

TAXA DE INFILTRAÇÃO DA ÁGUA E RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO EM SOLOS SUBMETIDOS A DIFERENTES USOS NA REGIÃO DA SERRA DE SUDESTE/RS

Cláudia Werner Flach

Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil
cwflach@gmail.com

Edvania Aparecida Corrêa Alves

Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil
edvania.correa86@gmail.com

Mauricio Meurer

Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil
mauriciomeurer@yahoo.com.br

RESUMO

Muitas áreas brasileiras, com grande diversidade de atributos físicos, não possuem estudos pedológicos em escalas detalhadas, o que tem dificultado a avaliação dos impactos de determinados usos da terra nas condições físicas dos solos. Assim torna-se importante desenvolver trabalhos que reforcem a necessidade de manter a qualidade do solo, visto que o manejo inadequado pode afetar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Com o objetivo de avaliar alguns indicadores da qualidade física de solos submetidos a diferentes usos da terra na Serra de Sudeste (Pelotas e Canguçu/RS), foram realizados testes de infiltração e resistência mecânica à penetração (RMP), além da caracterização de atributos morfológicos e físicos de perfis de solos. As áreas florestais e campestres apresentaram menor RMP em relação às demais. As áreas de pastagens apresentaram os menores volumes de infiltração acumulada e os maiores de RMP, sendo tal resultado reflexo provável da compactação pelo pisoteio animal. O intenso uso da terra, com poucas técnicas de manejo e conservação do solo, associado às limitações naturais dos solos e as declividades acentuadas atuam como condicionantes para a alteração das condições físicas dos solos e o desencadeamento de processos erosivos em áreas presentes na Serra de Sudeste.

Palavras-chave: Degradação dos solos. Uso da terra. Experimentação em campo.

WATER INFILTRATION SPEED AND PENETRATION RESISTANCE IN DIFFERENT LAND USE IN SOILS SUBMITTED TO DIFFERENT USES IN THE "SERRA DE SUDESTE" REGION

ABSTRACT

Although pedological studies are not recent and the soil degradation problems are widely known, many areas still do not have studies related to this subject. Thus, it is always important to develop works that reinforce the need to maintain soil quality, because the inadequate management can affect the physical, chemical and biological properties of the soil. Aiming to evaluate some physical quality indicators of soils submitted to different land use in the eastern portion of the Sul Rio Grandense Shield, in a region known as "Serra de Sudeste" (Pelotas e Canguçu/RS), water infiltration and mechanical resistance penetration (MRP) tests were performed, besides the morphological characterization of profiles and chemical and granulometric analyzes. The forest and country areas presented lower MRP in relation to the others. The pastures areas had the lowest cumulative water infiltration volumes and the highest MRP, reflecting the soil compaction observed in these areas by animal trampling. Intensive land use, with few soil management and conservation techniques associated to the natural limitations of local soils and sharp slopes, act as ideal conditions for the alteration of soil physical conditions and the triggering of erosive processes in areas of the Serra de Sudeste.

Keywords: Soil degradation. Land use. Field experimentation.

INTRODUÇÃO

O solo é definido como um conjunto de corpos naturais que ocorre na superfície terrestre e é composto por fragmentos rochosos (em diferentes estágios de desagregação), água, ar, substâncias químicas, organismos vivos e matéria orgânica (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2014). A importância do estudo do solo está relacionada com as funções que este desempenha no meio ambiente, como suporte físico para a vegetação, ciclagem de nutrientes e habitat para a fauna edáfica (BRADY e WEIL, 1999; BOUMA e MCBRATNEY, 2013; MCBRATNEY et al., 2014). São essas diferentes funções que suscitam usos variados deste recurso pela sociedade (BERTOL, 2016).

Neste contexto, a agricultura ganha destaque, uma vez que sua expansão é crescente pelo território nacional. No entanto, ao mesmo tempo em que essa expansão promove o aumento da produção agrícola visando atender as demandas nacionais e internacionais por alimentos e matéria prima, também promove a supressão da cobertura vegetal nativa para a abertura de novas áreas de cultivo (PARROTTA et al., 1997; GRAU e MITCHELL 2008; BERTOL, 2016).

Um dos primeiros impactos no solo, em razão da substituição da cobertura vegetal nativa por áreas de cultivos, é a degradação do solo (OLDEMAN et al., 1991; NUNES et al., 2018). Para Iori et al. (2012), Blanco-Canqui e Ruis (2018) e Nunes et al. (2018), o uso e o manejo inadequado favorecem a degradação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, principalmente quando este uso substitui uma área em que antes era ocupada por cobertura nativa.

A degradação física, foco deste trabalho, ocorre em razão de alterações nas características ligadas ao arranjo das partículas do solo (KOBAYAMA et al., 2001), ou seja, uma das principais causas da degradação física é a modificação dos agregados do solo (LEPSCH, 2010). Tendo em vista que os indicadores físicos da qualidade do solo estão diretamente relacionados ao pleno desenvolvimento das plantas (REICHERT et al., 2003; BLANCO-CANQUI e RUIS, 2018), é importante o entendimento de que a utilização de cada tipo de solo necessita do conhecimento de suas características físico-químicas e de suas potencialidades e restrições (MANFREDINI et al., 2009; BLANCO-CANQUI e RUIS, 2018).

Desta forma, o monitoramento da qualidade do solo através de indicadores físicos é importante para manutenção e avaliação de sua sustentabilidade, permitindo a obtenção de rendimentos economicamente viáveis, sem degradar os solos (MANFREDINI et al., 2009; SILVA et al., 2011). Dentre os indicadores mais utilizados, destacam-se a densidade, a porosidade, a resistência mecânica à penetração (RMP) e a infiltração.

Deve-se destacar que, apesar dessa separação, muitos indicadores estão amplamente relacionados. Como exemplo tem-se o processo de compactação, onde se verifica o aumento da densidade do solo devido ao rearranjo das partículas e redução da porosidade (LANGMAACK et al., 2002). Esse indicador pode ser avaliado por meio da RMP, que permite a identificação de camadas compactadas, bem como mudanças nas propriedades físicas do solo ao longo dos diferentes horizontes (REICHERT et al., 2010) auxiliando na determinação da vulnerabilidade dos solos a processos erosivos (ROSS e FIERZ, 2009), na medida em que a presença de uma camada compactada em subsuperfície altera a capacidade de infiltração, resultando no aumento do volume do escoamento superficial.

Além dos processos de compactação, fatores como a natureza e propriedades do solo, o manejo empregado e fatores externos (chuva, umidade antecedente à chuva, histórico de uso e manejo, cobertura vegetal, atividade biológica, rugosidade superficial e declividade) afetam a infiltração da água no solo (REICHERT et al., 1992; LANGMAACK et al., 2002). Neste sentido, os testes de infiltração indicam a capacidade do solo em receber e armazenar determinado volume de água ao longo do tempo (ROSS e FIERZ, 2009), refletindo características como o tamanho e a distribuição dos poros, estabilidade dos agregados e selamento superficial (REICHERT et al., 2009).

