.4.1. Erosividade das chuvas

A seguir são apresentados os resultados para o cálculo do índice de erosividade de chuvas utilizando a metodologia de Tommaselli et al. (1997).

Para isso, foram utilizados dados de precipitação do período de 1976 a 2018 da estação D7-074 (Avencas) do DAEE, após as devidas correções de falhas apresentadas na Tabela 3 foram calculadas as médias de mensal dos índices de erosividade e o anual, conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Cálculo dos índices de erosividade mensais e anual com dados da estação D7-074 - Avencas.

	Chuva mensal (mm)												Total
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
1976	236	202	198	44	92	72	68	79	153	88	136	197	1366
1977	435	70	124	131	8	36	35	17	54	43	102	370	1425
1978	257	82	130	7	153	14	136	1	64	94	162	161	1262
1979	77	84	71	61	154	2	54	69	158	73	114	319	1234
1980	185	212	120	86	66	63	19	16	122	67	195	225	1376
1981	218	72	103	102	2	88	4	3	9	228	145	253	1227
1982	199	187	293	49	74	122	68	14	11	302	204	356	1879
1983	345	214	182	106	284	158	15	1	297	97	208	244	2152
1984	212	120	84	104	66	5	29	77	94	51	79	288	1207
1985	224	154	192	122	42	17	19	4	18	64	124	177	1156
1986	178	277	109	38	123	2	25	181	57	50	58	299	1396
1987	195	163	41	102	166	82	21	17	54	91	146	229	1306
1988	171	182	138	207	103	20	0	0	36	251	78	96	1282
1989	413	234	55	29	42	99	0	28	114	54	165	337	1570
1990	358	76	168	65	61	16	64	105	125	93	131	169	1429
1991	281	286	164	221	21	45	38	1	42	123	51	200	1471
1992	46	217	286	236	199	0	6	16	195	106	223	113	1643
1993	191	234	248	190	67	32	4	66	99	80	82	205	1500
1994	161	55	309	116	25	58	9	0	0	101	197	112	1144
1995	255	201	53	133	38	17	16	0	7	163	35	235	1153
1996	188	114	143	21	39	11	5	29	142	92	184	221	1187
1997	585	86	31	51	43	267	19	9	99	117	178	82	1566
1998	136	165	340	72	102	24	4	109	141	167	77	170	1508
1999	306	280	127	78	76	43	9	0	40	36	66	112	1172
2000	247	288	123	0	14	28	51	65	143	48	306	224	1536
2001	171	198	276	53	117	64	32	27	41	111	160	429	1678
2002	127	140	104	0	139	2	41	56	64	56	284	168	1181
2003	394	188	137	122	36	39	10	24	37	110	90	145	1330
2004	242	138	100	118	176	57	65	0	0	195	147	204	1442
2005	364	50	193	33	49	57	13	3	102	179	118	137	1296
2006	77	234	47	74	20	0	21	19	101	195	55	246	1089
2007	413	66	131	73	55	0	199	0	1	67	146	241	1390
2008	263	184	145	47	32	39	0	56	32	103	62	98	1061
2009	359	141	72	34	63	65	129	96	148	148	267	218	1739
2010	182	76	139	21	13	0	55	0	104	250	86	262	1188
2011	377	250	138	149	0	50	21	40	1	150	148	85	1408
2012	331	54	45	143	142	206	20	0	103	81	100	203	1427
2013	124	150	230	150	147	132	47	0	64	170	202	69	1485
2014	184	166	105	60	102	6	28	10	108	28	173	385	1355
2015	112	168	138	70	202	7	156	2	137	119	275	255	1640
2016	234	233	62	95	113	87	9	78	53	113	66	247	1389
2017	284	106	63	96	224	24	0	146	6	241	136	172	1497
2018	284	64	100	62	26	1	1	135	95	191	99	60	1119
Média:	247	160	136	88	86	50	36	37	81	121	141	210	1392
Erosividade:	1658	889	709	378	370	170	107	111	335	596	744	1313	7381

Fonte: autora, 2020.

Considerando que a erosividade nesta metodologia é diretamente proporcional ao volume registrado de chuvas percebe-se a variação dos resultados ao longo do ano de ambos os valores.

Comparando os dados de precipitação do período do monitoramento (Tabela 4) com o histórico (Tabela 6) nota-se que o período de realização do projeto, de forma geral, não apresentou valores próximos as médias mensais, porém a precipitação anual foi próxima ao valor médio histórico.

As precipitações do período de monitoramento seguiram a tendência climática da região e a média histórica de precipitação, com um período de estiagem e outro de maior pluviosidade. Porém, conforme já pontuado, durante os meses de maio e junho, período usualmente de maior seca durante o ano houve, um volume de precipitação acima do usual para a época, seguido no mês de julho com volume abaixo da média e voltando no mês de agosto a apresentar precipitação acima da média.

Logo, essas variações nas precipitações podem ter influenciado a variação entre os valores de perda considerando nos valores individuais das medições mensais, porém considerando os valores para todo o ano a erosividade apresentaria valor semelhante ao obtido utilizando os dados históricos, indicando que o valor estimado para o fator R como adequado para a situação analisada.

6.4.2. Erodibilidade dos solos

A erodibilidade do solo da área foi calculada tendo como base a metodologia de Denardin (1990), para isso foi necessária a realização de análises físicas e químicas do solo existente no local para obtenção dos dados necessários, apresentadas no item 6.2.

Para realizar os cálculos de acordo com a equação de Denardin (1990) foi necessária a conversão das unidades de medida dos resultados das análises físicas de textura e de matéria orgânica (MO) (Quadro 12). Os valores obtidos com a forma de conversão e valor obtidos foram apresentados no Tabela 7.

Tabela 7 - Conversão dos parâmetros do solo para as unidades utilizadas por Denardin (1990)

Parâmetro de análise	Conversão	Valor obtido
$AMF (g.kg^{-1})$	$\% = g.kg^{-1}/10$	4,0
$AF (g.kg^{-1})$	$\% = g.kg^{-1}/10$	34,8
$AM (g.kg^{-1})$	$\% = g.kg^{-1}/10$	43,0
$AG (g.kg^{-1})$	$\% = g.kg^{-1}/10$	6,5
$AMG (g.kg^{-1})$	$\% = g.kg^{-1}/10$	0,9
$Argila (c/ disp) (g.kg^{-1})$	$\% = g.kg^{-1}/10$	8,6
$Silte (g.kg^{-1})$	$\% = g.kg^{-1}/10$	2,1
$MO Colorimétrica (g.dm^{-3})$	$\% = g.dm^{-3}/10$	2,0

Fonte: autora, 2020; IAC, 2020.

Aplicando a Equação (9) para determinação do diâmetro médio ponderado (DMP), obteve-se o resultado conforme abaixo.

$$DMP = \sum (C_i \cdot P_i) \quad (4)(9)$$

$$DMP = (C_{argila} \cdot P_{argila}) + (C_{silte} \cdot P_{silte}) + (C_{AMF} \cdot P_{AMF}) + (C_{AF} \cdot P_{AF}) + (C_{AM} \cdot P_{AM}) + (C_{AG} \cdot P_{AG}) + (C_{AMG} \cdot P_{AMG})$$

$$DMP = (0,01 \cdot 0,086) + (0,035 \cdot 0,0021) + (0,075 \cdot 0,04) + (0,175 \cdot 0,348) + (0,375 \cdot 0,43) + (0,75 \cdot 0,065) + (1,5 \cdot 0,009)$$

$$DMP = 0,288995 \text{ mm}$$

Para aplicação da equação de Denardin (1990) foram calculados o restante dos parâmetros utilizados na equação. Os resultados desses parâmetros são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Valores dos parâmetros utilizados na equação de Denardin (1990)

Parâmetros da equação	Valor calculado
M	556,93
P	2
DMP	0,288995 mm
REL	1,704

Fonte: autora, 2020.

