



ANA PAULA MACIEL DE CASTRO

**ANÁLISE PRELIMINAR DA EROSÃO HÍDRICA EM UM
REMANESCENTE DE FLORESTA SEMIDECIDUAL DA
MATA ATLÂNTICA**

LAVRAS – MG

2023

ANA PAULA MACIEL DE CASTRO

**ANÁLISE PRELIMINAR DA EROÇÃO HÍDRICA EM UM REMANESCENTE
DE FLORESTA SEMIDECIDUAL DA MATA ATLÂNTICA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Carlos Rogério de Mello

Orientador

LAVRAS – MG

2023

ANA PAULA MACIEL DE CASTRO

**ANÁLISE PRELIMINAR DA EROÇÃO HÍDRICA EM UM REMANESCENTE
DE FLORESTA SEMIDECIDUAL DA MATA ATLÂNTICA**

**WATER EROSION PRELIMINARY ASSESSMENT IN A SEMI-DECIDUAL
ATLANTIC FOREST REMNANT**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Carlos Rogério de Mello

Orientador

LAVRAS – MG

2023

*Dedico aos meus pais, Maria José e
Junior, por serem meus maiores exemplos
e meu porto seguro.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, acima de tudo, a Deus, que iluminou cada passo dessa caminhada e permitiu que tantas coisas boas se concretizassem.

Agradeço aos meus pais, Maria José e Junior, que sempre me apoiaram e fizeram absolutamente tudo para me ver feliz, vocês são os melhores do mundo e tudo que eu faço sempre é pensando em retribuir um pouco de tudo que já fizeram e ainda fazem por mim.

Agradeço a Mônica, ao Leandro, ao Cristiano e a Elaine, por sempre se fazerem presentes e acreditarem mais em mim do que eu mesma. E à pequena Maria Liz, que sempre consegue recarregar as energias da “Dindinha” do melhor jeito possível.

Agradeço aos amigos que carrego desde os primeiros dias de UFLA e que sempre estiveram do meu lado: Maria Clara, Danilo, José Augusto, Vitor, Luana, Gabriel, Miguel e João, amo vocês!

Agradeço a melhor república de Lavras, minha segunda família: Mariana, Karyne, Marcela, Frida, Maísa, Flávia, Loyane, Mariana, Amanda e Gabi, foi muito especial partilhar tantos momentos com vocês em nosso lar e contar com o apoio de mulheres tão incríveis.

Agradeço aos demais amigos e familiares os quais não pude citar todos os nomes aqui, mas que também me apoiaram demais e têm um lugar especial em meu coração.

Agradeço ao PETi Ambiental, ao Engenheiros Sem Fronteiras, ao NEHIDRO, à Preserva Jr. e a todos os colegas e amigos que trabalharam comigo e que contribuíram imensamente para o meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço à Lissa e a Allpa, por todas as oportunidades, por todo aprendizado compartilhado, por toda paciência nessa reta final, pela amizade e companheirismo.

Agradeço a todos os meus professores, que me proporcionaram tanto aprendizado durante esses anos e que são grandes fontes de inspiração para mim, principalmente aos professores Luiz Fernando Coutinho e Carlos Rogério de Mello pela orientação nos projetos de iniciação científica.

Por fim, meus mais sinceros agradecimentos à Universidade Federal de Lavras e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio e incentivo à pesquisa em nosso país. Viva as universidades federais e viva a ciência brasileira!

RESUMO

As florestas exercem um papel fundamental para a sustentabilidade das bacias hidrográficas, principalmente em relação à recarga dos aquíferos e à manutenção da qualidade das águas. Sem cobertura vegetal, existem grandes chances de ocorrência de erosão hídrica, um processo que ameaça o equilíbrio do regime hídrico e de todo o ecossistema. Assim, o objetivo deste trabalho foi quantificar as perdas de solo e água por erosão hídrica em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico sob um remanescente de Mata Atlântica, na cidade de Lavras, sul de Minas Gerais, a fim de destacar o papel fundamental deste remanescente no contexto da erosão do solo. Para isso, foram montadas três parcelas de solo, com diferentes declividades e Índices de Área Foliar (IAFs), no interior da mata e monitoradas durante o ano hidrológico de 2022/2023. Além da medida do volume escoado, foram coletadas amostras do escoamento, a fim de identificar a massa de solo escoada junto com a água. Após a obtenção dos dados, foram estimadas as perdas de água e solo por área, e obtidas correlações entre perda de solo e precipitação, e perda de solo e intensidade pluviométrica máxima em 30 minutos (I_{30}). Como resultado, obteve-se uma média de perda de solo de 4,81 kg/ha/ano no período de monitoramento, enquanto o valor de tolerância normalmente considerado na literatura para este solo é de 7170 kg/ha/ano. Além disso, a média do escoamento superficial nas três parcelas foi de 4%. Ademais, em relação à intensidade máxima das chuvas, as perdas de solo em duas parcelas apresentaram maior variabilidade, evidenciando que outras condições ambientais são mais determinantes para a perda de solo do que o I_{30} na parcela 1. Para I_{30} próximo de 30 mm/h e de 50 mm/h, a parcela 2 apresentou perdas de água muito maiores que as demais parcelas. Portanto, a cobertura do solo, a declividade e o IAF foram fatores que influenciaram nos processos de perda de água e solo, porém nenhum registro esteve acima dos limites de tolerância, reforçando a importância da manutenção das matas nativas para evitar a erosão hídrica, favorecer a conservação do ambiente e proporcionar equilíbrio no ecossistema.

Palavras-chave: Erosão Hídrica, Perdas de solo e água, Mata Atlântica

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.....	13
Figura 2 - Pluviômetro instalado no interior da mata.....	14
Figura 3 - Localização dos pluviômetros no interior da mata.....	14
Figura 4 - Dossel acima das parcelas de perda solo.....	15
Figura 5 - Representação da parcela montada.....	16
Figura 6 – Imagens das parcelas.....	17
Figura 7 - Recipientes coletores do escoamento superficial.....	17
Figura 8 – Balança de alta precisão utilizada para quantificar a massa de solo seco.....	19
Figura 9 – Estufa utilizada para secagem do solo.....	19
Figura 10 – Amostras de solo após secagem em estufa.....	19
Figura 11 - Influência da interceptação no volume de precipitação interna e externa à mata.....	22
Figura 12 - Intensidade da chuva de menor intensidade antes e após a passagem pelo dossel.....	28
Figura 13- Intensidade da chuva de maior intensidade antes e após a passagem pelo dossel.....	28
Figura 14 - Gráfico da relação entre perda de solo e precipitação.....	29
Figura 15 - Relação entre perda de solo e intensidade máxima de precipitação em 30' 30	
Figura 16 - Relação entre perda de água e intensidade máxima de precipitação em 30' 31	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Declividade das parcelas de perda de solo.	15
Tabela 2 - Índice de área foliar medidos em cada parcela.....	16
Tabela 3 – Relação entre volume coletado e volume do béquer escolhido.....	18
Tabela 4 - Volumes (água +solo) escoados nas parcelas de solo e amostrados	20
Tabela 5 - Precipitação nos pluviômetros mais próximos às parcelas	21
Tabela 6 - Resultados obtidos em laboratório da massa de solo carregado no ponto 1 ...	23
Tabela 7 - Resultados obtidos em laboratório da massa de solo carregado no ponto 2. ...	23
Tabela 8 - Resultados obtidos em laboratório da massa de solo carregado no ponto 3 ...	24
Tabela 9 – Massa de solo perdida por área, em cada parcela.....	24
Tabela 10 - Escoamento em área de floresta	26
Tabela 11 - Média do escoamento em área de floresta.....	26
Tabela 12 - Equações e valores de R ² para cada parcela de erosão.....	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
3	MATERIAL E MÉTODOS	13
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5	CONCLUSÕES.....	32
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é uma das florestas mais ricas em biodiversidade no planeta. Ocupa 15% do território brasileiro, concentra 80% do PIB nacional em sua região e sua existência é um fator essencial para a regulação do clima, abastecimento de água, e diversos outros serviços ambientais que favorecem mais de 70% dos brasileiros. Apesar de sua enorme relevância, a Mata Atlântica é a floresta mais devastada do país, com apenas 24% da sua cobertura original existente atualmente (SOS MATA ATLÂNTICA, 2021).