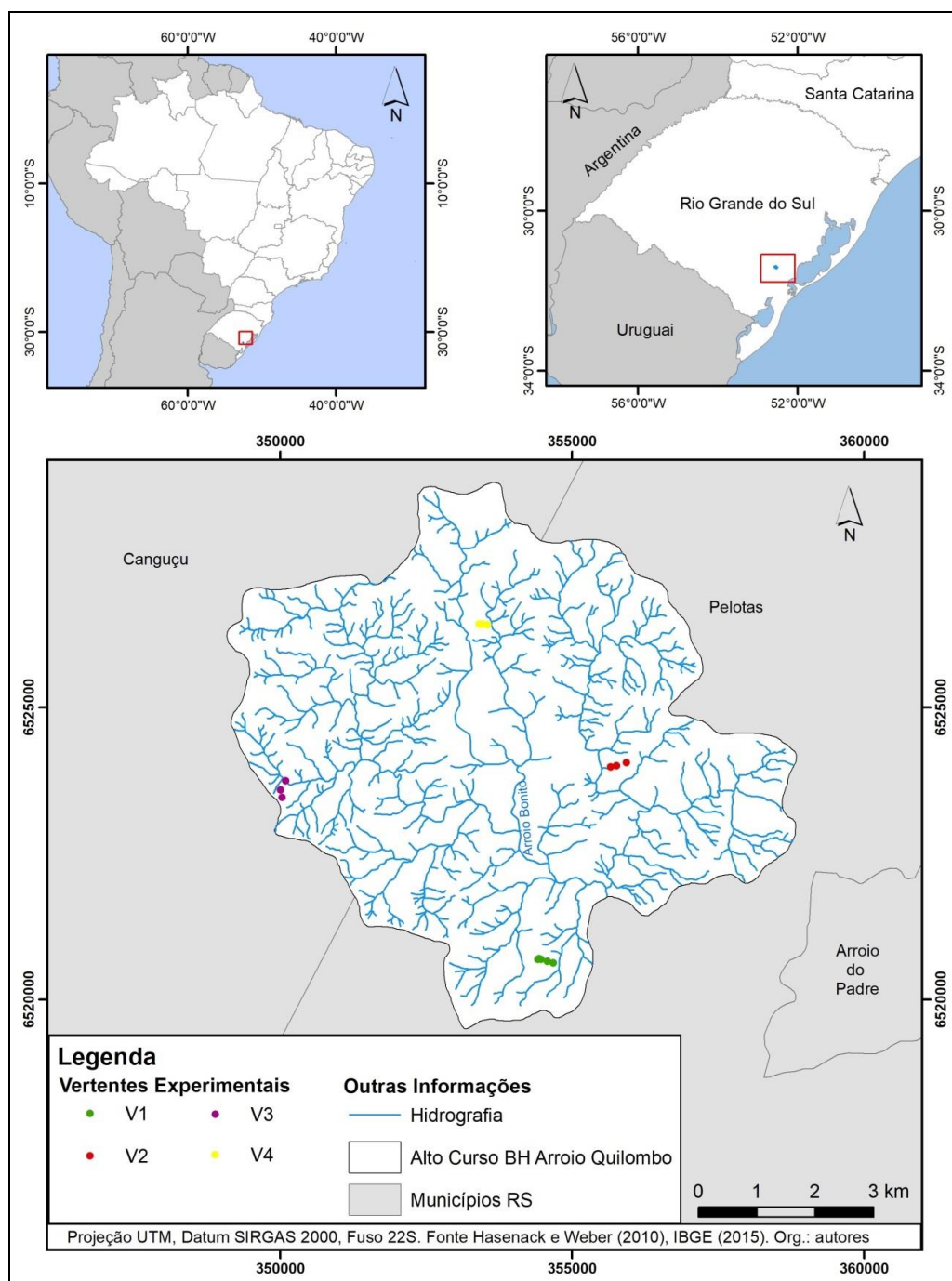
O estudo dos solos ocorrentes na Serra de Sudeste tem sido considerado como um desafio para os pesquisadores ao longo do tempo. Além da grande complexidade na distribuição dos solos, destaca-se também a dificuldade em enquadrar muitos perfis de solos junto ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018). Outras características marcantes nessa região são a presença significativa de areia e cascalhos ao longo de todo o perfil e muitos solos com horizontes escurecidos com continuidade lateral (SILVEIRA, 2006; BOTELHO, 2011; BOTELHO et al., 2014). São, no geral, solos rasos e ocorrentes em relevo ondulado a forte ondulado, denotando susceptibilidade natural destes aos processos erosivos. Associado a estes fatores, verifica-se na região a presença e expansão da fumaça (cultura temporária em plantio convencional), a qual dá a região o papel de maior produtor de fumo no Brasil.

Considerando a importância do monitoramento da qualidade do solo e as especificidades da área de estudo, o objetivo do presente trabalho é avaliar alguns indicadores da qualidade física de solos submetidos a diferentes usos da terra na Serra de Sudeste/RS.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

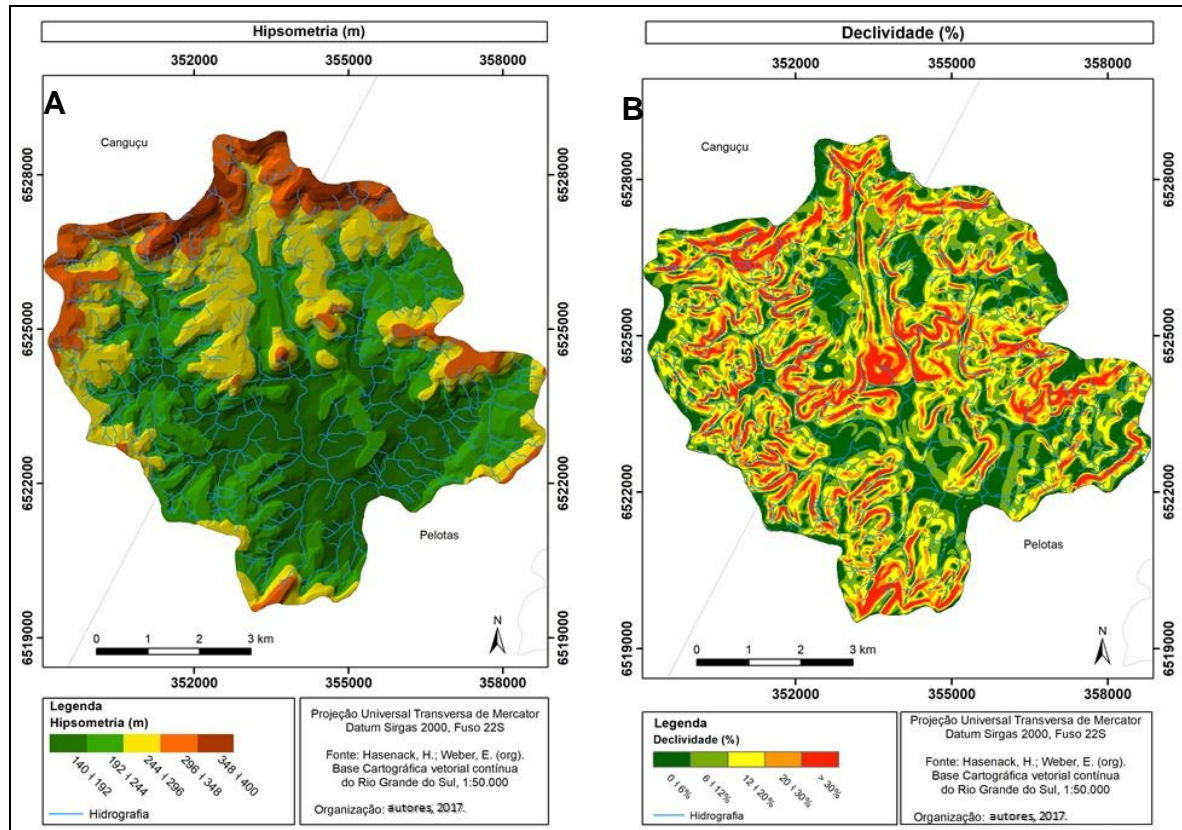
Com área de 53,29km², o alto curso da bacia hidrográfica do Arroio Quilombo localiza-se nos municípios de Pelotas e Canguçu, porção sul do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1) e enquadra-se no clima Subtropical Úmido - Cwa (classificação climática de Köppen), com inverno fresco a frio e regularidade na distribuição anual de chuvas (1.250 a 2.500mm/ano).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.



Geomorfologicamente, esta porção da Serra de Sudeste está regionalmente compartimentada em dois planaltos residuais, os Planaltos Residuais Canguçu-Caçapava do Sul, localmente mais elevados, e os Planaltos Rebaixados Marginais. Ambas as áreas apresentam o predomínio de morros com topos convexos intercalados por vertentes íngremes e suaves (NEVES, 2012). As altitudes variam de 140m a 400m, com a ocorrência de relevos suave ondulados a ondulado (Figuras 2a e 2b).

Figura 2a e 2b - Mapa de hipsometria e de declividade da área de estudo.