A partir desses valores, foi aplicada a equação de Denardin (1990) para estimar a erodibilidade do solo, calculada conforme abaixo:

$$K = 0,00000748 \cdot M + 0,00448059 \cdot P - 0,06311750 \cdot DMP + 0,01039567 \cdot REL \quad (14)$$

$$K = 0,00000748 \cdot 556,93 + 0,00448059 \cdot 2 - 0,06311750 \cdot 0,288995 + 0,01039567 \cdot 1,704$$

$$K = 0,0126 \text{ t.h/MJ.mm}$$

Assim, a erodibilidade estimada para a área e utilizada para calcular a perda de solo pela EUPS foi de 0,0126 t.h/MJ.mm.

6.4.3. Fator topográfico

Para estimativa do fator topográfico são utilizados dados de declividade e comprimento de rampa, dados esses que podem ser obtidos de diversas formas diferentes. Neste caso, eles foram obtidos por meio de análises por sensoriamento remoto (propriedade) e também diretamente com medidas *in loco* (parcela de monitoramento).

De forma a simplificar a apresentação dos resultados de declividade e comprimento de rampa em ambos os cenários foi elaborado a Tabela 9.

Tabela 9 - Resultados das estimativas da declividade e comprimento de rampa para cálculo da EUPS

Situação analisada	Declividade (%)	Comprimento de rampa (m)
Propriedade	16,38	264,99
Parcela de monitoramento	2,11	7,60

Fonte: autora, 2021.

A partir da Tabela 9 percebe-se a grande diferença entre os dados médios da propriedade e os verificados na parcela de monitoramento, indicando o quando o uso de dados inadequados para caracterização de uma área pode influenciar na estimativa dos fatores que compõem a EUPS e, conseqüentemente, da perda de solos.

Os resultados da estimativa dos valores do fator topográfico para as duas situações foram apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Cálculo do fator topográfico para propriedade e parcela de monitoramento

Situação analisada	Equação	Resultado
Propriedade	$LS = 0,00984 * 264,99^{0,63} * 16,38^{1,18}$	8,96
Parcela de monitoramento	$LS = 0,00984 * 7,60^{0,63} * 2,11^{1,18}$	0,085

Fonte: autora, 2021.

Comparativamente o resultado da estimativa do fator topográfico, considerando ambas as situações, mostra que o valor para a propriedade é 105,2 vezes maior que o valor estimado para a parcela de monitoramento. Isso ressalta a necessidade de uma análise cuidadosa das condições da área em estudo para estimativa dos valores e o quanto essas diferenças podem gerar na estimativa da perda de solo.

6.4.4. *Uso e cobertura da terra*

Para estimativa do fator relacionado ao uso e cobertura da terra foi utilizada metodologia baseada em sensoriamento remoto, por imagens de satélite, tendo como base cálculo do NDVI da vegetação existente no local (CORRÊA, 2016).

Assim como o fator topográfico, foram realizados os cálculos considerando a situação da propriedade de forma geral e a da parcela de monitoramento, neste caso representado pela área cercada para recuperação, onde a parcela foi instalada.

Considerando que foram utilizadas datas em períodos diferentes para obtenção de um valor médio para o NDVI para representação do ano de monitoramento. Os valores obtidos em cada uma das datas foram organizados na Tabela 11, que apresenta a data da imagem utilizada, o valor do NDVI obtido em cada data e a média para o recorte da propriedade e da área cercada.

Analisando a Tabela 11 foi possível perceber a evolução dos valores do NDVI associado à variação do vigor da vegetação, relacionada às precipitações em cada época. Notou-se também que, de forma geral, em ambas as situações essas variações seguiram uma mesma tendência de aumento ou redução, porém a intensidade da alteração em cada situação foi diferente, ocorreu com maiores valores na propriedade em relação a área cercada, provavelmente devido a maior oscilação da disponibilidade hídrica ao longo do ano, possivelmente associado pela presença do gado, que causa uma maior pressão na vitalidade da vegetação.

Tabela 11 - Resultados do cálculo do NDVI para a propriedade e área cercada conforme data das imagens

Situação analisada	Propriedade	Parcela de monitoramento
16/08/2019	0,4051	0,4310
14/11/2019	0,2613	0,2898
13/03/2020	0,7111	0,6465
01/06/2020	0,47098	0,5151
Média	0,4621	0,4706

Fonte: autora, 2021.

A estimativa dos valores do fator do uso e ocupação da terra para as duas situações foram apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Cálculo do fator de uso e ocupação da terra para propriedade e área cercada

Situação analisada	Equação	Resultado
Propriedade	$Fator C = 0,5259 * 0,4621^2 - 1,3811 * 0,4621 + 0,8597$	0,334
Área cercada	$Fator C = 0,5259 * 0,4706^2 - 1,3811 * 0,4706 + 0,8597$	0,326

Fonte: autora, 2021.

Apesar das diferentes características das duas situações, percebeu-se que o valor médio do NDVI e, conseqüentemente, o fator de uso e ocupação da terra foram bastante próximos, sendo que a parcela de monitoramento apresentou valor ligeiramente menor, indicando uma maior proteção do solo em relação a propriedade como um todo. Outro fator que pode ter influenciado na proximidade entre os dois valores foi o recorte espacial, principalmente o associado ao da parcela de monitoramento, relacionado à contaminação pelos pixels vizinhos no recorte da imagem.

6.4.5. Fator de práticas conservacionistas

Para o fator associado as práticas conservacionistas foi utilizado como referencial os valores estimados por Bertoni e Lombardi Neto (1999) para situações agrícolas brasileiras.

Considerando a propriedade em questão, onde a área de estudo se encontra, foi verificado que não foi aplicada de forma significativa nenhuma prática conservacionista durante a execução do projeto.

Na propriedade foram verificados terraceamentos bastante desgastados, que já não exercem a função de redução da velocidade e energia do escoamento superficial. Em relação ao manejo dos animais, foram realizados rodízios periódicos dos mesmos nos piquetes delimitados nas pastagens. Também foram observadas erosões do tipo sulcos e ravinas na propriedade como um todo.

Nesse sentido, considerando o cenário de falta de práticas de conservação avaliado na área e o Quadro 10 com os valores do fator de práticas conservacionistas por Bertoni e Lombardi Neto (1999) para a situação encontrada na área durante o monitoramento foi considerado o valor P como 1 (Plantio morro abaixo), considerando a não execução de práticas de conservação.

6.4.6. Cálculo da EUPS

O cálculo da EUPS foi realizado, assim como o cálculo de alguns de seus fatores, considerando duas condições: a propriedade de forma geral e a parcela de monitoramento.

O cálculo da EUPS foi realizado por meio da multiplicação dos fatores relacionados, conforme a Equação (5), a partir dos resultados obtidos em suas estimativas. Os resultados dos fatores que compõem a EUPS foram organizados na Tabela 13.

Ao analisar a Tabela 13 notou-se que dentre os dois fatores calculados separadamente para cada situação o fator topográfico foi o que maior apresenta diferença, com a propriedade apresentando cerca de 100 vezes o valor do cálculo para a condição da parcela de monitoramento.

Tabela 13 - Valores dos fatores da EUPS para estimativa da perda de solo

Fator da EUPS	Propriedade	Parcela de monitoramento
Erosividade das chuvas (R)	7381 MJ mm h ⁻¹ ha ⁻¹ .ano	
Erodibilidade dos solos (K)	0,012600596 t.h.MJ ⁻¹ .mm ⁻¹	
Fator topográfico (LS)	8,96	0,085
Uso e cobertura da terra (C)	0,334	0,326
Práticas conservacionistas (P)	1	

Fonte: autora, 2021.

Considerando o valor do fator topográfico e as condições analisadas foi possível perceber a necessidade de adoção de práticas conservacionistas para controlar esse aspecto, com o emprego de técnicas como terraceamento, que poderiam servir como barreira para o escoamento de água e reduzir o comprimento de rampa aplicado para a condição da propriedade.

Outro aspecto é o do fator de práticas conservacionistas, que também apresenta potencial para aplicação de algumas das técnicas, juntamente ao terraceamento, que melhorasse as condições de conservação da área, permitindo o emprego de um menor valor para uso na equação.

A Tabela 14 apresenta a equação com os valores utilizados para cada situação e o valor obtido de perda de solo com a aplicação da EUPS.