O papel das florestas para a sustentabilidade de uma bacia hidrográfica é imprescindível, fornecendo serviços ecossistêmicos tais como recarga de aquíferos e na manutenção da qualidade das águas. A preservação das matas nativas e a recuperação de áreas devastadas são essenciais para garantir água em quantidade e qualidade. Com a degradação, tem-se o desequilíbrio do balanço hídrico nas bacias, além do assoreamento de mananciais de captação de água, através do escoamento superficial ocorrido pela ausência de cobertura vegetal.

O aumento do escoamento superficial direto e a diminuição da infiltração de água no solo são alguns dos processos envolvidos com a erosão hídrica, que consiste na desagregação das partículas de solo, causado principalmente pelo impacto das gotas de chuva. Contudo, também há influência de diversos outros fatores como topografia do terreno, manejo do solo e cobertura vegetal (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005)

Sendo a erosão hídrica uma forma de degradação preocupante e que atinge diretamente a sustentabilidade de bacias e, conseqüentemente, os serviços ecossistêmicos que atendem diversos setores da sociedade, há necessidade de entender quantitativamente esse processo a fim de evidenciar a importância da preservação das matas nativas e recuperação de áreas degradadas.

Ao afirmar-se a magnitude da ação das florestas no bem-estar de toda sociedade, a responsabilidade dos governos e dos próprios cidadãos aumenta, fazendo com que esses agentes de mudança busquem a expansão das áreas verdes, melhorando a qualidade de vida da população e mantendo o ecossistema funcionando em equilíbrio.

O objetivo do presente trabalho é quantificar as perdas de solo e água por erosão hídrica em um remanescente de Mata Atlântica classificada como Semidecidual de

Montana, localizado na Universidade Federal de Lavras, na cidade de Lavras, no sul do estado de Minas Gerais, a fim de destacar o papel fundamental deste remanescente no contexto da erosão do solo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Pires et. al (2006) determinaram as perdas de solo para as chuvas consideradas erosivas, ou seja, eventos com intensidade máxima maior que 24mm/h, em 15 minutos, energia cinética com valores maiores que 3,6MJ/ha ou registros maiores que 10mm, utilizando um método de amostragem do escoamento de parcelas de solo em diferentes sistemas, sendo eles mata nativa, pastagem plantada, eucalipto plantado em nível e na direção do declive, e solo descoberto.

Ainda segundo Pires et. al (2006), conclui-se que os maiores índices de perdas de solo aconteceram nos meses de maior precipitação, explicado pela maior suscetibilidade a desagregação do solo e transporte das partículas no período mais úmido. Em relação aos sistemas estudados, as menores perdas de solo acumuladas aconteceram nas parcelas de mata nativa, mesmo sendo o sistema de maior declividade. Entre os sistemas florestais, o eucalipto em nível demonstrou menos suscetibilidade à erosão hídrica, enquanto o eucalipto plantado na direção do declive apresentou os maiores valores de perda de água. No entanto, todos os sistemas apresentaram valores de perda de solo bastante inferiores ao limite de tolerância.

Li, et. al (2019) estudaram a influência da cobertura florestal na erosão do solo pela precipitação, a partir de duas parcelas de solo de 20 x 5 metros, com inclinação de 15°, sendo a primeira abaixo de uma floresta formada pela espécie *Pinus massoniana* e a segunda de solo exposto. Foram analisados parâmetros como tamanho, velocidade e energia cinética das gotas de chuva, precipitação e fluxo pelo tronco, através de experimentos com as gotas de chuva, pluviômetros instalados nos locais e baldes coletores ligados ao tronco das árvores através de tubos de polietileno. Os resultados apontam que 29,3% da precipitação foi interceptada pelo dossel, principalmente em eventos de chuva de menor intensidade. Além disso, concluiu-se que a erosão hídrica foi maior após os eventos com intensidades maiores que 30 mm h⁻¹ e que o dossel afeta diretamente a produção de sedimentos.

Por meio do Método de Erosão Potencial, Pinto et. al (2019) realizaram uma estimativa das perdas de solo em uma sub-bacia hidrográfica também no sul de Minas Gerais. O método, que estima as perdas de solo através do cálculo pelo EPM de Gavrilovic (1988), faz uso de coeficientes empíricos e tabelados, relacionados à geologia local, material de origem do solo, densidade vegetal, manejo do solo, entre outros. O cálculo foi aplicado para usos com cana-de-açúcar, pastagem, eucalipto, café, mata nativa, solo exposto, mineração e vias de acesso. Os resultados indicaram erosão de fraca intensidade em áreas de mata nativa e pastagem, com perdas de solo maiores em relevos mais íngremes e com menor cobertura vegetal. Em relação à intensidade de perdas de solo, o solo exposto foi o que mais sofreu ($3,92 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), seguido de áreas de mineração ($2,86 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), vias de acesso ($2,01 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), plantação de cana-de-açúcar ($1,74 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), plantação de eucalipto ($1,63 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), plantação de café ($1,34 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), pastagem ($0,9 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e mata nativa ($0,17 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

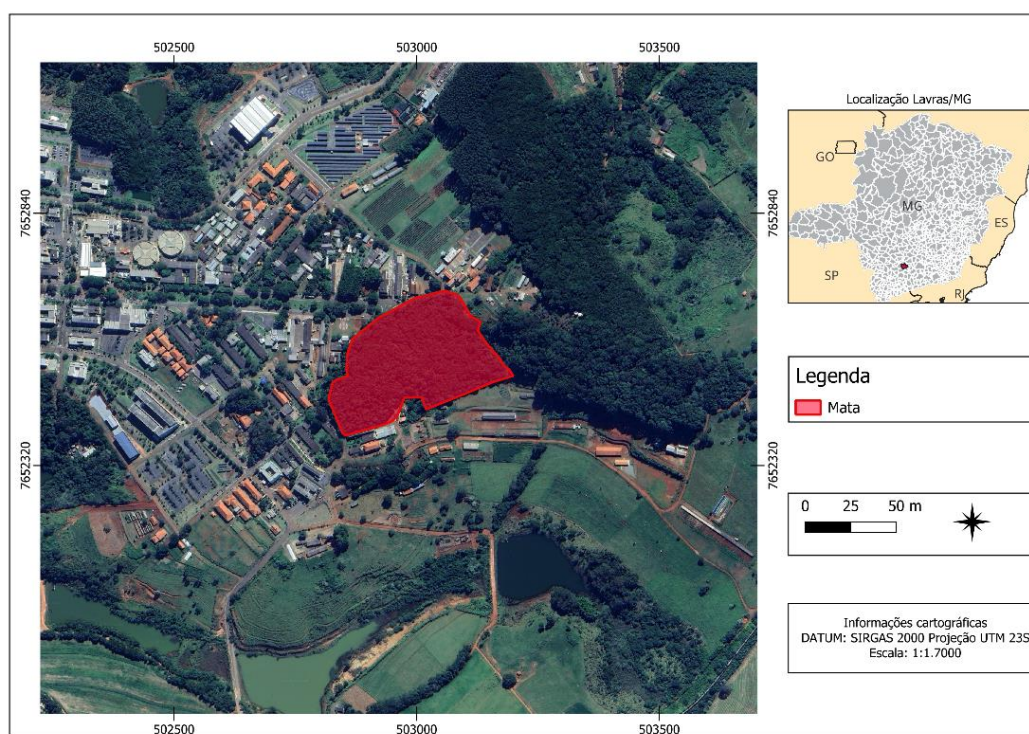
Silva et. al (2010) compararam, nesse estudo, as perdas de solo em floresta equiânea que apresenta latossolo vermelho-amarelo distrófico com os limites de tolerância estabelecidos por Pires (2004) para este tipo de solo. A parcela-padrão apresentava dimensões de 12 x 24 metros e declividade entre 20 e 35%, sendo a declividade representativa da região. As coletas eram realizadas apenas após as chuvas consideradas erosivas, ou seja, maiores que 10mm. Os resultados obtidos foram de $0,2599 \text{ ton ha}^{-1}$ de perda de solo e 8,36mm de perda de água em seis meses, sendo o de perda de solo muito abaixo dos valores de limite de tolerância estabelecidos, que são de $7,17 \text{ ton ha}^{-1}$ por ano, e o de perda de água 37 vezes menor do que de um solo descoberto.