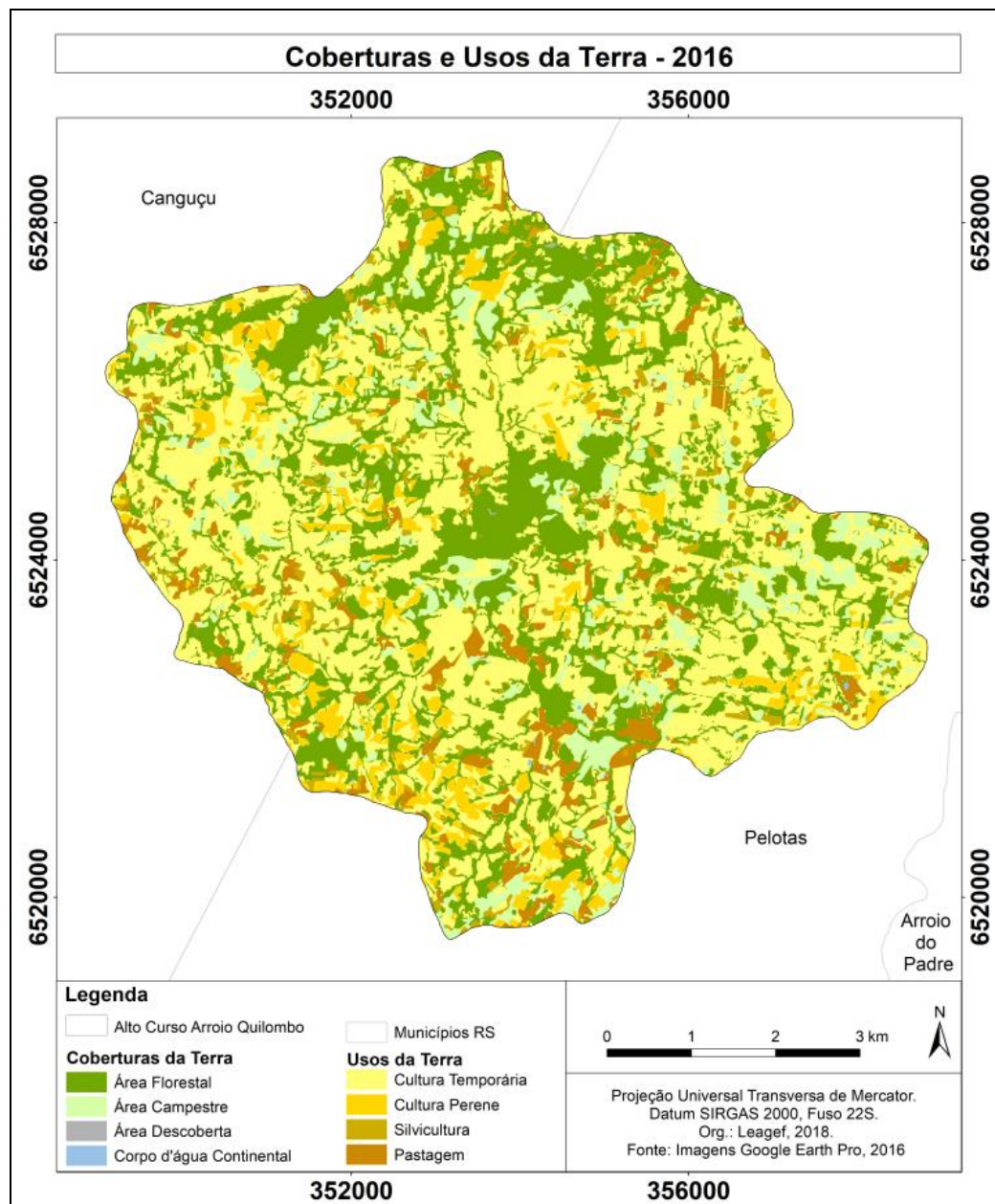
Tendo como material de origem granitos e migmatitos, destacam-se na região associações de ARGISSOLO BRUNO-ACINZENTADO, ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO e NEOSSOLO com afloramentos rochosos. Tais solos apresentam texturas variando de arenosa/média a média/argilosa e forte suscetibilidade à erosão (CUNHA e SILVEIRA, 1996; CUNHA et al., 1997).

Apesar da menor ocorrência de áreas fortemente onduladas, essas áreas desempenham papel importante nas atividades locais, tendo em vista que muitas delas são destinadas a culturas anuais. De acordo com o Mapa de Coberturas e Usos da Terra (Figura 3), predominam os usos (61,56%), em relação às coberturas (38,44%). Dentre os usos, as culturas temporárias são as mais expressivas (46,75% da área total), seguidas das culturas perenes (6,18%), das pastagens (5,28%) e das áreas de silvicultura (3,34%). Dentre as coberturas da terra, predominam as áreas florestais (30,25%), seguidas das áreas campestres (8,11%), áreas descobertas e corpos d'água continentais, em 0,04% e 0,05%, respectivamente (LEAGEF, 2018).

Tendo em vista que a área está compreendida totalmente na zona rural, a economia local é baseada nas atividades agrícolas, com destaque para as culturas temporárias. As características do relevo e os tipos de

solos presentes nessa área, associados ao uso intenso do solo e práticas de manejo praticamente inexistentes reforçam a necessidade de estudos relacionados à qualidade física do solo.

Figura 3 - Mapa de Coberturas e Usos da Terra (cenário de 2016).



Cabe ressaltar que, em grande parte das áreas com culturas temporárias, utiliza-se o sistema de cultivo convencional, principalmente nas culturas de milho e fumo. Nessas áreas, o uso é intenso, tanto em áreas com declividade suave quanto em áreas com declividade acentuada. Além disso, as práticas conservacionistas são pouco utilizadas e os processos erosivos são frequentes.

METODOLOGIA

Para a estruturação da base cartográfica, foram utilizados os seguintes materiais: informações de curvas de nível, em escala 1:50.000 de Hasenack e Weber (2010); fotografias aéreas, em escala 1:25.000 do DNPM/CPRM (1977); mapas temáticos de hipsometria e declividade em escala 1:50.000, de solos em

escala 1:100.000 (CUNHA e SILVEIRA, 1996) e 1:200.000 (CUNHA et al., 1997), de geologia em escala 1:250.000 (CPRM, 2000) e esboço fotopedológico da área de estudo (FLACH, 2018).

A base cartográfica da área de estudo foi estruturada no *software* ArcGIS 10.5 (licença de estudo), o que permitiu determinar os transectos traçados do divisor de águas ao fundo de vale. Esses transectos serviram de base para a determinação dos pontos nas vertentes experimentais, nos quais seriam realizados os testes de infiltração e RMP, além da coleta de amostras de solo com trado holandês.

Os dados da precipitação acumulada foram obtidos junto ao Laboratório de Agrometeorologia, com sede na Embrapa Clima Temperado (Pelotas/RS). Esse laboratório oferece dados em tempo real, o que permitiu verificar a precipitação total acumulada nos 15 dias que antecederam a realização dos testes em campo.

Para a averiguação do histórico de coberturas e usos da terra, foram utilizadas fotografias aéreas de 1977 (DNPM/CPRM, 1977), imagens de satélite do *software* Google Earth Pro dos anos de 2006, 2010, 2014 e 2016 e verificação *in loco*, para o ano de 2018.

Os trabalhos de campo, realizados em março e abril de 2018 permitiram a divisão das 4 vertentes experimentais. Essas vertentes foram escolhidas com base nas quebras de declive, nas diferentes coberturas e usos da terra (CUT), nas variações de unidades de solos, além da proximidade com estradas e com locais que permitiam o abastecimento de água para os testes de infiltração. Desta forma, a vertente experimental 1 foi dividida em 5 pontos amostrais e as vertentes experimentais 2, 3 e 4 em 3 pontos amostrais cada.

Os testes de infiltração e RMP foram realizados com 3 repetições em cada ponto. A determinação das curvas de infiltração de água foi efetuada por meio de anéis concêntricos de PVC, sendo o diâmetro do anel interior de 14,5cm e do exterior de 24cm (Figura 4a).

Figura 4a e 4b - Anéis concêntricos de PVC para estimativa da taxa de infiltração média e penetrômetro de impacto para aquisição da resistência mecânica do solo à penetração.



A leitura da lâmina d'água infiltrada foi efetuada nos primeiros 30 segundos e após, a cada 1 minuto até atingir 30 minutos (BARBOSA, 2010; CORRÊA, 2016). Para o cálculo do volume de água infiltrado, inicialmente realizou-se a média aritmética dos dados de cada repetição para cada minuto e em seguida, o volume infiltrado foi obtido por meio da fórmula 1:

$$Vol = \pi.r^2.h \quad (1)$$

Onde:

Vol – volume total infiltrado;

r – raio;

h – diferença entre altura do nível de água registrado a ser calculado e a altura registrada no minuto anterior.

Com base na soma dos volumes infiltrados a cada minuto, foi elaborado o gráfico de infiltração acumulada (ao longo dos 30 minutos) para cada ponto.

Os dados de RMP foram obtidos com o uso de penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar–Stolf, com peso de 4Kg e curso em queda livre de 0,4m (Figura 4b). As leituras dos dados foram realizadas com profundidade mínima de 0,3m, porém não ultrapassando 0,4m, tendo em vista o predomínio de solos rasos e cascalhentos na área de estudo. O índice de penetração (IP) foi obtido através da equação 2 (STOLF, 1991):

$$IP = \frac{ni}{p} \quad (2)$$

Sendo:

IP – índice de penetração (número de impactos/dm);

ni – número de impactos;

p – profundidade (dm).

Em seguida, os dados foram transformados em mPa através da equação 3 (STOLF, 1991):

$$R = (5,6 + 6,98 \times IP) \times 0,098 \quad (3)$$

Onde:

R – resistência mecânica do solo à penetração (mPa);

IP – índice de penetração (número impactos/dm).

Para auxiliar na classificação dos solos, foram descritos 20 perfis ao longo da área de estudo, todos realizados em cortes de estradas, levando em consideração a dificuldade em adentrar em áreas particulares. Esses perfis subsidiaram a classificação e a descrição morfológica de amostras de solos (FLACH, 2018). Em todos os pontos onde foram realizados os testes de infiltração e RMP, foram coletadas amostras de solo para descrição morfológica (textura e cor) e para análise laboratorial (coletadas em intervalos de 0,2m de profundidade). A profundidade de coleta de amostras foi variável, de acordo com a presença de horizonte Cr ou com o grau de compactação do solo: até 20cm (V2P1, V3P1), 25cm (V4P1, V4P2), 30cm (V1P1, V1P2, V1P5, V2P2, V2P3, V4P3), 35cm (V3P2), 40cm (V1P3), 50cm (V1P4) e até 60cm (V3P3). Essas amostras foram analisadas no laboratório do Departamento de solos/Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa. Para a análise granulométrica, foram obtidos os teores de areia grossa e fina, silte e argila pelo método da Pipeta (EMBRAPA, 1997) bem como a classificação textural do solo. Posteriormente foi realizada a classificação dos solos conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018).