Tabela 14 - Estimativa da perda de solo pelo cálculo da EUPS

Situação analisada	Equação	Perda de solo (t/ha.ano)
Propriedade	$A = 7381,0424 * 0,012600596 * 8,96 * 0,3338 * 1$	278
Parcela de monitoramento	$A = 7381,0424 * 0,012600596 * 0,085 * 0,3262 * 1$	3

Fonte: autora, 2021.

A diferença existente entre os valores dos fatores para cada uma das situações resultou em valores com significativa discrepância, inclusive quanto a ordem de grandeza das estimativas da perda de solo.

Além disso, a diferença entre os resultados mostra a importância da análise das condições reais existente na área na qual se deseja estimar a perda de solo. A utilização de condições inadequadas pode resultar em valores incompatíveis e inexpressivos, seja para valores abaixo ou acima do existente no local.

De forma a esquematizar algumas considerações sobre as metodologias indiretas aplicadas, foi elaborado o Quadro 18, no qual são apresentadas as referências das metodologias, algumas vantagens e desvantagens verificadas para o caso.

Quadro 18 - Resumo e considerações sobre as metodologias indiretas aplicadas no projeto

Metodologia aplicada	Metodologia	Vantagens	Desvantagens	
Indireto – EUPS	Fator R	Tommaselli et al. (1997)	→ Cálculo simples → Resultados com ordem de grandeza significativa	→ Necessidade de período longo de dados → Falta de calibração para locais diversos
	Fator K	Denardin (1990)	→ Cálculo simples → Calibrado para solos brasileiros	Necessidade de dados específicos de campo
	Fator LS	Bertoni e Lombardi Neto (1999)	→ Poucas variáveis → Variáveis com várias possibilidades de obtenção	→ Muito variável dependendo as condições consideradas → Falta de calibração para o país
	Fator C	Corrêa (2016)	→ Calibrado para o Brasil → Dados por sensoriamento remoto	→ Necessidade de conhecimento de SIG → Calibrado com satélite de dados não livres
	Fator P	Bertoni e Lombardi Neto (1999)	→ Fácil obtenção	→ Poucas metodologias para estimativa → Dados imprecisos
	Perda de solo	Wischmeier e Smith (1978)	→ Resultados rápidos → Obtenção de uma ordem de grandeza do processo	→ Dependente das metodologias e características consideradas

Fonte: autora, 2021

As metodologias indiretas podem ser utilizadas para estimativas de perda de solo mais rápidas, porém os valores obtidos estão diretamente relacionados às metodologias aplicadas (dependentes de calibração) e os dados considerados para local. No Quadro 18 foram apresentadas considerações somente das metodologias utilizadas, porém há outras que podem ser analisadas e consideradas para aplicação em outros estudos do tipo.

6.5. Análise integrada de elementos da paisagem e perda de solo

A partir das observações durante o monitoramento mensal da parcela de monitoramento, seu entorno e da propriedade como um todo, as alterações na paisagem foram aqui pontuadas de forma a auxiliar na compreensão dos processos erosivos e de perda de solo ocorrida no local.

Foi observado que durante o período de execução do projeto não houveram alterações significativas dos usos e ocupações na propriedade e em seu entorno, desde o início das implantações para controle de erosão no local no segundo semestre de 2015 (NAKATA; JULIAN, 2018). Em função disso as condições consideradas nos cálculos não foram alteradas. O uso da propriedade e das adjacentes permaneceram como pastagens, com alterações relacionadas ao desenvolvimento da vegetação, de forma principal associada à precipitação.

Os resultados da perda de solo, estimados por diferentes técnicas e cenários, foram organizados no Quadro 19 de forma a sintetizar as informações, que apresenta as referências das metodologias e resultados.

Quadro 19 - - Resumo dos resultados obtidos pelas metodologias aplicadas

Metodologia aplicada		Metodologia	Valor obtido	
Direto – Parcela de monitoramento	Calha coletora	Adaptado de Casseti (1983) e Guerra (2002)	2 t/ha·ano	
	Pinos de erosão	Casseti (1983)	207 t/ha·ano	
Indireto – EUPS	Escopo da análise		Propriedade	Parcela de monitoramento
	Fator R	Tommaselli et al. (1997)	7381 MJ mm h ⁻¹ ha ⁻¹ .ano	
	Fator K	Denardin (1990)	0,012600596 t.h.MJ ⁻¹ .mm ⁻¹	
	Fator LS	Bertoni e Lombardi Neto (1999)	8,96	0,085
	Fator C	Corrêa (2016)	0,334	0,326
	Fator P	Bertoni e Lombardi Neto (1999)	1	
	Perda de solo	Wischmeier e Smith (1978)	278 t/ha·ano	3 t/ha·ano

Fonte: autora, 2021

Pelos resultados obtidos nota-se que os maiores valores dos fatores estão associados ao topográfico (LS) e o de práticas conservacionistas (P). Mesmo que esses fatores não sejam os únicos responsáveis pela alta perda de solo na propriedade, ambos foram considerados com maior ênfase devido aos seus valores elevados, que indicaram que algumas intervenções na propriedade devem ser executadas no intuito de controlá-los

Dentre as técnicas já realizadas pelo proprietário, foi realizada a rotação periódica das pastagens, porém com uma quantidade de animais acima da indicada para o tamanho da área. Essa situação deverá ser adequada, já que se mantida faz com que a carga instantânea possa se tornar incoerente com a produtividade das gramíneas e acarretar em um superpastejo.

Dentre técnicas que poderiam ser utilizadas para controlar a topografia da área, ressalta-se que os terraceamentos existentes estão desgastados e sem a manutenção periódica necessária, não exercendo função no retardo do escoamento superficial. É necessário que os mesmos sejam reconstruídos de forma adequada a cumprir com sua função no retardo do escoamento superficial da água.

Além disso, o uso do solo para pecuária extensiva como realizado, pode ter aumentado o potencial erosivo da área, devido à compactação do solo, o que aumenta o escoamento superficial. O surgimento de caminhos preferenciais pelo pisoteamento do gado aumenta o fluxo concentrado de água, facilitando a erosão linear e o surgimento de ravinas e voçorocas com grandes extensões (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Considerando a área isolada para recuperação da voçoroca, ressalta-se que a mesma permaneceu cercada desde o segundo semestre de 2015 (NAKATA; JULIAN, 2018) e durante todo o período deste projeto. O isolamento da erosão, junto a outras técnicas de bioengenharia utilizadas proporcionaram um estado de estabilidade dinâmica no processo erosivo e seu entorno cercado (NAKATA, JULIA, 2018).

As intervenções realizadas no trabalho de Nakata e Julian (2018) buscaram a estabilização do processo erosivo, promovendo o crescimento da vegetação no local e a redução do escoamento superficial, com a retenção de sedimentos e retardo da água.

Desta forma, a principal alteração verificada em seu interior foi do desenvolvimento da vegetação, conforme pode ser visto na Figura 30. Neste local, busca-se por meio da regeneração da vegetação o controle da erosão como uma prática de caráter vegetativo, reduzindo a erosão do local.

Figura 30 - Visão de montante para jusante da voçoroca existente na área em agosto/19 (cima), setembro/20 (meio) e novembro/2021 (baixo)