Martins et. al (2010) avaliaram as perdas de solo e água para três classes de solo diferentes, sob os ambientes de mata nativa, floresta de eucalipto e solo descoberto. As declividades para as parcelas sob mata nativa foram de 8,2%, 12,4% e 35,5%. As maiores perdas de água e solo ocorreram nas parcelas com maior declividade em todos os sistemas, corroborando com a hipótese de que esta variável contribui com o aumento da velocidade de escoamento e, assim, com o aumento do arraste das partículas de solo. O valor do potencial de arraste de sedimentos, compreendido como perda de solo por mm de água da enxurrada foi de $3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ para mata nativa, enquanto no solo descoberto foi de $101 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental consiste em uma floresta remanescente do bioma Mata Atlântica, semidecidual de montana, localizada na Universidade Federal de Lavras, em Lavras, na região sul de Minas Gerais, mais especificamente nas coordenadas $21^{\circ} 13' 39''$ S e $44^{\circ} 58' 3''$ W, ocupando área de 6,35 há (Figura 1). O tipo de solo encontrado no local é Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, com relevo levemente ondulado com declividade variando entre 5 e 15%, altitude entre 920 e 940 m e clima segundo a classificação climática de Köppen, Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, subtropical (RUBEL e KOTTEK, 2010).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Da autora (2023).

No interior da área florestal, são encontrados 28 pluviômetros, que são monitorados em cada evento chuvoso, a fim de medir a precipitação interna com a interferência da copa das árvores na interceptação das gotas de chuva. Além destes, existem quatro pluviômetros instalados na parte externa da mata, que também são monitorados periodicamente a cada evento de chuva. Na Figura 2 pode-se observar um dos pluviômetros instalado no interior da mata e, na Figura 3, o mapa de localização dos pluviômetros no interior da mata.

Figura 2 - Pluviômetro instalado no interior da mata



Fonte: Da autora (2023).

Figura 3 - Localização dos pluviômetros no interior da mata



Fonte: Da autora (2023).

A fim de medir, além da precipitação efetiva no interior da mata, as perdas de solo e água, foram selecionados três locais com diferentes declividades no interior do remanescente florestal e foram montadas parcelas de perda de solo antes do início do ano hidrológico de 2022/2023, utilizando chapas de metal para separar a área das parcelas do restante da superfície da mata.

A Parcela 1 se encontra nas coordenadas $21^{\circ} 13' 45''$ S e $44^{\circ} 58' 20''$ W, podendo ser identificada na região inferior esquerda do mapa contido na Fonte: Da autora (2023).

Figura 3. A Parcela 2 se localiza nas coordenadas 21° 13' 42" S e 44° 58' 11" W e é identificada no mapa como a parcela mais à esquerda da área da mata. Já a Parcela 3 se encontra nas coordenadas 21° 13' 42" S e 44° 58' 13" W, identificada na região central do mapa.

As declividades foram medidas utilizando mangueira de nível e medindo as alturas no início da parcela (H1) e em sua parte inferior (H2), realizando a diferença entre elas e dividindo pela distância medida, resultando nos valores expostos na Tabela 1. Com as diferentes declividades em cada parcela foi esperado que, assim como no trabalho de Martins et. al (2010), as declividades fossem um fator de influência nos resultados de perda de água e solo.

Tabela 1 - Declividade das parcelas de perda de solo.

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
H1 (cm)	30,5	14,6	13,9
H2 (cm)	40	40	40
Distância (cm)	187	292	185
Declividade	5,08%	8,70%	14,11%

Fonte: Da autora (2023).

O Índice de Área Foliar (IAF) acima de cada parcela foi determinado através do aplicativo VitiCanopy e através do equipamento SS1 Sunscan Analysis System, no dia 13 de fevereiro de 2023. As imagens do dossel acima de cada parcela de erosão se encontram na Figura 4.

Figura 4 - Dossel acima das parcelas de perda solo

Ponto 1



Ponto 2



Ponto 3



Fonte: Da autora (2023).

Na Tabela 2, são apresentados os resultados de IAF para cada parcela. Os quais revelam que a parcela 3 possui maior IAF, seguido da segunda parcela e, por fim, a parcela 1, com o menor índice.

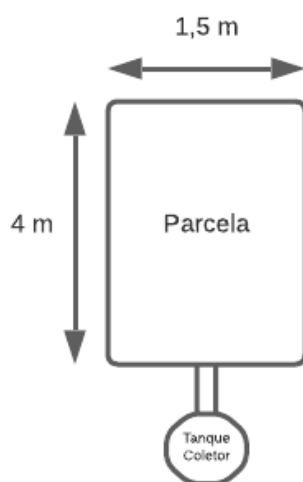
Tabela 2 - Índice de área foliar medidos em cada parcela

Pontos	LAI SSCAN	LAI APP
1	5,4	2,9
2	-	3,2
3	6,3	4,1

Fonte: Da autora (2023).

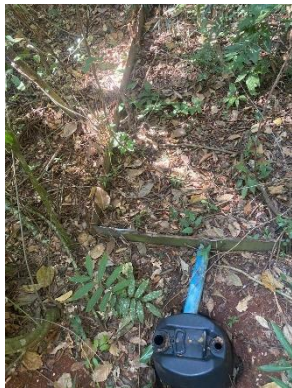
As parcelas, que apresentam solo coberto por uma camada de material orgânico resultante da deposição de folhas e galhos das árvores da mata, possuem 1,5 metros de largura e 4 metros de comprimento, totalizando em uma área de 6 m², como mostrado no esquema da Figura 5 e nas imagens da Figura 6. Na fração inferior de cada parcela foi instalada uma tubulação que direciona toda água precipitada na área para um tanque coletor com capacidade de 0,05 m³ de volume. Nestes recipientes (Figura 7) foram armazenados os volumes escoados e as partículas de solo carregadas durante cada evento de precipitação.

Figura 5 - Representação da parcela montada



Fonte: Da autora (2023).

Figura 6 – Imagens das parcelas

Ponto 1**Ponto 2****Ponto 3**

Fonte: Da autora (2023).

Figura 7 - Recipientes coletores do escoamento superficial

Ponto 1**Ponto 2****Ponto 3**

Fonte: Da autora (2023).

Durante todo ano hidrológico de 2022/2023, logo em seguida a cada evento chuvoso, foram medidos o volume escoado nas três parcelas de solo e o volume precipitado em pluviômetros instalados próximos à estas, para realizar o monitoramento da erosão.

Além da medida do volume, foram coletadas amostras do escoamento nos três pontos após os eventos de precipitação, a fim de identificar a quantidade de solo transportada junto com a água. Para obter uma amostra homogênea, o volume era revolvido dentro do recipiente, até que as partículas de solo se misturassem na água de maneira uniforme para serem coletadas.

Em seguida, as amostras foram encaminhadas para o laboratório de análise de água do Departamento de Recursos Hídricos, localizado na Universidade Federal de Lavras e transferidas para béqueres de diferentes volumes, a depender da quantidade de amostra coletada em cada evento, que já haviam sido pesados anteriormente.

Tabela 3 – Relação entre volume coletado e volume do béquer escolhido

Volume coletado	Volume dos béqueres
Até 100 ml	100 ml
De 100 a 250 ml	250 ml
Acima de 250 ml	500 ml

Fonte: Da autora (2023).