RESULTADOS

A precipitação total acumulada nos 15 dias que antecederam a realização dos testes variou de 25,9mm a 34,4mm (AGROMET, 2018). O histórico de coberturas e usos da terra nas vertentes experimentais é apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Histórico de CUT nas vertentes experimentais.

VERTENTE 1						
	1977	2006	2010	2014	2016	2018
V1P1	CT	Silv.	Silv.	Silv.	Silv.	Silv.
V1P2	CT	CP	CP	CP	CP	CP
V1P3	CT	CP	CP	CP	CP	CT
V1P4	Past.	Past.	Past.	Past.	Past.	Past.
V1P5	AF	AF	AF	AF	AF	AF

VERTENTE 2						
	1977	2006	2010	2014	2016	2018
V2P1	CT	CT	CT	CT	CT	CT
V2P2	CT	CT	CT	CT	CT	CT
V2P3	AF	AF	AF	AF	AF	AF

VERTENTE 3						
	1977	2006	2010	2014	2016	2018
V3P1	CT	CT	CT	CT	CT	CT
V3P2	CT	CT	CT	CT	CT	CT
V3P3	AF	AC	CT	Past.	Past.	Past.

VERTENTE 4						
	1977	2006	2010	2014	2016	2018
V4P1	AC	AC	AC	AC	CT	CT
V4P2	CT	CT	CT	CT	CT	AC
V4P3	CT	Silv.	Silv.	Silv.	Silv.	Silv.

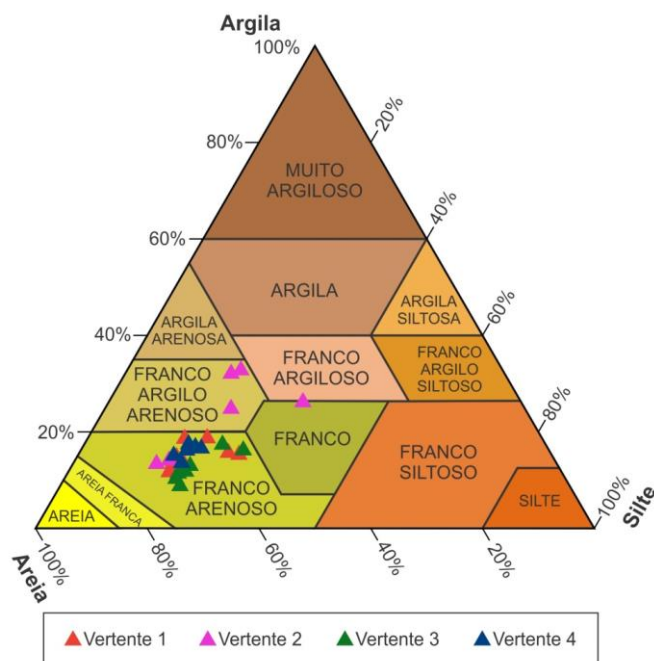
Legenda

AF Área Florestal	CP Cultura Perene
AC Área Campestre	Silv. Silvicultura
CT Cultura Temporária	Past. Pastagem

Fonte - DNPM/CPRM (1977), GOOGLE EARTH PRO (2006, 2010, 2014, 2016) e trabalho de campo realizado em 2018.

Na Figura 6 encontram-se os dados da análise granulométrica de cada ponto onde foram realizados os testes de infiltração e de RMP.

Figura 6 - Distribuição textural das amostras coletadas nos pontos onde foram realizados os testes de infiltração e de RMP.



Da mesma maneira, na tabela 1 são apresentados os dados da análise granulométrica de cada ponto onde foram realizados os testes de infiltração e de RMP bem como os dados sínteses da análise morfológica e classes de solos de cada ponto avaliado.

Tabela 1 - Síntese dos indicadores físicos do solo e associações de solos nos pontos das vertentes experimentais.

Ponto	*P (m)	Textura				**CT	***E	****C	Classes de solos (FLACH 2018)
		Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				
V1P1	0 - 0,2	56,4	13,6	17,8	12,2	FA	G	S	RL e RR
	0,2 - 0,3	62,5	6,6	18,3	12,5	FA	G	S	
V1P2	0 - 0,2	55	12,2	17,6	15,3	FA	BSA	M	RL e RR
V1P3	0 - 0,2	52,5	11,3	17,1	19,1	FA	BSA	M	RL e RR
	0,2 - 0,5	48,8	10,9	21,1	19,2	FA	BSA	LPP	
V1P4	0 - 0,5	54,1	14,4	17,6	13,9	FA	BSA	LD	RL e RR
V1P5	0 - 0,3	43,7	13,7	26,4	16,2	FA	BSA	LD	RL e RR
V2P1	0 - 0,25	32,7	13,9	20,1	33,3	FAA	G	S	RL e RR
V2P2	0 - 0,3	87,7	13,7	14,7	13,9	FA	BSA	LD	RL e RR
V2P3	0 - 0,2	15,8	23,0	34,5	26,7	F	BSA	M	RL e RR
	0,2 - 0,3	40,9	11,5	22,3	25,3	FAA	G	S	
V3P1	0 - 0,2	48,8	20,7	21,2	9,3	FA	-	-	RR, RL e PBAC
	0,2 - 0,35	-	-	-	-	-	-	-	
V3P2	0 - 0,4	48,7	19,8	19,6	11,9	FA	BSA	LD	RR, RL e PBAC
V3P3	0 - 0,6	49,7	17,3	20,7	12,3	FA	BSA	LD	RR, RL e PBAC
V4P1	0 - 0,25	41,8	25,0	19,1	14,1	FA	G	S	PBAC, RL e RR
V4P2	0 - 0,25	52,0	10,7	19,9	17,4	FA	G	S	PBAC, RL e RR
V4P3	0 - 0,3	53,6	10,0	18,4	18,0	FA	G	S	RL, RR e PBAC

* P: profundidade

** CT: classe textural (FA: franco arenosa. FAA: franco argilo arenosa. F: franca)

*** E: estrutura (G: granular. BSA: blocos sub angulares)

**** C: Consistência (S: solta. M: macia. LPP: ligeiramente plástica e pegajosa. LD: ligeiramente dura)

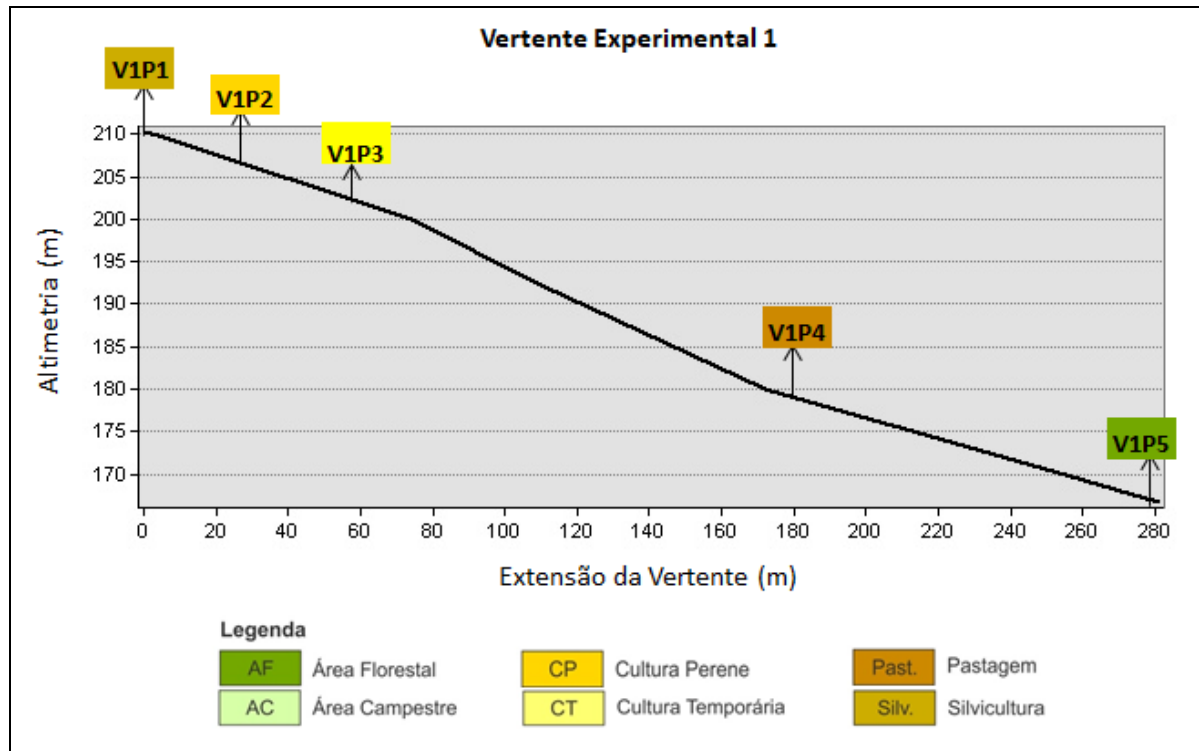
Classes de Solos (RR: Neossolo Regolítico. RL: Neossolo Litólico. PBAC: Argissolo Bruno Acinzentado).