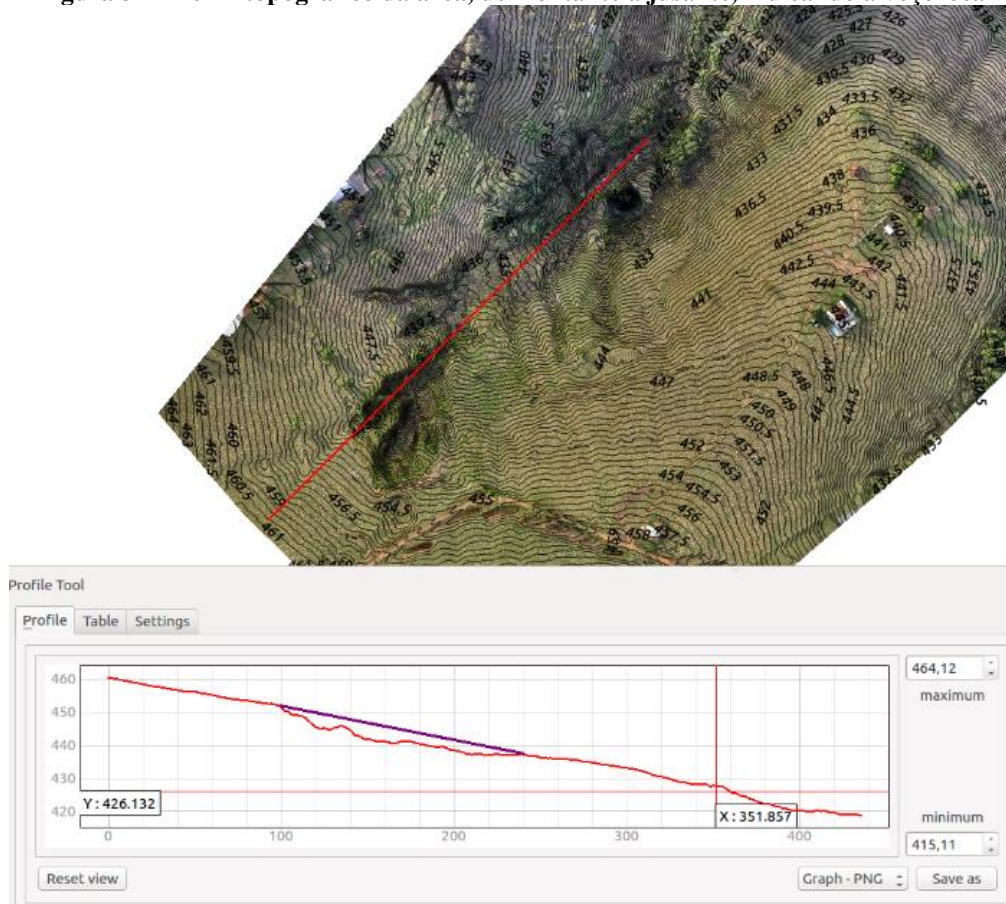


Fonte: autora, 2021.

Desta forma, mesmo com as alterações notadas na paisagem do setor cercado, principalmente quanto a vegetação, as medidas implantadas anteriormente e a manutenção do cercamento ao longo do tempo ocasionaram efeitos positivos na contenção e avanço dos processos erosivos na parcela cercada onde estão os afloramentos de água.

A voçoroca encontra-se em uma vertente de grande comprimento de rampa com declividade de cerca de 15%, em seu interior existe a exposição de rochas da Formação Marília em avançado estágio de intemperismo. Conforme o perfil topográfico da erosão, Figura 31, há uma mudança na tendência do perfil e indicando a presença da voçoroca e o volume de material erodido ao longo do tempo (NAKATA; JULIAN, 2018).

Figura 31 – Perfil topográfico da área, de montante a jusante, indicando a voçoroca



Fonte: NAKATA e JULIAN, 2018, p. 47.

A partir do levantamento com VANT e processamento em software GIS foi estimada que a erosão verificada no perfil topográfico (Figura 31) possui cerca de 19.664,61 m³, associado ao sedimentos carregados pelo escoamento superficial durante o tempo de sua

formação até a data do aerolevanteamento da área, equivalente a cerca de 34.806,35 t de massa de solo (JULIAN; NUNES, 2020).

Nos cálculos para estimativa da perda de solo pela EUPS, algumas considerações sobre a paisagem são possíveis de serem consideradas. Na estimativa do fator de uso e cobertura da terra, notou-se que os valores correspondentes à parcela de monitoramento se mantiveram mais constantes ao longo do período, enquanto o da área como um todo sofreu maior variação (Tabela 11), conforme a precipitação. Assim, os valores indicaram que, apesar da pressão exercida pelo gado, a vegetação na pastagem conseguiu se restabelecer durante o período de chuvas e manter média próxima, porém ainda inferior, a da área cercada, referida como parcela de monitoramento.

Conforme Araujo, Almeida e Guerra (2013) a vegetação herbácea e de gramínea, predominantes na área, tem a capacidade de prevenção de erosão, destacando como ela está ligada à interceptação, à contenção, ao retardamento e à infiltração da precipitação. Os autores ainda ressaltam que a vegetação também está relacionada à estabilização e à matéria orgânica no solo, fundamental no processo de formação do solo. Por isso, a manutenção da vegetação da área cercada e de pastejo do gado ao longo do tempo, é fundamental para controle dos processos erosivos na área.

Outra informação obtida a partir dos cálculos pela EUPS foi em relação ao fator topográfico, a partir da qual foi possível perceber que a variação do seu valor estimado devido ao maior comprimento de rampa e declividade da área (Tabela 9 e Tabela 10), quando comparada à parcela de monitoramento. Isso indica que a implantação de terraceamentos (prática de caráter mecânico) na área é uma alternativa de técnica de controle de erosão poderia ser uma solução eficaz para o caso.

A perda de solo estimada pela EUPS utilizando as condições da propriedade de forma geral resultaram em valor com ordem de grandeza considerável. Isso indica que as condições na paisagem observadas atualmente fora da área cercada onde encontra-se a voçoroca, não são suficientes para reduzir a perda de solo na área restante da propriedade. Além disso, que a aplicação de práticas conservacionistas adequadas poderia reduzir essa perda estimada, ressaltando o fator topográfico que poderia ser alterado com a adoção de técnicas de conservação do solo, como o terraceamento.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os valores estimados para a perda de solo pelas metodologias diretas e indiretas empregadas, junto das informações do monitoramento e dos fatores da equação, permitiram verificar de forma geral a resposta das metodologias a uma situação local e compará-las.

A possibilidade de visualização da perda de solo em uma condição pontual de campo e também do comportamento de cada metodologia de quantificação diretas frente a isso. As formas distintas de quantificação da perda de solo em cada uma das metodologias resultaram em valores com ordem de grandeza bastante distintos. A calha coletora apresentou uma estimativa de perda em cerca de $1,698 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ bastante inferior, cerca de 120 vezes, em relação à obtida com os pinos de erosão, estimado em $207,131 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$.

A parcela de monitoramento permitiu a percepção direta da resposta do conjunto das dinâmicas ambientais na perda de solo, pois o isolamento para análise dos efeitos de cada um dos componentes do ambiente na perda de solo seria um trabalho de extrema complexidade. Em razão disto, apesar do destaque de alguns fatores do ambiente, o aumento ou redução da perda de solo em cada monitoramento não pôde ser explicada de forma isolada por algum deles. Logo, algumas variáveis tinham como consequência a potencialização ou não da perda de solo no período analisado.

A quantificação pelos pinos de erosão foi realizada pela medição da altura de solo deslocado em cada pino de referência, que permitiu, junto com o conhecimento de outras características do solo, a quantificação da massa de solo perdido. Isso é realizado considerando que há somente a perda do solo, não seu acúmulo em níveis mais baixos do terreno, assim todo o solo deslocado em relação ao pino de referência foi incluído no valor estimado para a perda de solo. Isso indica que neste tipo de metodologia de quantificação houve influência de forma mais direta do efeito *splash* na perda de solo e menos em relação ao fator de práticas conservacionistas, devido a escala que foi implantada.

Em contrapartida, a quantificação pela calha coletora foi realizada somente considerando os sedimentos que se depositaram no interior da calha. Isso indica uma maior necessidade de deslocamento dos sedimentos no interior da célula e uma maior influência do escoamento superficial para esse transporte. Esse escoamento reduzido também pode ser associado com a falta de sinais de extravasamento de água galão (caixa d'água) implantado após a calha coletora, que indicariam um volume superior a 25,2 l em um curto período de tempo.

Diferente do monitoramento em campo, a EUPS apresentou ordem de grandeza para os principais parâmetros que influenciam na perda de solo. Desta forma, foi possível analisar os fatores individualmente e identificação das variações de cada um deles de acordo com as condições empregadas. Além disso, os valores individuais permitiram a análise das condições mais críticas quanto à conservação do solo na propriedade e algumas ações que necessitam serem aplicadas para reverter isso.