Cada conjunto béquer e volume amostral foi pesado em balança de alta precisão (Figura 8) e, após registrados os valores obtidos, inclusive da massa dos béqueres vazios, foram levados à estufa (Figura 9) a 105 °C para secagem. Por volta de 36 horas depois, as amostras (Figura 10) foram retiradas da estufa e pesadas novamente.

Figura 8 – Balança de alta precisão utilizada para quantificar a massa de solo seco



Fonte: Da autora (2023).

Figura 9 – Estufa utilizada para secagem do solo



Fonte: Da autora (2023).

Figura 10 – Amostras de solo após secagem em estufa



Fonte: Da autora (2023).

Os valores foram registrados em planilha e após descontar a tara de cada béquer foram encontradas as massas de solo contidas em cada amostra. Ao relacionar esses valores proporcionalmente ao volume total escoado, foi obtida a massa total de solo escoado em cada evento de precipitação.

Após obter os valores de perdas de solo na parcela, foi estimada a perda média por hectare, a partir do quociente entre a média de perda de solo nas três parcelas e a área de cada parcela, e o escoamento por área de floresta, obtida através do percentual calculado da precipitação que se tornou escoamento em relação a quantidade total de precipitação. Além disso, foram feitas correlações entre perda de solo e precipitação, e perda de solo e intensidade pluviométrica máxima em 30 minutos. E, por fim, foi analisada a influência do índice de área foliar acima das parcelas e da declividade de cada uma delas na perda de solo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os volumes escoados e coletados para amostra estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4 - Volumes (água +solo) escoados nas parcelas de solo e amostrados

	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
	Volume escoado (ml)	Volume amostra (ml)	Volume escoado (ml)	Volume amostra (ml)	Volume escoado (ml)	Volume amostra (ml)
20/10	240	85	0	0	220	110
10/11	63	63	750	500	820	500
16/11	135	135	1100	500	600	500
01/12	175	175	1600	500	1150	500
14/12	0	0	1450	500	720	500
22/12	0	0	750	500	415	415
10/01	245	245	12100	500	5000	500
18/01	110	110	0	0	0	0
23/01	480	420	3100	500	1500	495
01/02	75	75	500	490	125	125
02/02	380	355	4000	500	420	420
13/02	160	160	1200	525	500	460
16/02	0	0	115	115	5	5
09/03	185	185	0	0	40	40
Total	2248	-	26665	-	11515	-

Fonte: Da autora (2023).

A seguir, a Tabela 5 traz os volumes precipitados nos pluviômetros mais próximos às parcelas de solo instaladas, sendo P 115, P 24 e P 82 pontos internos, próximos as parcelas 1, 2 e 3, respectivamente. Além destes, P Externo representa a média precipitada nos 4 pluviômetros externos à mata.

Tabela 5 - Precipitação nos pluviômetros mais próximos às parcelas

Data	P 115 (mm)	P24 (mm)	P 82 (mm)	P Externo (mm)
20/10	80,8	78,9	61,6	69
10/11	94,6	92,8	24,7	64,9
16/11	42,1	46,2	9,3	40,8
01/12	93,2	114,1	77,5	84,3
14/12	67,5	107,3	91,6	65,6
22/12	34,9	37,5	30,5	41,5
10/01	329,6	271,7	251,5	282,5
18/01	73,2	63,6	59,5	62,9
23/01	119,6	153,6	118	122,2
01/02	32,9	29,1	19,8	25
02/02	114,9	122,4	89,8	96,5
13/02	136,2	140,1	105,2	133,5
16/02	7,9	8,2	7,7	9
09/03	79,2	77,5	52,4	57,7

Fonte: Da autora (2023).

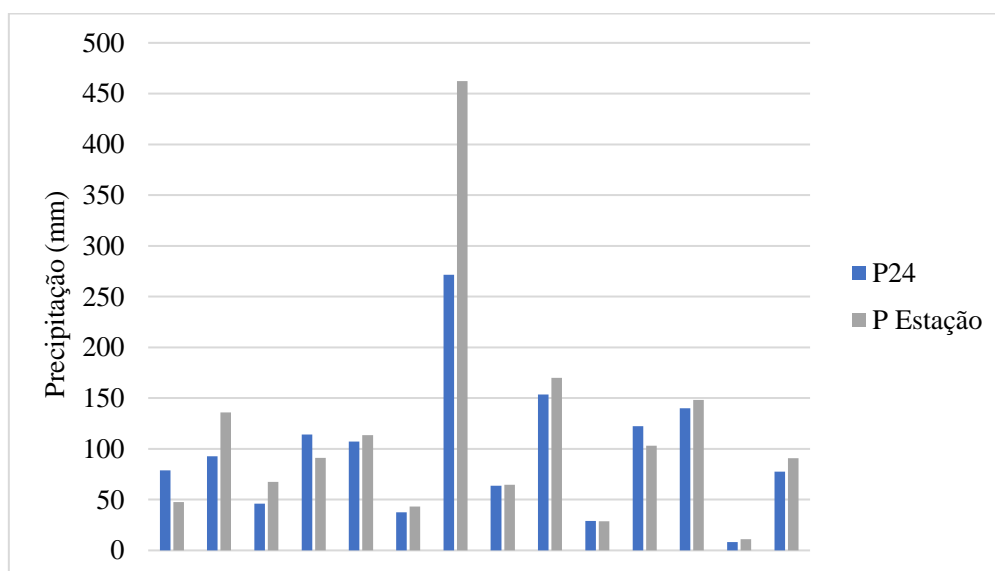
Destes dados, infere-se que a precipitação próxima a parcela 3 é quase sempre menor do que a precipitação nos demais pontos, sendo que nos pontos 115 e 24, muitas vezes a precipitação é até maior do que a registrada na parte externa da mata devido à variabilidade espacial da chuva sobre a área de mata.

Com base nos dados de volume de água escoada nas parcelas de erosão (Tabela 4) e na lâmina precipitada (Tabela 5), sabendo-se que a Parcela 1 possui a menor das três declividades e o menor IAF, o baixo volume escoado pode ser explicado pela baixa declividade. Na Parcela 3, tem-se a maior declividade, porém o IAF também é o maior, sendo assim o volume escoado não foi muito elevado devido à maior interceptação da precipitação pelo dossel. Além dos fatores declividade e IAF, a variação espacial da chuva na área interna da mata também influencia na variação da quantidade de água escoada superficialmente em cada parcela, como mostra os valores de precipitação no ponto 82, na Tabela 5, onde há maior declividade, mas o volume precipitado no pluviômetro mais próximo foi bem menor do que nos demais pontos.

Por fim, a Parcela 2, que apresenta maior escoamento superficial, possui uma declividade maior que a da parcela 1 e menor IAF que a parcela 3, ou seja, ambas as variáveis contribuíram para um maior volume de escoamento. Além da precipitação interna, que também é bastante alta no pluviômetro mais próximo, chegando a registrar volumes mais elevados que os pluviômetros externos em alguns eventos.

No gráfico abaixo (Figura 11), nota-se que a precipitação registrada na estação próxima ao pluviômetro do ponto 24, é maior do que a precipitação interna, mostrando como a interceptação do dossel influencia na quantidade de água que chega ao solo da mata por precipitação.

Figura 11 - Influência da interceptação no volume de precipitação interna e externa à mata



Fonte: Da autora (2023).

As tabelas a seguir (Tabela 6, Tabela 7 e Tabela 8) apresentam a massa total de solo erodido em cada um dos eventos de precipitação.