Fonte - Flach (2018).

Vertente Experimental 1

Com variação altimétrica de 57m (216m – 159m) (Figura 7) e declividade entre 12 a 20%, essa vertente experimental foi dividida em 5 pontos (V1P1, V1P2, V1P3, V1P4 e V1P5), de modo que os testes de infiltração e RMP fossem realizados em diferentes CUT.

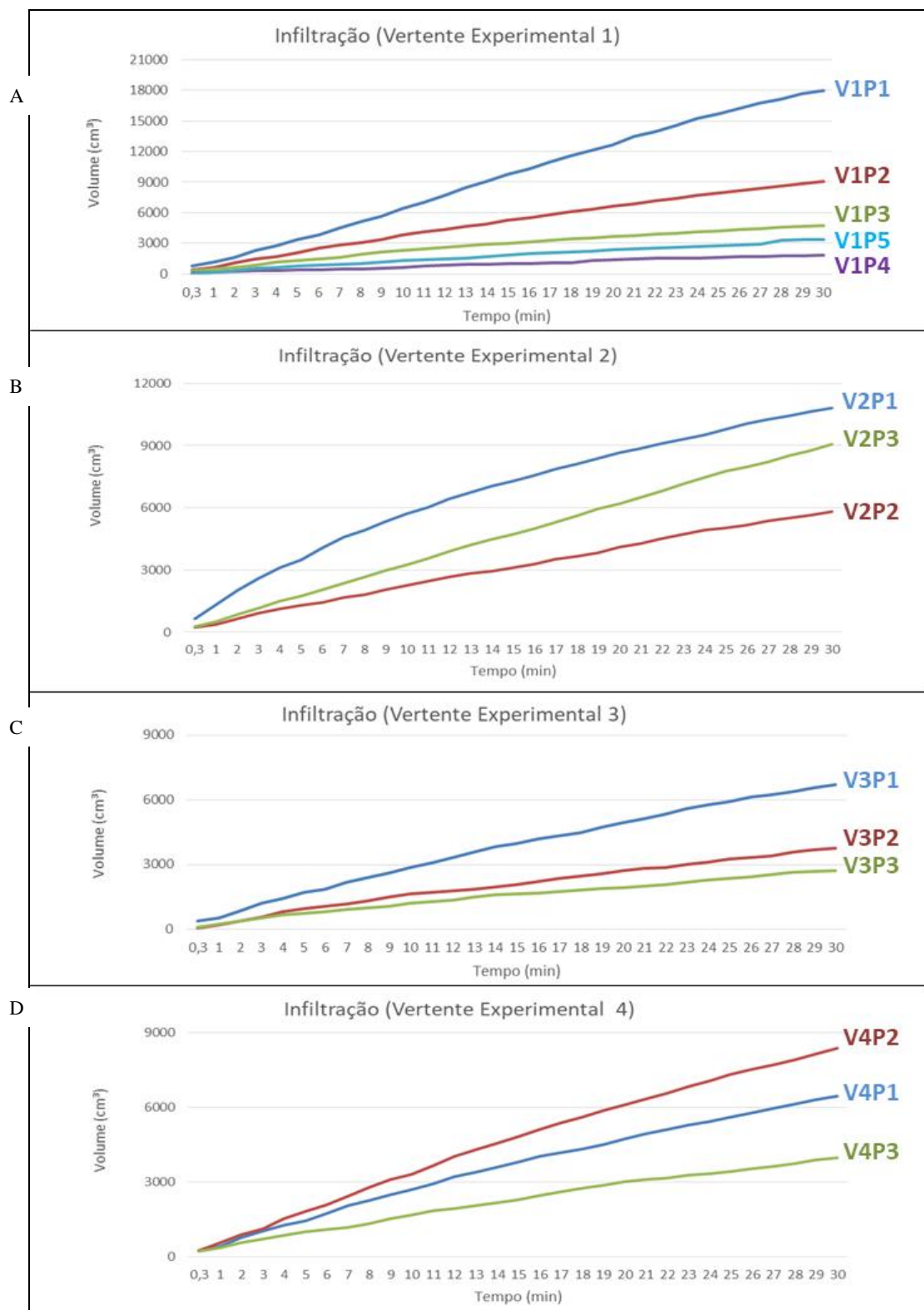
Figura 7 - Perfil topográfico da vertente experimental 1.



As informações referentes às análises físicas do solo da vertente experimental 1 encontram-se sintetizadas na Tabela 1. Nessa vertente, as amostras de solo foram coletadas em profundidade entre 0,3m e 0,5m. Quanto a textura, todos os pontos apresentaram textura franco arenosa. O primeiro ponto apresentou estrutura granular e todos os demais, blocos sub angulares. A consistência foi mudando em profundidade, sendo classificada como solta, macia, ligeiramente plástica e pegajosa e ligeiramente dura. Os três primeiros pontos foram coletados em área com associação de Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico, e os dois últimos em associação de Neossolo Regolítico e Neossolo Litólico (Tabela 1).

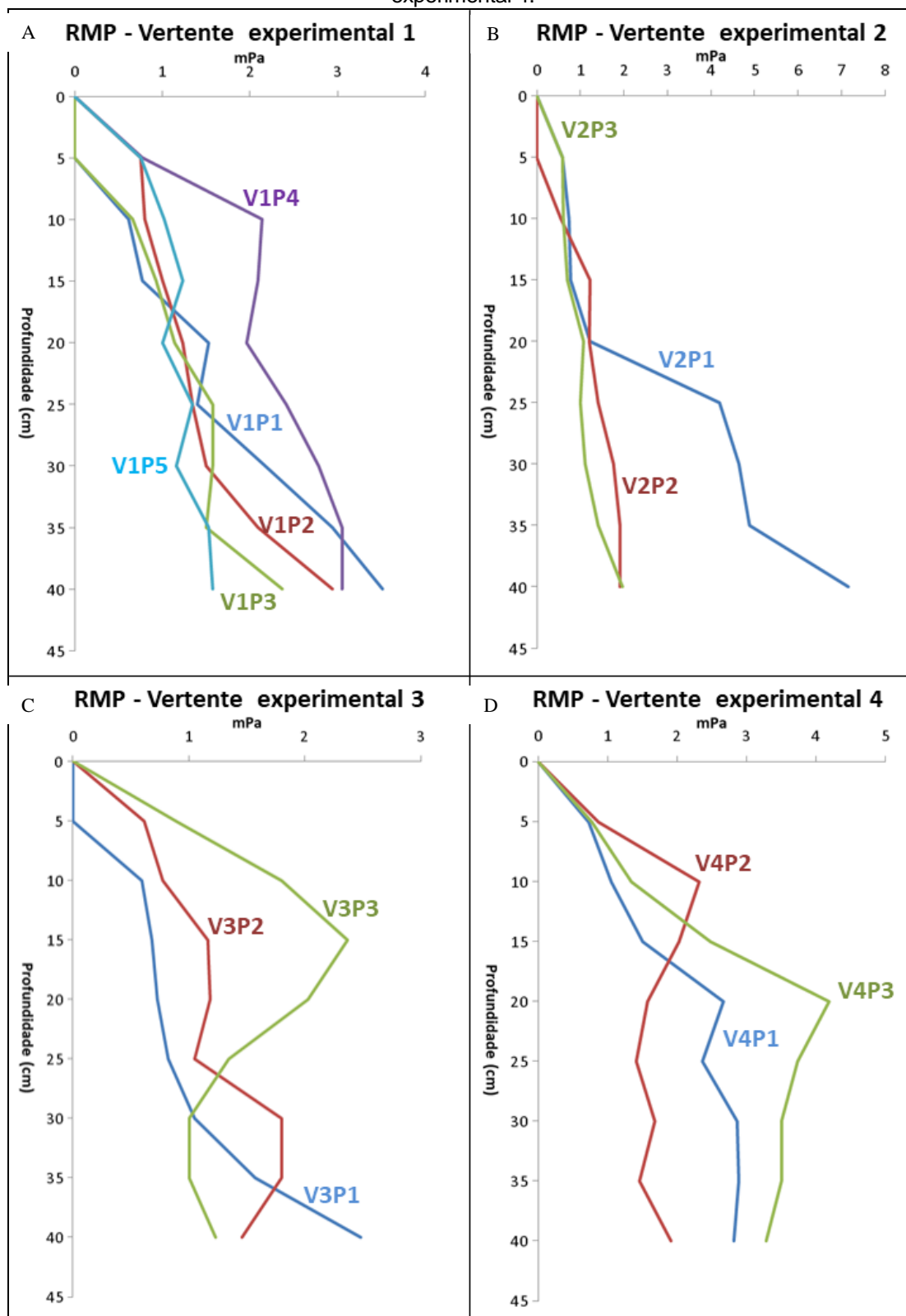
De acordo com os testes de infiltração (Figura 8), a V1P1 apresentou o maior volume infiltrado, com 17.979 cm³ de infiltração acumulada. Esse volume pode ser explicado pelas características do solo no local, ou seja, arenoso e com expressiva quantidade de cascalho, além da espessa camada de serapilheira oriunda da silvicultura. Já a V1P4 apresentou a menor infiltração acumulada, com 1.804,5cm³, o que pode estar relacionado com circulação de animais e o uso prolongado da pastagem, com registros desse uso desde 1977. Como a textura de todos os pontos avaliados neste transecto é franco-arenosa e a profundidade é similar, é possível diagnosticar processo de compactação.