A aplicação da EUPS para as duas situações da área permitiu também a percepção da diferença gerada com a variação dos fatores que compõem a equação, resultando no caso da propriedade em uma estimativa de $278,165 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ e da parcela de monitoramento de $2,579 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. No caso o uso de valores diferentes de dois fatores causou a estimativa de valores com grande diferença, indicando a sensibilidade da metodologia e como as condições do ambiente alteram na perda de solo. No caso a maior parte da variação foi consequência da diferença no fator topográfico, no qual a propriedade apresentava comprimento de rampa e declividade com valores consideravelmente mais elevados que a parcela de monitoramento. Apesar da oscilação dos valores do fator de uso e cobertura da terra ao longo no período analisado na propriedade, seu valor médio apresentou valor próximo ao da parcela, que sofreu menores alterações ao longo do tempo.

A estimativa para a perda de solo considerando a calha coletora apresentou valor mais próximo, mesma ordem de grandeza, do calculado com a EUPS na condição da parcela de monitoramento. Já a estimativa obtida com os pinos de erosão apresentou quantitativo semelhante ao estimado pela EUPS para a propriedade. A estimativa pelos pinos de erosão foi menos afetada pela variação do comprimento de rampa que a calha coletora, provavelmente sofrendo mais influência dos restantes dos fatores. A calha coletora que foi bastante alterada pelo comprimento utilizado para a parcela de monitoramento, mas que o cálculo da EUPS considerando seu tamanho real apresentou valor compatível ao obtido em campo, mesmo que a parcela tenha sido construída fora do tamanho padrão da elaboração e calibração da EUPS.

Com os resultados de perda de solo obtidos e as características da área consideradas, algumas intervenções com técnicas de conservação de solo se mostram necessárias, com destaque para os terraceamentos e manejo adequado do gado. A implantação de técnicas adequadas torna possível o controle dos processos erosivos na área e redução da perda de solo, conforme a área da voçoroca isolada demonstrou ao longo do período de monitoramento.

Desta forma, sugerimos que próximos estudos sejam direcionados em uma melhor calibração das metodologias para condições brasileiras, principalmente o fator topográfico e fator de práticas conservacionistas, que se mostraram mais limitados durante a execução deste

projeto e com valores que não eram totalmente compatíveis com a realidade no local, o que pode dificultar estudos e projetos que utilizem dessa técnica em situações futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA FILHO, G. S. de; GAMA JÚNIOR, G. F. de. Processos erosivos hídricos lineares dos tipos ravina e boçoroca. In: MACHADO, Felipe Santana; MOURA, Aloysio Souza de. **Educação, meio ambiente e território 3**. Ponta Grossa: Atena, 2019. Cap.9, p. 91-99.

ALMOROX ALONSO, J.; LÓPEZ BERMÚDEZ; F; RAFAELLI, S. **La degradación de los suelos por erosión hídrica: métodos de estimación**. Murcia: Universidad de Murcia, 2010. p.384.

ARAÚJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. ed. 9. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

ARRAES, C. L.; BUENO, P.; PISSARRA, C. Regina, T. C. T. Estimativa da erodibilidade do solo para fins conservacionistas na microbacia córrego do Tijuco, SP. **Bioscience Journal**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia (UFU), v. 26, n. 6, p. 849-857, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/1921>>.

BALDASSARINI, J. S. **Recuperação de áreas degradadas por erosão hídrica em propriedades produtoras de café nos municípios de Getulina e Vera Cruz-SP**. 2013. 192p. Monografia (Bacharel em Geografia) Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

_____. **Contribuição ao estudo das dinâmicas de perda de solo por meio de técnicas diretas e indiretas de estimação em propriedades rurais de Getulina e Vera Cruz - SP**. 2016. 312 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Faculdade de Ciências e Tecnologia. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/153791>>.

BALDASSARINI, J. de S.; HESPANHOL, R. A. de M. A importância do município de Marília no cenário do Centro-Oeste Paulista. In: **Encontro de Grupos de Pesquisa Agricultura, Desenvolvimento Rural e Transformações Socioespaciais**, n.5, Presidente Prudente. Textos... Presidente Prudente: UNESP/GEDRA, 2011. p.1-17.

BERTOL, O. J. et al. **Manejo e conservação do solo e da água**. In: Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar. Curitiba: CREA-PR, 2016.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1999. 355p.

BEZERRA, M. Â. et al. Análise Geoambiental da região de Marília, SP: Suscetibilidade a processos erosivos frente ao histórico de ocupação da área. **Revista Geociências**, São Paulo - UNESP, v.28, n.4, p. 425-440, 2009.

BORGES, K. M. R. **Avaliação da susceptibilidade erosiva da bacia do rio Carinhonha (MG/BA) por meio da EUPS: equação universal de perda de solos**. 2009. 87 f. : il. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

CASSETI, V. **Estudo dos efeitos morfodinâmicos pluviais no planalto de Goiânia**. São Paulo, 1983. Tese (Doutorado em Geografia) –Universidade de São Paulo, São Paulo.

CORRÊA, E. A. **Perdas de solo e índices de vegetação: proposta metodológica para a determinação do fator C (MEUPS) em pastagens e cana-de-açúcar.** Tese de Doutorado, 2016. (Doutorado em Geografia). Rio Claro, Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/134340>>.

CORRECHEL, Vladia. **Avaliação de índices de erodibilidade do solo através da técnica da análise da redistribuição do "fallout" do ¹³⁷Cs.** 2003. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004. doi:10.11606/T.64.2004.tde-13042004-111210.

CRUZ, C. da. **Análise comparativa da evolução das voçorocas nos anos de 1962 e 1999 nos municípios de Pompéia e Oriente, SP.** 2001. p.105. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). **Banco de Dados Hidrológicos:** pluviométricos – prefixo D6-025. Disponível em <<http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/>> Acesso em: 29 fev. 2020.

DATAGEO. **Infraestrutura de dados espaciais ambientais do estado de São Paulo.** Disponível em < <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/>> Acesso em: 06 jul. 2019.

DENARDIN, J. E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos.** 1990. 113 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

EMBRAPA. **Clima.** Disponível em <<https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>> Acesso em: 19 mar. 2021.

FERRAREZI, R. S. **Uso, ocupação e conservação do solo.** Campinas: Conplant, 2009. 82 p.

FILIZOLA, H. F.; et al. **Controle dos processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas) em áreas de solos arenosos.** (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 22). Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 7 p. Disponível em < <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/915009> > Acesso em 04 ago. 2020.

GAMA, J. R. N. F. **Solos: manejo e interpretação.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004.

GOOGLE. **Google Earth Pro.** Disponível em <<http://earth.google.com/>>. Acesso entre: 2019 e 2021

GUERRA, A. J. T. et al. Soil erosion and conservation in Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 37, n. 1, p. 81-91, 2014.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos (org.).** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.458p.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: CUNHA, S.B.;GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia – Exercícios, Técnicas e Aplicações.** 2º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, rio de Janeiro, 2002, Cap. 4, p. 139-155.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa geológico do Estado de São Paulo**: 1:500.000. São Paulo: IPT, vol. I, 1981a, p.46-8; 69 (Monografias, 6, Publicação IPT 1184).

_____. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**: 1:1.000.000. São Paulo: IPT, vol. I, 1981b, p.76-94; (Monografias, 5, Publicação IPT 1183).

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Estações automáticas: Marília-A763**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>> Acesso em: 29 fev. 2020 e

JULIAN, C.; NUNES, J. O. R. Uso de Vant e Geoprocessamento para Cálculo de Solo Erodido em Voçoroca Localizada no Distrito de Amadeu. **Rev. Bras. Geomorfol. (Online)**, São Paulo, v.21, n.4, (Out-Dez) p.835-845, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i4.1818>.

LANI, J.A. et al. Preparo, manejo e conservação do solo. In: **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. Cap. 10, p. 281-295.

LEMONS, R. C.; SANTOS, D. S. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3.ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1996.

LEPSCH, Igo. F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 178p.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C.. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia** [online]. 1992, vol.51, n.2, pp.189-196. ISSN 1678-4499. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051992000200009>.