Tabela 6 - Resultados obtidos em laboratório da massa de solo carregado no ponto 1

	Tara do becker vazio (g)	Massa do becker + amostra de solo e água (g)	Massa do becker + amostra seca (g)	Massa da amostra de solo seco (g)	Massa total de solo seco escoado (g)
20/10	102,03	181,06	102,05	0,015	0,042
10/11	44,98	104,30	45,01	0,036	0,036
16/11	100,76	226,90	100,86	0,103	0,103
01/12	99,78	264,29	99,79	0,010	0,010
14/12	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
22/12	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
10/01	165,32	398,03	165,39	0,070	0,070
18/01	104,80	206,85	104,86	0,060	0,060
23/01	158,55	568,47	158,68	0,125	0,143
01/02	108,32	186,61	108,41	0,090	0,090
02/02	164,28	509,93	164,45	0,165	0,177
13/02	108,62	260,62	108,65	0,030	0,030
16/02	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
09/03	108,62	285,84	108,68	0,061	0,061

Fonte: Da autora (2023).

Tabela 7 - Resultados obtidos em laboratório da massa de solo carregado no ponto 2.

	Tara do becker vazio (g)	Massa do becker + amostra de solo e água (g)	Massa do becker + amostra seca (g)	Massa da amostra de solo seco (g)	Massa total de solo seco escoado (g)
10/11	184,25	680,13	184,56	0,317	0,211
16/11	188,18	684,70	188,69	0,507	0,230
01/12	158,55	656,38	159,12	0,574	0,179
14/12	167,90	652,36	168,31	0,409	0,141
22/12	163,70	659,14	164,20	0,502	0,335
10/01	162,40	663,36	162,56	0,161	0,007
23/01	163,20	664,11	164,03	0,828	0,134
01/02	163,27	652,13	163,31	0,040	0,039
02/02	159,44	661,29	159,59	0,151	0,019
13/02	159,75	673,88	161,64	1,891	0,827
16/02	100,93	219,89	101,13	0,193	0,193

Fonte: Da autora (2023).

Tabela 8 - Resultados obtidos em laboratório da massa de solo carregado no ponto 3

	Tara do becker vazio (g)	Massa do becker + amostra de solo e água (g)	Massa do becker + amostra seca (g)	Massa da amostra de solo seco (g)	Massa total de solo seco escoado (g)
20/10	100,07	204,39	100,15	0,076	0,151
10/11	185,00	682,12	185,23	0,229	0,376
16/11	190,76	685,65	191,23	0,475	0,570
01/12	162,41	662,80	162,48	0,075	0,172
14/12	167,90	652,36	168,31	0,409	0,589
22/12	167,90	577,90	169,33	1,433	1,433
10/01	188,18	690,01	188,23	0,054	0,540
23/01	158,41	651,98	158,64	0,232	0,703
01/02	109,37	230,98	109,45	0,081	0,081
02/02	163,25	571,82	163,48	0,231	0,231
13/02	159,84	611,46	160,44	0,595	0,647
16/02	44,89	50,34	44,89	0,002	0,002
09/03	44,75	86,28	44,77	0,022	0,022

Fonte: Da autora (2023).

A massa de solo perdida por área, em cada parcela de erosão, está apresentada na

Tabela 9.

Tabela 9 – Massa de solo perdida por área, em cada parcela

	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
	Concentração de solo (mg/L)	Perda de solo (kg/ha)	Concentração de solo (mg/L)	Perda de solo (kg/ha)	Concentração de solo (mg/L)	Perda de solo (kg/ha)
20/10	176,47	0,07	-	-	686,36	0,25
10/11	568,25	0,06	281,78	0,35	458,00	0,63
16/11	766,67	0,17	209,42	0,38	950,20	0,95
01/12	60,00	0,02	112,17	0,30	149,40	0,29
14/12	0,00	0,00	97,31	0,24	818,40	0,98
22/12	0,00	0,00	446,13	0,56	3451,81	2,39
10/01	285,71	0,12	0,55	0,01	108,00	0,90
18/01	545,45	0,10	-	-	-	-
23/01	297,62	0,24	43,08	0,22	468,69	1,17
01/02	1200,00	0,15	78,40	0,07	648,00	0,13
02/02	464,79	0,29	4,72	0,03	550,00	0,38
13/02	187,50	0,05	689,43	1,38	1293,48	1,08
16/02	0,00	0,00	1673,91	0,32	300,00	0,00
09/03	332,43	0,10	-	-	542,50	0,04
TOTAL	1,37	1,37	TOTAL	3,86	TOTAL	9,19

Fonte: Da autora (2023).

A média de perda de solo na floresta foi de 4,81 kg/ha. Para uma área de 6,35 ha, há uma perda estimada de solo no período de análise de 30,53 kg. Para efeito de comparação, Silva et. al (2010) obteve 259 kg/ha de perda de solo em seis meses de experimento em floresta equiânea de eucalipto em latossolo vermelho-amarelo distrófico. Apesar dos resultados obtidos neste trabalho para floresta nativa semidecidual do bioma Mata Atlântica ser consideravelmente menor do que os obtidos em floresta de eucalipto plantada, ainda assim ambos estão dentro do limite de tolerância estabelecido por Pires (2004) para latossolo vermelho-amarelo distrófico, que é de 7170 kg de perda de solo por hectare, por ano. Além disso, o resultado obtido neste trabalho também ficou abaixo do valor médio definido por Pires et. al (2006) para mata nativa que é de 109 kg de perda de solo por hectare por ano, para esse mesmo tipo de solo.

Na tabela a seguir, pode ser observado os valores de volume escoado (mm), precipitação por evento (mm) e o escoamento superficial em área de floresta (%), a partir das duas variáveis anteriores, para cada parcela.

Tabela 10 - escoamento em área de floresta

Data	Precipitação (mm)	Volume escoado P1 (mm)	Escoamento em área de floresta (%)	Volume escoado P2 (mm)	Escoamento em área de floresta (%)	Volume escoado P3 (mm)	Escoamento em área de floresta (%)
20/10	69	1,44	2,09%	0	0,00%	0,66	0,96%
10/11	64.9	0,378	0,58%	4,5	6,93%	3	4,62%
16/11	40.8	0,81	1,99%	6,6	16,18%	3	7,35%
01/12	84.3	1,05	1,25%	9,6	11,39%	3	3,56%
14/12	65.6	0	0,00%	8,7	13,26%	3	4,57%
18/01	62.9	0,66	1,05%	0	0,00%	0	0,00%
23/01	122.2	2,88	2,36%	18,6	15,22%	2,97	2,43%
01/02	25	0,45	1,80%	3	12,00%	0,75	3,00%
13/02	127.9	0,96	0,75%	7,2	5,63%	2,76	2,16%
16/02	9	0	0,00%	0,69	7,67%	0,03	0,33%
09/03	51	1,11	2,18%	0	0,00%	0,24	0,47%
Total	722.6	9,738	1,56%	58,89	8,03%	19,41	2,68%

Fonte: Da autora (2023).

Tabela 11 - Média do escoamento em área de floresta

Média do escoamento em área de floresta	
P1	1,56%
P2	8,03%
P3	2,68%
Média	4%

Fonte: Da autora (2023).

A precipitação acumulada de todos os eventos analisados foi de 722,6 mm. De acordo com a Fonte: Da autora (2023).