Figura 8 - a) Infiltração acumulada em diferentes usos na vertente 1. b) a) Infiltração acumulada em diferentes usos na vertente 2. c) Infiltração acumulada em diferentes usos na vertente 3. d) Infiltração acumulada em diferentes usos na vertente 4.



Quanto a RMP (Figura 9a), na V1P1, V1P2, V1P3 e V1P5, os valores foram similares, principalmente na camada de 0 a 0,15m. Os valores de RMP a partir de 0,3m da V1P1, V1P2 e V1P5 podem estar relacionados ao horizonte Cr, visto que as tradagens foram realizadas até 0,3m.

Figura 9. a) RMP em diferentes coberturas e usos ao longo da vertente experimental 1. b) RMP em diferentes coberturas e usos ao longo da vertente experimental 2. c) RMP em diferentes coberturas e usos ao longo da vertente experimental 3. d) RMP em diferentes coberturas e usos ao longo da vertente experimental 4.



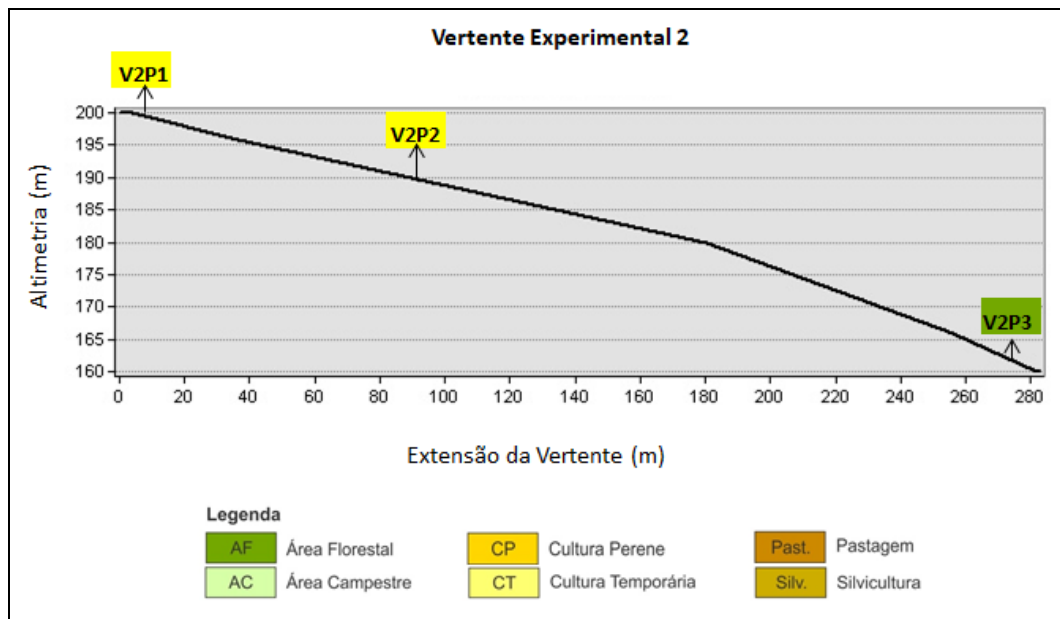
A V1P4 apresenta os maiores valores de RMP, com significativo aumento entre 0,05 e 0,1m, variando de 0,78 mPa à 2,14 mPa nesse intervalo. Esses valores de RMP podem ser explicados pelo tempo de uso da

área, ou seja, pelo menos 40 anos com pastagem nativa e carga animal constante, sem revolvimento do solo. Conforme pode ser verificado, a V1P4 apresentou os menores volumes de infiltração acumulada e os maiores valores de RMP, indicando processo de compactação do solo.

Vertente experimental 2

Com variação altimétrica de 13m (212m – 199m) (Figura 10) e declividade inferior a 6% nos pontos 1 e 3 e entre 20 a 30% no ponto 2, essa vertente experimental foi dividida em 3 pontos (V2P1, V2P2 e V2P3), de modo que os testes de infiltração e RMP fossem realizados em diferentes CUT. O histórico de CUT em cada ponto encontra-se sintetizado na Figura 5.

Figura 10 - Perfil topográfico da vertente experimental 2.



As informações referentes às análises físicas do solo, da vertente experimental 2 encontram-se sintetizadas na Tabela 1. Nessa vertente, as amostras de solo foram coletadas em profundidade entre 0,25m e 0,3m. Quanto a textura, estrutura e consistência, todos os pontos apresentaram classificações distintas. Os pontos foram coletados em área com associação de Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico e em associação de Neossolo Regolítico e Neossolo Litólico (Tabela 1).

De acordo com os testes de infiltração (Figura 8), a V2P1 apresentou o maior volume infiltrado, com 10.805cm³. Esse valor está relacionado a presença de cascalhos no solo, correspondendo a cerca de 50% da amostra. Já a V2P2 apresentou a menor infiltração acumulada, com 5.815,1cm³, que pode estar relacionado a presença de cascalhos na parte superior do solo e aumento de silte e argila em profundidade.

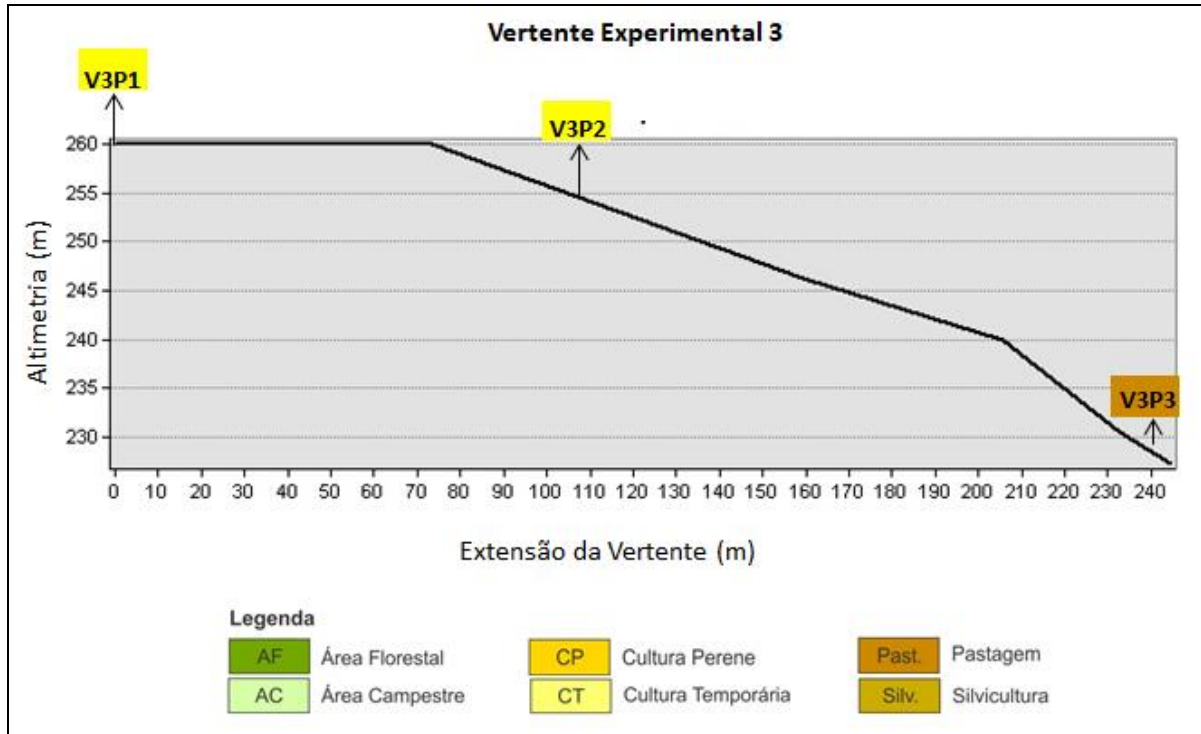
Quanto à RMP (Figura 9), a V2P2 apresentou aumento progressivo da RMP em função da profundidade, que pode estar relacionado ao aumento do teor de silte e argila em profundidade. Já a V2P1 e a V2P3 apresentaram valores semelhantes até a profundidade de 0,2m. A partir dos 0,2m de profundidade, a V2P1 apresentou considerável aumento da RMP, atingindo 7,16mPa aos 0,4m de profundidade. Esse aumento da RMP a partir dos 0,2m, na V2P1, se deve a pouca profundidade do horizonte e à expressiva quantidade de cascalho em profundidade (cerca de 50% da amostra). No local, a tradagem só foi possível até 0,25m, indicando possivelmente a presença de horizonte Cr.