MAGALHÃES, M. J. M.. Utilização de fibra de coco seco e madeiras de paletes na estabilização de voçorocas. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v.5, n.1, p.198-211, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2014.001.0014>

MARCHIORO, E.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Dimensão de parcelas experimentais: influência nas medidas de escoamento superficial e erosão do solo em Gouveia/MG. **Revista Geografias**. Belo Horizonte, 03(2) 7-16, julho-dezembro de 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13224>

MAXIMIANO, Liz Abad. CONSIDERAÇÕES SOBRE O CONCEITO DE PAISAGEM. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.l.], v. 8, dec. 2004. ISSN 2177-2738. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/3391>. doi: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v8i0.3391>.

MELLO, Y. R. DE; KOHLS, W.; OLIVEIRA, T. M. N. DE. Uso de Diferentes Métodos para o Preenchimento de Falhas em Estações Pluviométricas. **Boletim de Geografia**, v. 35, n. 1, p. 112-121, 9 ago. 2017.

MERRITT, W. S.; LETCHER, R. A.; JAKEMAN, A. J. A review of erosion and sediment transport models. **Environmental Modelling & Software**. v.18, p.761-799, 2003. doi: [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(03\)00078-1](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(03)00078-1)

MORINAGA, M. S. **Análise morfotectônica e morfoestrutural no controle de erosões hídricas lineares na região de Marília (SP)**. 2014. 133 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/113982>>.

NAKATA, Aline Akemi Mourão; JULIAN, Carolina. **Aplicação de metodologias alternativas para recuperação de focos erosivos em áreas de nascentes no distrito de Amadeu Amaral, município de Marília/SP**. 2018. 113f. Monografia (Graduação) – Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia (UNESP) – Presidente Prudente, 2018.

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

PEREIRA NETO, A. F. **Bioengenharia no controle de processos erosivos de áreas de hidrelétricas – O caso da PCH Costa Rica (MS)**. 2012. 98 f. Monografia (Graduando em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

PINESE JÚNIOR, J.F. et al. O Uso de Parcelas Experimentais no monitoramento da Erosão Laminar em Uberlândia, MG.. **Anais...** In: Simpósio Nacional De Geomorfologia (SINAGEO) e Encontro Latino-Americano De Geomorfologia, VII e II, 08/2008, Belo Horizonte. Anais do VII SINAGEO e II Encontro Latino-americano de Geomorfologia, Belo Horizonte: UFMG/Instituto de Geociências, 2008.

PRELA-PANTANO, A.; BARDIN-CAMPAROTTO, L.; MEIRELES, E. J. L. **Monitoramento agrometeorológico para regiões cafeeiras do estado de São Paulo: janeiro/2010 - dezembro/2019**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2021. 45p. (Série Tecnologia APTA. Boletim técnico IAC, 224) on-line. Disponível em <<https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/iacbt224.pdf>> Acesso em: 19 mar. 2021.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C., Disciplinas do Departamento de Ciências Exatas. **Aula de Física e Meteorologia Agrícola**. Piracicaba: DCE – ESALQ/USP, 1999. Disponível em: <http://www2.feis.unesp.br/irrigacao/ftp/bh_aula_sentelhas.xls>.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.10, p.41-56, 1997.

SALGUEIRO, T. B. Paisagem e Geografia. **Revista Finisterra**, ano XXXVI, vol. 72, p. 37-53. Lisboa, 2001. DOI: <https://doi.org/10.18055/Finis1620>.

SANTANA, M. A. **Avaliação dos fatores responsáveis pela fragilidade dos solos na região de Marília (SP)**. 1991. 161 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, FFLCH, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.

SANTANA, M. A.; QUEIROZ NETO, J. P. Fatores responsáveis pela sensibilidade à erosão linear em Marília. **Revista Do Departamento De Geografia**, São Paulo, v. 9, p.21-33, 1995.

SANTOS, C. A. M. dos. **Cronogeomorfologia do relevo da cidade de Marília através do método de traços de fissão - MTF**. 2014. 134 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual

Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/108680>>.

SANTOS, H. G. dos. et al.. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. Disponível em <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>> Acesso em: 04 mai. 2020.

SANTOS, P. M.; PRIMAVESI, O.; BERNARDI, A. C. de C. Adubação de pastagens. In: PIRES, A. V. (Ed.). **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: FEALQ, 2010. Cap. 23. p. 459-471. ISBN: 978-85-7133-069-6. Disponível em <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/862844?mode=simple>> Acesso em: 19 abr. 2021.

SILVA, M. S. L. da. **Estudos da erosão**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1995. 20 p. Apostila do Curso de Atualização Técnica para Engenheiros Agrônomos do Banco do Brasil, Petrolina, PE, 1995.

TEIXEIRA, N. C.; GUIMARÃES, C. D. C. **Métodos de contenção e estabilização de processos erosivos avançados e voçorocas no Brasil**. UFSJ – MG, 28 out. 2012. 14 p. Disponível em: <http://www.iptan.edu.br/publicacoes/saberes_interdisciplinares/pdf/revista10/METODOS_D_E_CONTENCAO.pdf>.

THORNTHWAITE, C.W. Na approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, 38: 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, R.J. The water Balance. **Laboratory of climatology**, New Jersey, v.8, 1955, 104p. (Publication in Climatology).

TOMMASELLI, J. T. G. et al. Erosividade da chuva da Região Oeste do estado de São Paulo: Sua distribuição e relação com a precipitação. **Bol. Climatológico**. Presidente Prudente: FCT/UNESP. n.3, p.131-135, 1997.

VARCACEL, R.; SILVA, Z. de S. A eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica. **Revista Floresta**. Rio de Janeiro, v. 27, n. 12, p. 101-114. 1997.

VITTE, A. C.. O Desenvolvimento do Conceito de Paisagem e a sua Inserção na Geografia Física (The Development of Landscape Concept and its Interaction with Physical Geography). **Mercator**, Fortaleza, v. 6, n. 11, p. p. 71 a 78, nov. 2008. ISSN 1984-2201. Available at: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/58>>. Acesso em: 20 abr.. 2020.

WARNAVIN, L.; ARAUJO, W. M. de. **Estudo das transformações da paisagem e do relevo**. Curitiba: InterSaberes, 2016. ISBN 978-85-5972-017-4.

WEILL, M. de A. M; PIRES NETO, A. G. Erosão e assoreamento. In: SANTOS, Rozely Ferreira dos (org.). **Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos**. Brasília: MMA, 2007. p.39-58.

ZANZARINI, R.M.; ROSOLEN, V. **Mata ciliar e nascente no Cerrado brasileiro**: análise e recuperação ambiental. In: Encuentro de Geógrafos de América Latina (EGAL). 12. 2009. Montevideu, Uruguai. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Impactoambiental/72.pdf>> Acesso em: 22 mar. 2021.

ANEXOS

- Anexo 1 – Dados diários de precipitação do período de monitoramento

Agosto/2019	Precipitação (mm)	Setembro/2019	Precipitação (mm)	Outubro/2019	Precipitação (mm)
01/08/2019	0,00	01/09/2019	13,00	01/10/2019	0,00
02/08/2019	0,00	02/09/2019	2,33	02/10/2019	0,00
03/08/2019	0,00	03/09/2019	0,00	03/10/2019	0,00
04/08/2019	0,00	04/09/2019	0,00	04/10/2019	0,00
05/08/2019	1,00	05/09/2019	2,67	05/10/2019	0,00
06/08/2019	0,33	06/09/2019	0,00	06/10/2019	0,00
07/08/2019	0,00	07/09/2019	0,00	07/10/2019	0,00
08/08/2019	0,00	08/09/2019	0,00	08/10/2019	0,67
09/08/2019	0,00	09/09/2019	0,00	09/10/2019	0,00
10/08/2019	0,00	10/09/2019	0,00	10/10/2019	0,00
11/08/2019	0,00	11/09/2019	0,00	11/10/2019	0,00
12/08/2019	0,00	12/09/2019	0,00	12/10/2019	0,00
13/08/2019	0,00	13/09/2019	0,00	13/10/2019	0,00
14/08/2019	0,00	14/09/2019	0,00	14/10/2019	0,00
15/08/2019	0,00	15/09/2019	0,00	15/10/2019	0,00
16/08/2019	0,00	16/09/2019	0,00	16/10/2019	0,00
17/08/2019	0,00	17/09/2019	0,00	17/10/2019	0,00
18/08/2019	0,00	18/09/2019	0,00	18/10/2019	8,00
19/08/2019	0,00	19/09/2019	4,00	19/10/2019	4,34
20/08/2019	0,00	20/09/2019	12,66	20/10/2019	0,00
21/08/2019	0,00	21/09/2019	15,00	21/10/2019	21,00
22/08/2019	0,00	22/09/2019	0,00	22/10/2019	1,00
23/08/2019	2,00	23/09/2019	0,00	23/10/2019	0,00
24/08/2019	0,00	24/09/2019	0,00	24/10/2019	0,00
25/08/2019	0,00	25/09/2019	7,97	25/10/2019	0,00
26/08/2019	0,00	26/09/2019	0,33	26/10/2019	0,00
27/08/2019	0,00	27/09/2019	0,00	27/10/2019	0,00
28/08/2019	0,00	28/09/2019	0,00	28/10/2019	0,66
29/08/2019	0,00	29/09/2019	9,00	29/10/2019	0,00
30/08/2019	0,00	30/09/2019	0,00	30/10/2019	0,00
31/08/2019	3,34			31/10/2019	0,00
Total	6,67	Total	66,96	Total	35,67