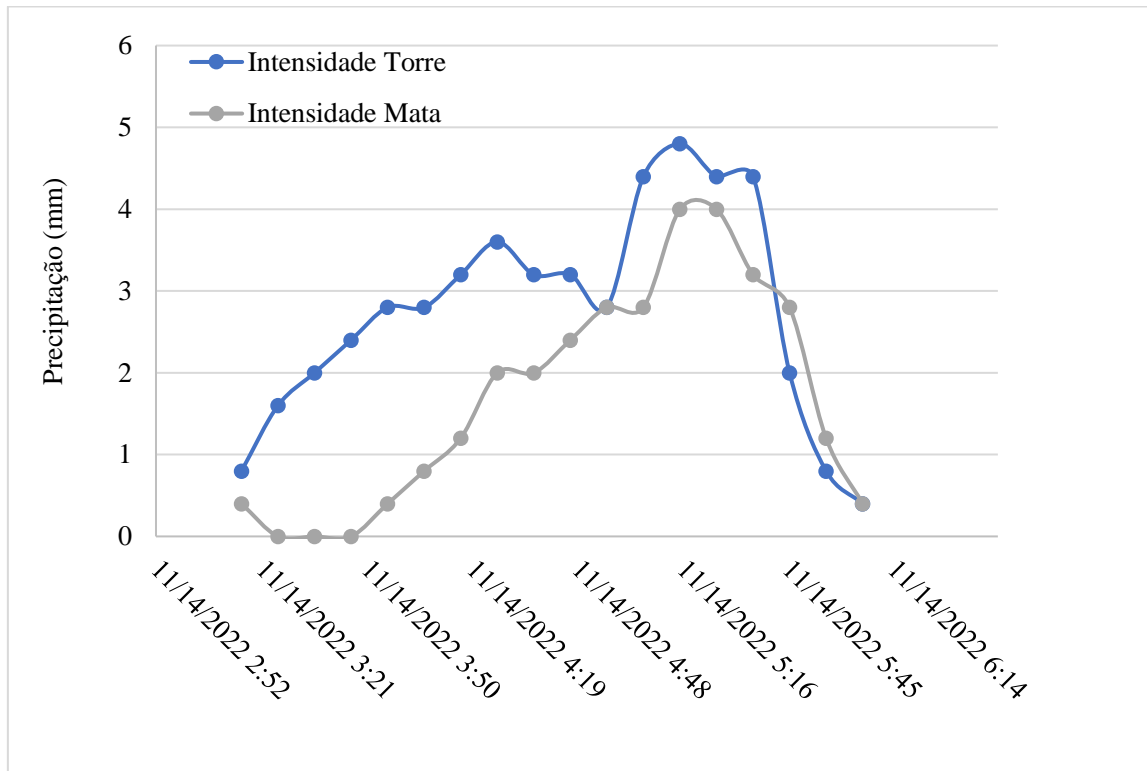
Tabela 11, foi registrada uma média de 4% de escoamento superficial entre as 3 parcelas instaladas no interior da floresta, ou seja, de toda precipitação acumulada no período de monitoramento, aproximadamente 28,9 mm resultaram em escoamento superficial direto. Quando analisada a média das três parcelas e comparada com dados da literatura, nota-se que esse resultado foi um pouco elevado. Silva et. al (2010) encontraram um valor de 1,17%, de escoamento superficial direto para floresta de eucalipto, um resultado menor que a média obtida no presente estudo (4%), porém bem próximo dos valores da parcela 1 (1.56%) e da parcela 3 (2.68%). Dessa forma, nota-se que o resultado da parcela 2 foi determinante para que a média tenha sido mais elevada. Isso demonstra que mais parcelas de erosão são necessárias para melhorar a amostragem das diferenças condições da área de mata.

Apesar das perdas de água terem sido maiores do que as demais encontradas na literatura, as perdas de solo se mostraram consideravelmente pequenas e bem abaixo do nível de tolerância (7170 kg/ha/ano) para o tipo de solo encontrado na floresta estudada (PIRES, 2004). Isto pode ser explicado pela cobertura do solo da área, constituída por uma camada espessa de matéria orgânica composta por folhas, galhos e outros componentes, que impede o desprendimento do solo abaixo dessa camada, porém permite que a água escoe superficialmente.

Além disso, ao observar o efeito da interceptação do dossel na Figura 12, para uma chuva de menor intensidade, e na Fonte: Da autora (2023).

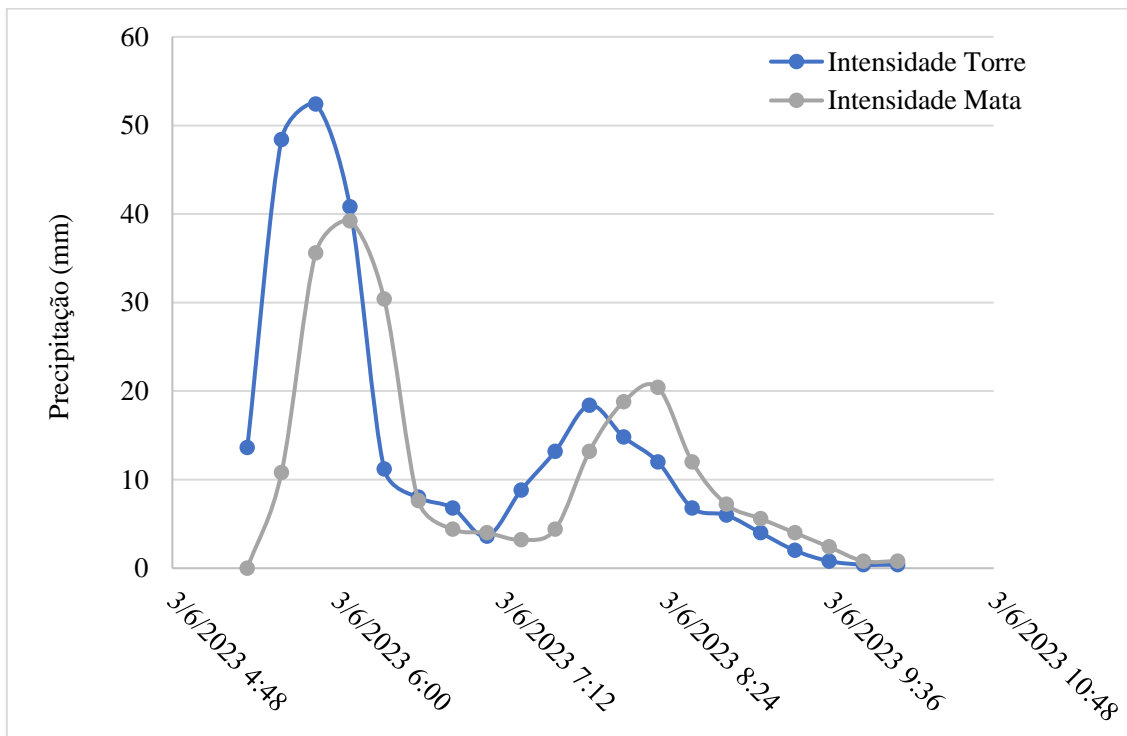
Figura 13, para uma chuva de maior intensidade, percebe-se que a interceptação auxilia a reduzir a intensidade das gotas de chuva, antes que elas atinjam o solo, explicando as perdas de solo abaixo do limite de tolerância e reforçando a importância da cobertura florestal para a redução da erosão hídrica.

Figura 12 - Intensidade da chuva de menor intensidade antes e após a passagem pelo dossel.



Fonte: Da autora (2023).

Figura 13- Intensidade da chuva de maior intensidade antes e após a passagem pelo dossel.