Vertente experimental 3

Com variação altimétrica de 18m (302m – 284m) (Figura 11) e declividade inferior a 6% no ponto 1 e entre 6 a 12% nos pontos 2 e 3, essa vertente experimental foi dividida em 3 pontos (V3P1, V3P2 e

V3P3), de modo que os testes de infiltração e RMP fossem realizados em diferentes CUT. A Figura 5 traz o histórico de CUT em cada ponto.

Figura 11 - Perfil topográfico da vertente experimental 3.



As informações referentes às análises físicas do solo, da vertente experimental 3 encontram-se sintetizadas na Tabela 1. Nessa vertente, as amostras de solo foram coletadas em profundidade entre 0,35m e 0,6m. Os pontos apresentaram textura franco arenosa, estrutura em blocos sub angulares e consistência ligeiramente dura. Os três pontos foram coletados em área com associação de Neossolo Regolítico, Neossolo Litólico e Argissolo Bruno Acinzentado (Tabela 1).

De acordo com os testes de infiltração (Figura 8), a V3P1 apresentou o maior volume infiltrado, com 6.700,9cm³. Esse valor pode estar relacionado com a grande quantidade de cascalho na parte superior do perfil e aumento de areia fina em profundidade. Já a V3P3 apresentou a menor infiltração acumulada totalizando 2.734,3cm³. Esse volume pode estar relacionado ao tempo de ocupação da área (cobertura florestal em 1977, campestre em 2006, cultura temporária em 2010 e pastagem a partir de 2014) e ao aumento de silte e argila em profundidade.

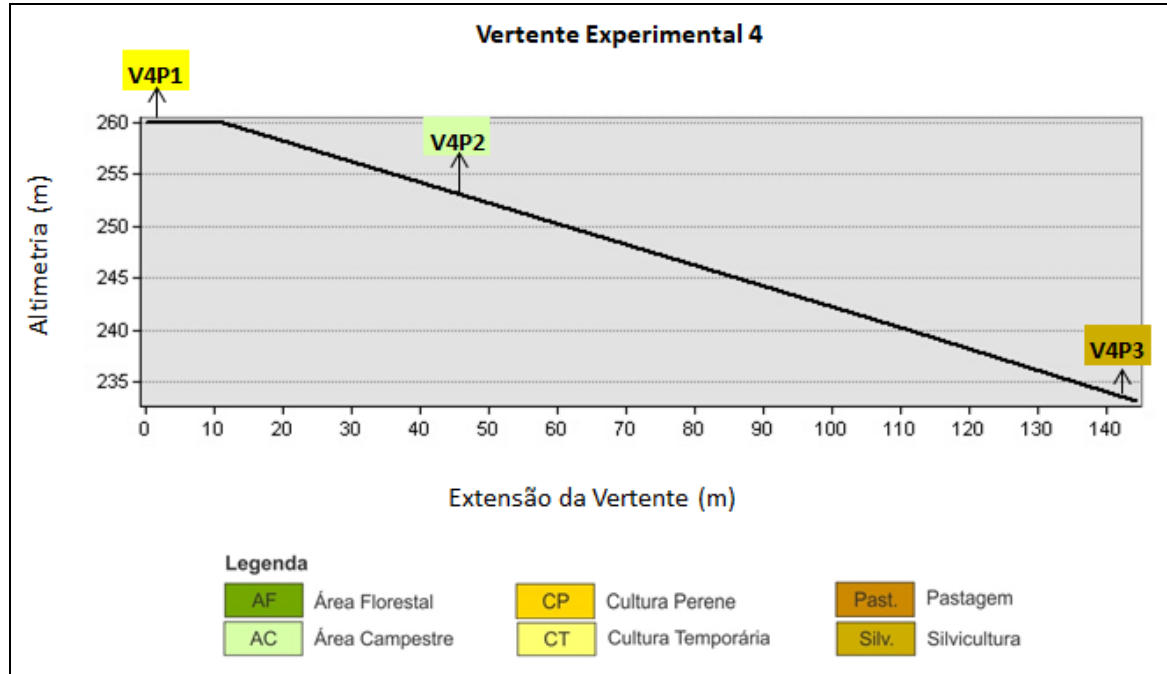
Quanto à RMP (Figura 9), a V3P1 apresentou aumento progressivo, sendo registrado 2,49 mPa aos 0,4m de profundidade, que pode estar relacionado com a presença de cascalhos, tanto em superfície, quanto em profundidade. Os valores de RMP da V3P2 estão relacionados a compactação na camada superior do solo, enquanto que em profundidade, esses valores relacionam-se a presença do horizonte C. Por fim, a V3P3 apresentou a maior oscilação de RMP, com aumento expressivo nos primeiros 0,15m, atingindo 2,37 mPa, o que pode estar relacionado com a presença do sistema radicular bem coeso e com a compactação pelo pisoteio do gado. Nesse ponto fica evidente a relação entre a infiltração e a RMP, visto que apresentou os maiores valores de RMP e o menor volume de infiltração acumulada.

Vertente experimental 4

Com variação altimétrica de 27m (281m – 254m) (Figura 12) e declividade entre 12 a 20% no ponto 1 e entre 20 a 30% nos pontos 2 e 3, essa vertente experimental foi dividida em 3 pontos (V4P1, V4P2

e V4P3), de modo que os testes de infiltração e RMP fossem realizados em diferentes CUT. A Figura 5 traz o histórico de CUT em cada ponto.

Figura 12 - Perfil topográfico da vertente experimental 4.



As informações referentes às análises físicas do solo, da vertente experimental 4 encontram-se sintetizadas na Tabela 1. Nessa vertente, as amostras de solo foram coletadas em profundidade entre 0,25m e 0,3m. Quanto a textura, todos os pontos apresentaram textura franco arenosa, estrutura granular e consistência solta. Os dois primeiros pontos foram coletados em área com associação de Argissolo Bruno Acinzentado, Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico e o último ponto, em associação de Neossolo Litólico, Neossolo Regolítico e Argissolo Bruno Acinzentado (Tabela 1).

De acordo com os testes de infiltração (Figura 8), a V4P2 apresentou os maiores volumes de infiltração acumulada, com 8.373,3 cm³, enquanto que a V4P3 apresentou os menores volumes infiltrados, com 3.983,1 cm³.

Quanto à RMP (Figura 9), a V4P3 apresentou os valores mais elevados, atingindo 4,2 mPa aos 0,2m. Esses valores podem estar relacionados a presença significativa de cascalho no solo, cerca de 50% da amostra e a ocorrência de horizonte C. Nas V4P1 e V4P2, os valores mais elevados de RMP também são indicativos da presença de horizonte C.

DISCUSSÃO

Com base nos testes de infiltração e RMP, foi possível estabelecer algumas relações com as CUT na área de estudo. Os resultados obtidos nesse trabalho indicaram que as áreas com cultivos, de forma geral, apresentaram maiores volumes de infiltração acumulada ao longo dos 30 minutos. Ressalta-se que todos os testes de infiltração foram realizados em áreas com sistema de cultivo convencional, muitas das quais haviam sido recentemente revolvidas. Além disso, grande parte dos solos locais apresentam elevados teores de areia (principalmente areia grossa), bem como expressivas quantidades de cascalho ao longo dos perfis.

Em três vertentes experimentais, o maior volume de infiltração foi registrado na área de topo (V1P1, V2P1 e V3P1). Ou seja, na área de estudo, essas áreas podem ser consideradas como zonas de infiltração e

alimentação do lençol freático. No ponto com silvicultura (V1P1), a espessa camada de serapilheira também pode ser determinante para volume infiltrado, enquanto que nas áreas com cultivo de fumo (V2P1 e V3P1), pode-se atribuir o volume de infiltração ao recente revolvimento do solo associado a posição topográfica. De acordo com Moraes (2012), áreas de topo de vertentes suaves são mais favoráveis a infiltração, visto que nas áreas mais baixas podem ocorrer fluxos subsuperficiais que contribuem para a redução da capacidade de infiltração.