Fonte: pluviógrafo digital P300 (UTM 22 – 597.345,3 m O e 7.529.082,4 m S), 2020

Novembro/2019	Precipitação (mm)	Dezembro/2019	Precipitação (mm)	Janeiro/2020	Precipitação (mm)
01/11/2019	0,00	01/12/2019	7,34	01/01/2020	0,00
02/11/2019	0,00	02/12/2019	0,00	02/01/2020	0,33
03/11/2019	0,00	03/12/2019	0,00	03/01/2020	0,00
04/11/2019	0,00	04/12/2019	0,00	04/01/2020	0,33
05/11/2019	0,00	05/12/2019	22,33	05/01/2020	37,00
06/11/2019	1,66	06/12/2019	0,33	06/01/2020	0,00
07/11/2019	0,00	07/12/2019	0,00	07/01/2020	0,33
08/11/2019	0,67	08/12/2019	0,00	08/01/2020	29,32
09/11/2019	1,00	09/12/2019	3,33	09/01/2020	12,66
10/11/2019	1,67	10/12/2019	18,00	10/01/2020	1,00
11/11/2019	0,33	11/12/2019	35,67	11/01/2020	13,00
12/11/2019	0,00	12/12/2019	0,00	12/01/2020	15,00
13/11/2019	0,00	13/12/2019	0,00	13/01/2020	6,32
14/11/2019	16,32	14/12/2019	0,00	14/01/2020	9,33
15/11/2019	4,99	15/12/2019	2,33	15/01/2020	0,00
16/11/2019	0,00	16/12/2019	9,00	16/01/2020	0,00
17/11/2019	0,00	17/12/2019	23,00	17/01/2020	0,00
18/11/2019	0,00	18/12/2019	12,99	18/01/2020	0,00
19/11/2019	0,00	19/12/2019	32,67	19/01/2020	0,00
20/11/2019	0,00	20/12/2019	0,00	20/01/2020	0,00
21/11/2019	7,33	21/12/2019	26,33	21/01/2020	0,00
22/11/2019	0,00	22/12/2019	6,66	22/01/2020	0,00
23/11/2019	8,00	23/12/2019	0,67	23/01/2020	5,33
24/11/2019	12,34	24/12/2019	0,00	24/01/2020	0,00
25/11/2019	0,00	25/12/2019	0,00	25/01/2020	2,33
26/11/2019	0,67	26/12/2019	0,00	26/01/2020	0,33
27/11/2019	42,66	27/12/2019	0,00	27/01/2020	0,00
28/11/2019	0,00	28/12/2019	0,00	28/01/2020	0,00
29/11/2019	0,00	29/12/2019	0,00	29/01/2020	4,00
30/11/2019	18,67	30/12/2019	0,00	30/01/2020	16,00
		31/12/2019	0,00	31/01/2020	0,33
Total	116,31	Total	200,65	Total	152,94

Fonte: pluviógrafo digital P300 (UTM 22 – 597.345,3 m O e 7.529.082,4 m S), 2020

Fevereiro/2020	Precipitação (mm)	Março/2020	Precipitação (mm)	Abril/2020	Precipitação (mm)
01/02/2020	35,66	01/03/2020	13,00	01/04/2020	0,00
02/02/2020	8,33	02/03/2020	5,67	02/04/2020	0,00
03/02/2020	11,32	03/03/2020	0,00	03/04/2020	0,00
04/02/2020	0,00	04/03/2020	0,00	04/04/2020	0,00
05/02/2020	0,00	05/03/2020	0,00	05/04/2020	0,00
06/02/2020	0,00	06/03/2020	0,00	06/04/2020	0,00
07/02/2020	0,67	07/03/2020	0,00	07/04/2020	34,65
08/02/2020	1,33	08/03/2020	0,00	08/04/2020	0,00
09/02/2020	39,67	09/03/2020	0,00	09/04/2020	0,00
10/02/2020	55,67	10/03/2020	0,00	10/04/2020	0,00
11/02/2020	0,33	11/03/2020	0,00	11/04/2020	0,00
12/02/2020	0,00	12/03/2020	0,00	12/04/2020	0,00
13/02/2020	0,00	13/03/2020	0,33	13/04/2020	0,00
14/02/2020	0,00	14/03/2020	0,00	14/04/2020	7,67
15/02/2020	0,00	15/03/2020	0,00	15/04/2020	0,00
16/02/2020	0,00	16/03/2020	0,00	16/04/2020	0,00
17/02/2020	0,00	17/03/2020	13,67	17/04/2020	0,00
18/02/2020	0,00	18/03/2020	11,00	18/04/2020	0,00
19/02/2020	8,99	19/03/2020	6,99	19/04/2020	0,00
20/02/2020	0,99	20/03/2020	0,00	20/04/2020	0,00
21/02/2020	33,00	21/03/2020	2,66	21/04/2020	0,00
22/02/2020	12,32	22/03/2020	0,00	22/04/2020	0,00
23/02/2020	0,00	23/03/2020	0,00	23/04/2020	0,00
24/02/2020	35,33	24/03/2020	0,00	24/04/2020	0,00
25/02/2020	0,67	25/03/2020	0,00	25/04/2020	0,00
26/02/2020	0,00	26/03/2020	0,00	26/04/2020	0,00
27/02/2020	0,00	27/03/2020	0,00	27/04/2020	0,00
28/02/2020	13,66	28/03/2020	0,00	28/04/2020	0,00
29/02/2020	1,34	29/03/2020	32,00	29/04/2020	0,00
		30/03/2020	0,00	30/04/2020	0,00
		31/03/2020	0,00		
Total	259,28	Total	85,32	Total	42,32

Fonte: pluviógrafo digital P300 (UTM 22 – 597.345,3 m O e 7.529.082,4 m S), 2020

Maio/2020	Precipitação (mm)	Junho/2020	Precipitação (mm)	Julho/2020	Precipitação (mm)
01/05/2020	0,00	01/06/2020	0,00	01/07/2020	5,67
02/05/2020	0,00	02/06/2020	10,34	02/07/2020	0,00
03/05/2020	0,00	03/06/2020	8,32	03/07/2020	0,00
04/05/2020	0,00	04/06/2020	1,32	04/07/2020	0,00
05/05/2020	0,00	05/06/2020	0,00	05/07/2020	0,00
06/05/2020	0,00	06/06/2020	5,33	06/07/2020	0,00
07/05/2020	0,00	07/06/2020	0,00	07/07/2020	0,00
08/05/2020	0,00	08/06/2020	0,00	08/07/2020	0,67
09/05/2020	0,00	09/06/2020	0,00	09/07/2020	0,00
10/05/2020	0,00	10/06/2020	0,00	10/07/2020	0,00
11/05/2020	0,00	11/06/2020	0,00	11/07/2020	0,00
12/05/2020	0,00	12/06/2020	0,00	12/07/2020	0,00
13/05/2020	0,66	13/06/2020	0,00	13/07/2020	0,00
14/05/2020	9,99	14/06/2020	0,00	14/07/2020	0,00
15/05/2020	0,00	15/06/2020	0,00	15/07/2020	0,00
16/05/2020	0,00	16/06/2020	0,00	16/07/2020	0,00
17/05/2020	0,00	17/06/2020	0,00	17/07/2020	0,00
18/05/2020	0,00	18/06/2020	0,00	18/07/2020	0,00
19/05/2020	0,00	19/06/2020	0,00	19/07/2020	0,00
20/05/2020	0,00	20/06/2020	0,00	20/07/2020	0,00
21/05/2020	0,00	21/06/2020	0,00	21/07/2020	0,00
22/05/2020	73,01	22/06/2020	0,00	22/07/2020	0,00
23/05/2020	18,00	23/06/2020	0,00	23/07/2020	0,00
24/05/2020	0,00	24/06/2020	0,00	24/07/2020	0,00
25/05/2020	0,00	25/06/2020	2,66	25/07/2020	0,00
26/05/2020	0,00	26/06/2020	22,32	26/07/2020	0,00
27/05/2020	0,00	27/06/2020	38,00	27/07/2020	0,00
28/05/2020	0,00	28/06/2020	1,00	28/07/2020	0,00
29/05/2020	0,00	29/06/2020	0,00	29/07/2020	0,00
30/05/2020	0,00	30/06/2020	0,00	30/07/2020	0,00
31/05/2020	0,00			31/07/2020	0,00
Total	101,66	Total	89,29	Total	6,34