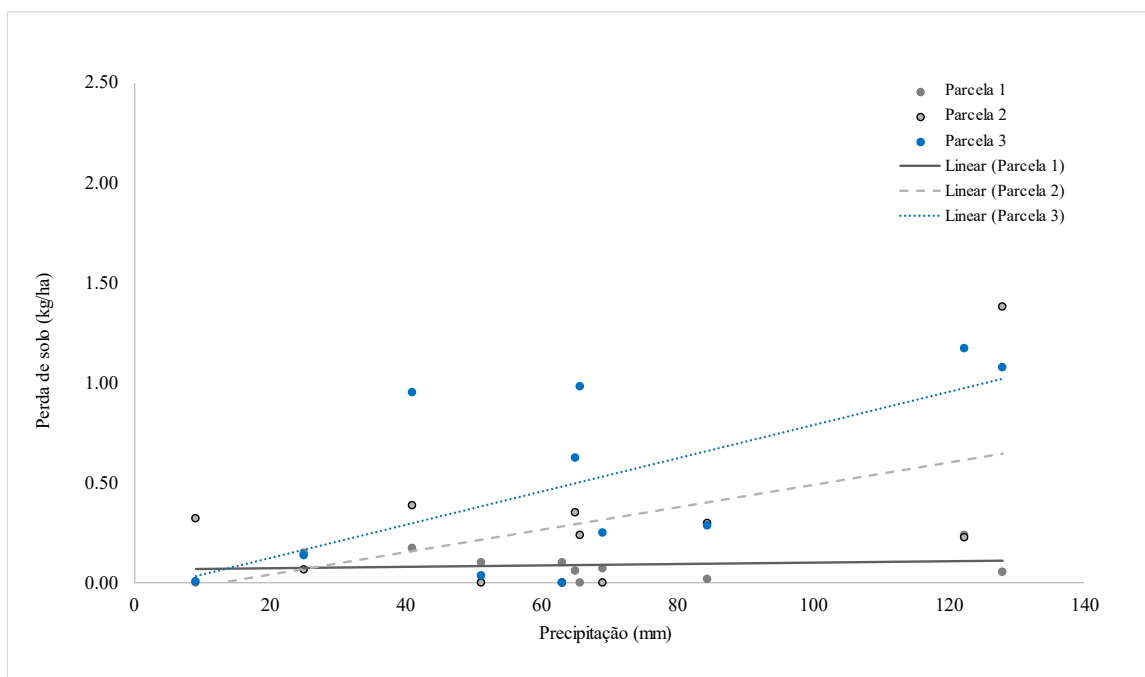


Fonte: Da autora (2023).

Na Figura 14 é apresentada uma relação entre a perda de solo (kg/ha) em cada uma das 3 parcelas monitoradas e precipitação registrada na área externa da mata. O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o linear, apresentando os melhores valores para o coeficiente de determinação – R^2 (Fonte: Da autora (2023).

Tabela 12).

Figura 14 - Gráfico da relação entre perda de solo e precipitação



Fonte: Da autora (2023).

Tabela 12 - Equações e valores de R^2 para cada parcela de erosão

	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Equação	$y = 0.0004x + 0.0629$	$y = 0.0056x - 0.07$	$y = 0.0083x - 0.0435$
R^2	0.0321	0.2704	0.4134

Fonte: Da autora (2023).

Os modelos ajustados para cada parcela mostram que as perdas de solo nas parcelas 2 e 3 apresentam uma tendência de aumento com o volume precipitado. Já para a parcela 1, as perdas de solo se comportam de maneira mais constante, não variando tanto em relação à precipitação.

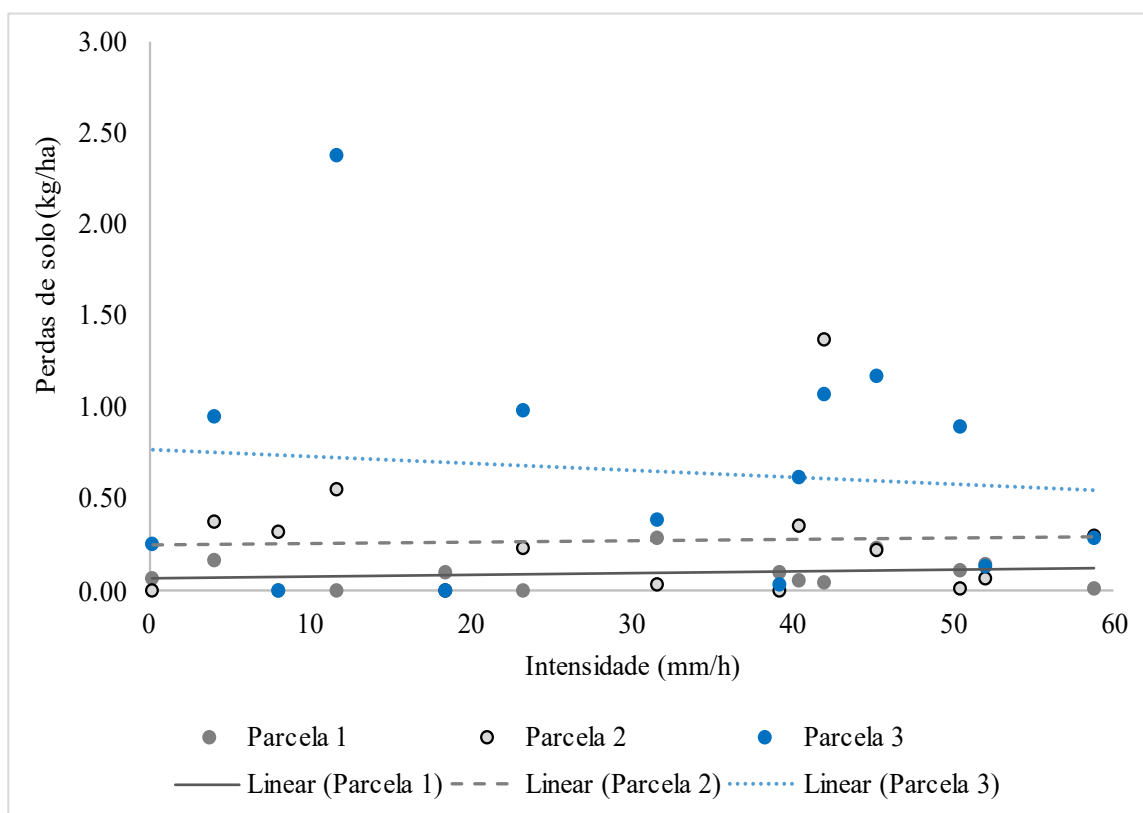
A variabilidade espacial da chuva no interior da mata é um fator que influencia a obtenção de dados mais precisos para realização de análises como essas. No caso presente, os valores de precipitação utilizados foram os dados obtidos em pluviômetros externos ou em pluviômetros próximos a cada parcela. Ou seja, para que se possa

apresentar resultados mais consistentes, é necessário realizar a instalação de pluviômetros junto de cada parcela, a fim de medir o volume precipitado em cada evento, no local em que serão retiradas as amostras de perda de solo. Além disso é necessário realizar uma caracterização da serrapilheira em cada uma das parcelas, pois sabe-se que a quantidade de sedimentos desprendidos está diretamente relacionados à camada de matéria orgânica sobre o solo.

Uma relação entre perda de solo e intensidade máxima em 30 minutos de precipitação também foi obtida, utilizando os dados da estação meteorológica instalada no interior da mata. Os registros de precipitação realizados a cada período de 10 ou 15 minutos, possibilitaram o cálculo da intensidade máxima em 30 minutos (I30') para os eventos que geraram as perdas de solo amostradas.

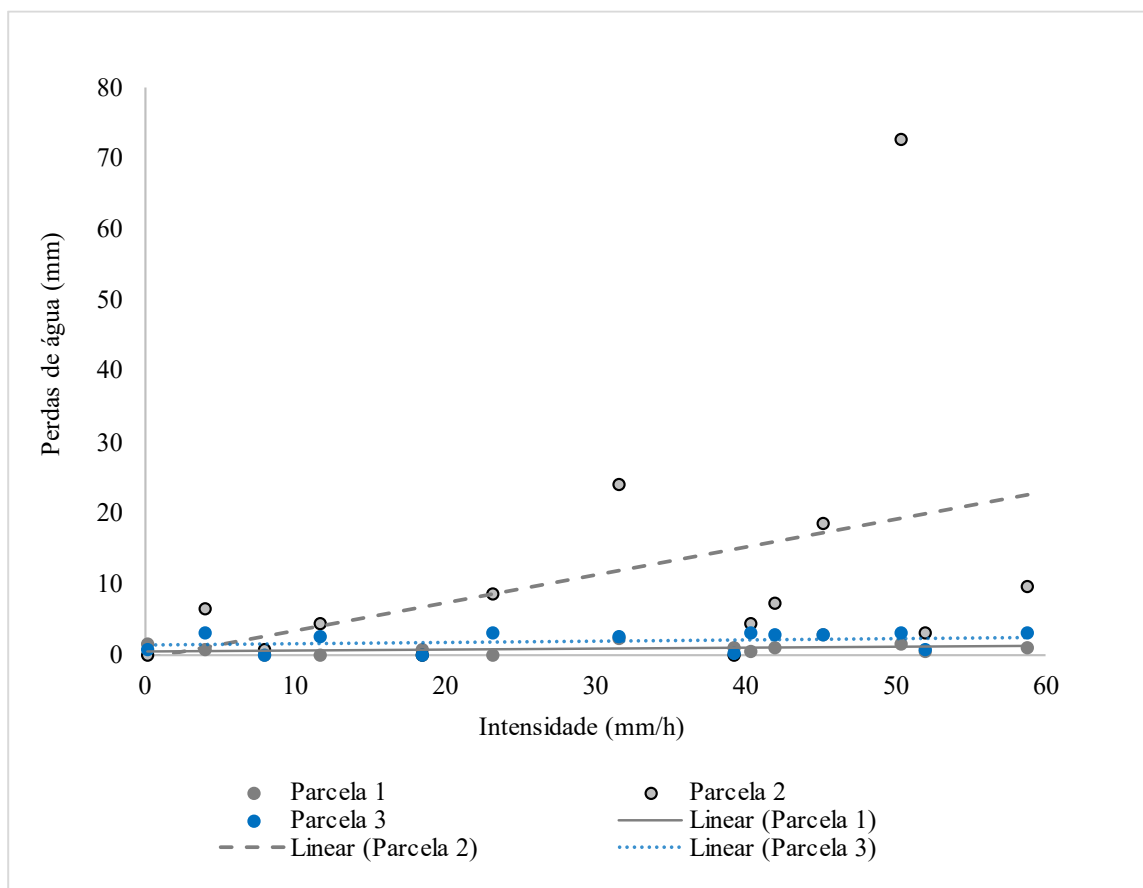
Dessa forma, nos gráficos abaixo (Figura 15 e Figura 16) encontram-se os dados de perda de solo e perda de água relacionados a intensidade máxima de precipitação em 30 minutos.

Figura 15 - Relação entre perda de solo e intensidade máxima de precipitação em 30'



Fonte: Da autora (2023).

Figura 16 - Relação entre perda de água e intensidade máxima de precipitação em 30'



Fonte: Da autora (2023).

A partir da Figura 15, é possível inferir que as perdas de solo nas parcelas 2 e 3 apresentam uma certa variabilidade com a intensidade máxima das chuvas, sobretudo na parcela 3. Contudo, para a parcela 3, essa variação dos dados observados não apresentou nenhuma tendência de proporcionalidade, ou seja, a precipitação mais intensa não foi a que proporcionou a maior perda de solo. No caso da parcela 2, a variação dos valores de perda de solo foi menor e, nessa parcela, o maior valor de perda de solo se deu para a I30 de 42 mm/h. Já na parcela 1, os valores de perda de solo variam pouco, independente da intensidade das chuvas, sendo um sinal de que as condições ambientais apresentadas na parcela 1 (declividade, IAF, serrapilheira etc.) são mais determinantes para a perda de solo do que o I30.

Na Fonte: Da autora (2023).

Figura 16, nota-se que, para as intensidades máximas entre 0 e 20 mm/h, as perdas de água tem um comportamento bastante semelhante nas três parcelas, registrando perdas de menos de 10 mm de água nos eventos registrados. Porém, a partir de 20 mm/h,

principalmente para I30 próximo de 30 mm/h e de 50 mm/h, a parcela 2 apresentou perdas de água superiores que as demais parcelas. Dessa forma, infere-se que a intensidade máxima de precipitação em 30 minutos foi um fator ambiental determinante para as perdas de água na parcela 2, evidenciando um cenário diferente das demais, pois as parcelas 1 e 3 apresentaram baixa variabilidade com o aumento da intensidade.

LI, et. al (2019) demonstraram em seu trabalho que chuvas de maiores intensidades tendem a não ser tão interceptadas pelo dossel quanto chuvas menos intensas, o que favorece o processo de erosão hídrica em chuvas mais intensas. Para este trabalho, entretanto, isto não ocorreu e chuvas mais intensas não provocaram grandes alterações na perda de solo.

Isso pode ser explicado pela cobertura do solo presente nas parcelas, dotada de uma grossa camada de serrapilheira e que impede que, mesmo que a chuva não seja interceptada pelo dossel, as gotas de chuva atinjam as partículas de solo diretamente, causando desprendimento destas e o processo erosivo. Já para as perdas de água, as menores taxas de interceptação em chuvas mais intensas e a declividade do terreno podem explicar os maiores valores obtidos na parcela 2, que apresenta declividade mais elevada que a parcela 1, que possui menor índice de área foliar, porém registrou menores perdas de água.

5 CONCLUSÕES

1. A declividade e o índice de área foliar (IAF) influenciaram no volume de água escoado nas parcelas de erosão. Quanto maior a declividade e menor o IAF, maior foi o escoamento. Contudo, o IAF não foi tão determinante quanto a declividade para os níveis de perda de solo.
2. Os valores de perda de solo se mostraram bem abaixo do limite de tolerância, já a perda de água foi mais alta neste trabalho em relação aos valores tomados de referência na literatura, apontando a importância da serrapilheira para a contenção das partículas de solo, mesmo com a ocorrência de escoamento superficial.
3. As perdas de solo nas parcelas foram proporcionais ao volume de precipitação registrado em cada evento, porém o aumento da intensidade não influenciou para o aumento das perdas de solo devido à interação da chuva com o dossel.
4. As perdas de água, na parcela 2, sofreram alterações com o aumento da intensidade, sendo maiores as perdas para chuvas mais intensas do que nas outras

parcelas, nas quais outros fatores como IAF e declividade foram mais determinantes.

Para próximos trabalhos, recomenda-se a ampliação das parcelas de solo na mesma área de Mata Atlântica, a fim de obter mais pontos amostrais e mais confiabilidade nos dados coletados, assim como a instalação de pluviômetros junto das parcelas e um estudo abrangendo a cobertura do solo de cada parcela, a fim de obter a correlação entre a camada de serrapilheira e os valores obtidos de perdas de água e solo.

Também se sugere a aplicação o cálculo do Método de Erosão Potencial, de GAVRILOVIC (1988), a fim de comparar os resultados empíricos com os dados calculados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PIRES, L. S. et al. **Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.41, n.4, p.687-695, abr. 2006.

LI, G. et al. **Influence of Canopy Interception and Rainfall Kinetic Energy on Soil Erosion under Forests.** Forests, [S.l.], v. 10, n. 6, p. 509, 2019. DOI:10.3390/f10060509. Disponível em: <http://www.mdpi.com/journal/forests>. Acesso em: 25 jun. 2023.

SILVA, J. V. da et al. **Perdas de solo e água por erosão hídrica em floresta equiânea em um Latossolo Vermelho-Amarelo.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 5, núm. 4, pp. 579-584, outubro-dezembro, 2010. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, Brasil. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119016964019>. Acesso em: 25 jun. 2023.

PINTO, G. S. et al. **Estimativa das perdas de solo por erosão hídrica utilizando o Método de Erosão Potencial.** Revista do Departamento de Geografia, v. 39, p. 62-71, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/rdg.v39i0.160233>. Acesso em: 25 jun. 2023.

RUBEL, F., M. KOTTEK, 2010: Observed and projected climate shifts 1901-2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification. Meteorol. Z., 19, 135-141. DOI: 10.1127/0941-2948/2010/0430.

MARTINS, S. G. et al. **Fator cobertura e manejo do solo e perdas de solo e água em cultivo de eucalipto e em Mata Atlântica nos Tabuleiros Costeiros do estado do Espírito Santo.** Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 517-526, set. 2010.

SOS Mata Atlântica. **Mata Atlântica.** Disponível em: <https://www.sosma.org.br/causas/mata-atlantica/>. Acesso em: 25 jun. 2023.

BERTONI, J. **Conservação do Solo.** Ícone Editora, 2021. 394p. ISBN 9788527409803.