Fonte: pluviógrafo digital P300 (UTM 22 – 597.345,3 m O e 7.529.082,4 m S), 2020

Agosto/2020	Precipitação (mm)	Setembro/2020	Precipitação (mm)
01/08/2020	0,00	01/09/2020	0,00
02/08/2020	0,00	02/09/2020	0,00
03/08/2020	0,00	03/09/2020	0,00
04/08/2020	0,00	04/09/2020	0,00
05/08/2020	0,00	05/09/2020	0,00
06/08/2020	0,00		
07/08/2020	0,00		
08/08/2020	0,00		
09/08/2020	0,00		
10/08/2020	0,00		
11/08/2020	0,00		
12/08/2020	0,00		
13/08/2020	0,00		
14/08/2020	0,00		
15/08/2020	0,00		
16/08/2020	6,32		
17/08/2020	124,66		
18/08/2020	48,67		
19/08/2020	0,00		
20/08/2020	1,67		
21/08/2020	14,32		
22/08/2020	0,00		
23/08/2020	0,00		
24/08/2020	0,00		
25/08/2020	0,00		
26/08/2020	0,00		
27/08/2020	0,00		
28/08/2020	0,00		
29/08/2020	0,00		
30/08/2020	0,00		
31/08/2020	0,00		
Total	195,64	Total	0

Fonte: pluviógrafo digital P300 (UTM 22 – 597.345,3 m O e 7.529.082,4 m S), 2020

- Anexo 2 – Resultados das análises físicas e químicas realizados no Laboratório do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP

Carolina Julian Av. Mariano Latorre, 345 Bloco 7, Apto. 11 Condomínio Residencial Beija-F 13255-065 - Itatiba - SP		Número: 0018130.1-N - O.S.: 10853 Data de Recebimento: 14/10/2020 Data de Finalização: 28/10/2020 Data de Emissão: 28/10/2020		
Proprietário: Carolina Julian	Propriedade: (não informado)	Material: Solos		

Nº LAB	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
8696	Fora (25/08/19); (não informada)
8697	Dentro 1 (25/08/19); (não informada)
8698	Calha 1 (25/08/19); (não informada)
8699	Calha 2 (25/08/19); (não informada)
8700	Dentro 2 (25/08/19); (não informada)

DETERMINAÇÕES	UNIDADES	AMOSTRAS							
		8696	8697	8698	8699	8700			
AMF	g kg ⁻¹	40	52	38	33	55			
AF	g kg ⁻¹	348	324	369	300	416			
AM	g kg ⁻¹	430	456	462	489	404			
AG	g kg ⁻¹	65	87	74	115	35			
AMG	g kg ⁻¹	9	8	4	22	8			
AT	g kg ⁻¹	892	927	947	959	918			
Argila (água)	g kg ⁻¹	49	50	25	25	50			
Argila (c/ disp)	g kg ⁻¹	86	63	38	25	62			
Silte	g kg ⁻¹	21	11	16	16	19			
Floculação	%	43	21	34	0	19			
Classe de Textura	-	ar	ar	ar	ar	ar			

Métodos: Buycoucs (densímetro) (SSSA Book Series 5. Methods of Soil Analysis, Part 4). Classe de diâmetros (mm) conforme USDA:

(A) Cinco frações de areia:

muito grossa (MG) = 2 a 1; grossa (G) = 1 a 0,5; média (M) = 0,5 a 0,25; fina (F) = 0,25 a 0,10; muito fina (MF) = 0,10 a 0,05;



Areia total (AT) = 2 a 0,05; silte = 0,05 a 0,002; argila total < 0,002; argila água < 0,002.

(B) Duas frações de areia:

grossa (G) = 2 a 0,25; fina (F) = 0,25 a 0,05; areia total (AT) = 2 a 0,05; silte = 0,05 a 0,002; argila total < 0,002.

Classe de textura = Argila (c/ dispersante) até 149 g/kg = arenosa (ar); 150 a 249 g/kg = média arenosa (md-ar); 250 a 349 g/kg = média argilosa (md-arg); 350 a 599 g/kg = argilosa (arg); 600 g/kg ou superior = muito argilosa (mt-arg).

Página 1 de 1

	SIGNATÁRIO AUTORIZADO
	 Sr. Reginaldo Natalino Nogueira

Carolina Julian
Av. Mariano Latorre, 345 Bloco 7, Apto. 11
Condomínio Residencial Beija-F
13255-065 - Itatiba - SP

Número: 0018129.1-A - O.S.: 10853
Data de Recebimento: 14/10/2020
Data de Finalização: 28/10/2020 Data de Emissão: 28/10/2020



Proprietário: Carolina Julian Propriedade: (não informado) Material: Solos

Nº LAB	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
8696	Fora (25/08/19); (não informada)
8697	Dentro 1 (25/08/19); (não informada)
8698	Calha 1 (25/08/19); (não informada)
8699	Calha 2 (25/08/19); (não informada)
8700	Dentro 2 (25/08/19); (não informada)



DETERMINAÇÕES	UNIDADES	AMOSTRAS							
		8696	8697	8698	8699	8700			
pH CaCl2	-	5,2	4,8	5,8	6	4,9			
M.O. Colorimétrica	g.dm. ⁻³	20	19	15	13	12			
P Resina	mg.dm. ⁻³	9	<6	26	35	<6			
K Resina	mmolc.dm. ⁻³	3,7	1,2	3,4	3,4	1,5			
Ca Resina	mmolc.dm. ⁻³	11	6	5	7	5			
Mg Resina	mmolc.dm. ⁻³	7	5	4	5	4			
H+Al SMP	mmolc.dm. ⁻³	15	13	10	11	13			
SB	mmolc.dm. ⁻³	21,7	12,2	12,4	15,4	10,5			
CTC	mmolc.dm. ⁻³	36,7	25,2	22,4	26,4	23,5			
V	%	59	48	55	58	45			

Métodos: pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹; fósforo (P) método colorimétrico extraído com resina trocadora de ions, potássio (K) extração com resina trocadora de ions e determinação em espectrofotômetro de emissão atômica, cálcio (Ca) e magnésio (Mg) extração com resina trocadora de ions e determinação em espectrofotômetro de absorção atômica, acidez potencial (H+Al) extraído com tampão SMP (Manual de análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. IAC, 2001). SB: Soma de bases trocáveis; CTC: Capacidade de troca de cátions; V: Saturação da CTC por bases. Observações: Nome do cliente, informações de contato, proprietário, propriedade, material e identificação da amostra são dados fornecidos pelo cliente. Este documento pode ser reproduzido somente por completo. Os resultados se referem somente aos itens ensaiados. Os resultados se aplicam à amostra conforme recebida. (#) elemento não determinado; (<) menor do que o Limite de Quantificação.

ESALQ

SIGNATÁRIO AUTORIZADO


S. Luiz Antônio Silva Júnior
Responsável Técnico