Por outro lado, os menores volumes de infiltração foram registrados nas duas áreas de pastagem, resultado também verificado por Pinheiro et al. (2009). Estudos de Miguel et al. (2009), realizados em área com pastagem perene, concluíram que a infiltração de água no solo diminui em função da intensidade de pisoteio.

Quanto à RMP, as áreas florestais e campestres apresentaram menor resistência à penetração, diferindo das áreas de pastagem e silvicultura, com maior RMP. As áreas de pastagem das duas vertentes experimentais apresentaram os maiores valores de RMP. De acordo com Debiasi e Franchini (2012), o comportamento da RMP em profundidade está relacionado com a pressão de pastejo, de modo que pouca carga animal resulta no aumento da compactação até 0,1m e maior carga animal resulta no aumento da compactação a partir dos 0,1m. Outro aspecto que influencia nos maiores valores de RMP, em áreas com lavouras temporárias e permanentes, segundo Correa et al. (2014), é a presença de um sistema radicular mais desenvolvido na profundidade de 0 à 15cm.

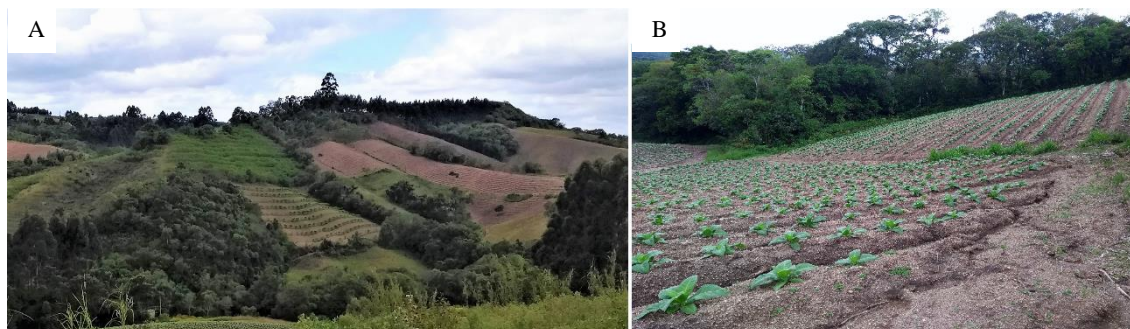
Considerando esses dois pontos de pastagem, constata-se que a V1P4 apresentou menor volume de infiltração e maior RMP quando comparado com a V3P3. Esse fato pode estar relacionado ao tempo de uso das áreas de pastagem, visto que a V1P4 apresenta registros deste uso desde 1977 e a V3P3 a partir de 2010. Para Minosso et al. (2017), apesar das áreas de pastagem manterem uma cobertura vegetal constante, grande parte dos macroporos são preenchidos por raízes e o pisoteio dos animais acaba compactando as camadas superficiais do solo.

Para Pires et al. (2006), quando comparadas as áreas florestais e de silvicultura (eucalipto), os maiores valores de RMP são registrados na silvicultura, principalmente na camada entre 0,1 e 0,2m de profundidade. Dados semelhantes foram encontrados por Portugal et al. (2010), onde as áreas florestais apresentaram os menores valores de RMP. Já em áreas com culturas permanentes (laranjeira), ocorrem valores intermediários de RMP na camada de 0 à 0,2m (PORTUGAL et al., 2010). Na área de estudo, foram obtidos valores semelhantes, com maior RMP nas áreas de silvicultura, quando comparados com as áreas florestais. Assim como no estudo de Portugal et al. (2010), a área com cultura permanente apresentou valores de RMP intermediários.

Quanto aos solos presentes na área de estudo, ocorrem associações entre três tipos de solos: Argissolo Bruno Acinzentado, Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico. Ou seja, solos com limitações quanto ao uso. Para Streck et al. (2008), as limitações dos Argissolos estão relacionadas com a drenagem e com a mudança textural abrupta. Quando acinzentados ou bruno acinzentados, esses solos apresentam drenagem moderada ou imperfeita, que pode ocorrer devido a mudança textural abrupta, saturando rapidamente os horizontes superficiais. Em declividades acentuadas, essa mudança textural pode resultar em processos erosivos. Nos Neossolos Litólicos, as limitações estão ligadas a pouca profundidade do perfil, ao contato dos horizontes diretamente sobre a rocha decomposta, principalmente quando associado à declividade acentuada, a pedregosidade e presença de afloramentos rochosos (STRECK et al., 2008). Já os Neossolos Regolíticos, as limitações estão relacionadas a grande quantidade de material pouco alterado ao longo do perfil (STRECK et al., 2008). Ou seja, as características dos Neossolos também favorecem os processos erosivos.

No caso da área de estudo, as características naturais dos solos associadas ao relevo denotam caráter natural de elevado potencial aos processos erosivos. Apesar destas características limitrofes naturais, o que se verifica, conforme apresentado na figura 3 e na figura 13a é o intenso uso da terra. Verifica-se também que a fumicultura, em ampla expansão na região, é executada com poucas práticas conservacionistas (Figura 13b) e que nas áreas de pastagens não são executadas práticas de manejo. Como resultado, tem-se a modificação das características físicas dos solos nas áreas de pastagens e a visualização de processos erosivos lineares junto às culturas temporárias.

Figuras 13a e 13b - Relevo Ondulado com intenso uso na área de estudo; Feições erosivas lineares em plantio de fumo na área de estudo.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível verificar que os usos da terra influenciam na resistência mecânica à penetração (áreas florestais e campestres apresentaram menor RMP em relação às demais) e na infiltração (áreas de pastagens apresentaram os menores volumes de infiltração acumulada - uma das causas prováveis da compactação é o pisoteio animal).

As áreas de topo, por possuírem maior infiltração, são zonas necessárias à recarga do lençol freático. No entanto, o uso da terra nessas áreas (especialmente com culturas temporárias e com pouco uso de práticas conservacionistas) pode aumentar as perdas de solo em ocasiões de precipitação intensa.

O intenso uso da terra, com poucas técnicas de manejo e conservação do solo, associado às limitações naturais dos solos e as declividades acentuadas acabam condicionando alterações das propriedades físicas dos solos e desencadeando processos erosivos na área de estudo.

Desta forma, é fundamental a continuidade dos estudos da qualidade física dos solos, bem como dos processos de degradação na Serra de Sudeste. Da mesma maneira, verifica-se a necessidade da adoção de um planejamento de uso da terra bem como de práticas conservacionistas para assegurar as boas condições físico-químicas dos solos. Evidencia-se ainda mais a continuidade dos estudos quando considerada a expansão da fumicultura na região, atividade esta comumente praticada em áreas com elevada declividade, solos rasos e com poucas ou inexistentes técnicas de conservação do solo.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo apoio financeiro por meio do projeto "Análise de desempenho dos modelos de perda de solo MEUPS e EUPS: contribuição em uma bacia hidrográfica sulina" (Edital ARD 01/2017).

REFERÊNCIAS

AGROMET – **Estação Agroclimatológica de Pelotas. Boletim Agroclimatológico de Fevereiro e Março de 2018.** Pelotas: Embrapa/UFPEL/INMET, 2018.

BARBOSA, C. **Planejamento urbano sustentável:** diretrizes de urbanização embasadas nas características geomorfológicas/pedológicas de vertentes. 2010. 123 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

BERTOL, I. **Conservação do solo no Brasil:** histórico, situação atual e o que esperar para o futuro. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo.** 9.ed. São Paulo: Ícone, 2014.

BLANCO-CANQUI, H. RUIS, S.J. No-tillage and soil physical environment. **Geoderma**, v.326, n.1, p.164-200, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.011>

BRADY, N.C.; WEIL, R. R. **The nature and properties of soils.** Upper Sadlle River, Prentice Hall, Inc., 881 p. 1999.

- BOTELHO, M.R. **Gênese de horizontes subsuperficiais escuros de solos em área do Batólito Pelotas, RS**. 2011. 143 f. Tese (Doutorado em Solos) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.
- BOTELHO, M.R.; PINTO, L.F.S.; LIMA, A.C.R.; NUNES, M.R. Caracterização e classificação de solos com horizontes subsuperficiais escuros derivados de rochas graníticas no escudo sul-rio-grandense. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.38, n.4, p.1066-1076, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000400003>
- BOUMA, J.; MCBRATNEY, A.B. Framing soils as an actor when dealing with wicked environmental problems. **Geoderma**, v. 200, n.1, p. 130-139, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.02.011>
- 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**. 2016. 187 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016.
- CORREA, E.A.; MORAES, I.C.; GUEDES JUNIOR, E.; COUTO JUNIOR, A.; PINTO, S.A.F.P. Resistência à penetração e densidade do solo como indicadores na análise da susceptibilidade a erosão hídrica dos solos. **Revista Geonorte**, Ed. Especial 4, Manaus, v.10, n.1, p. 141-146, 2014.
- CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Carta Geológica**. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Folha Pedro Osório, SH-22-Y-C e Folha Pelotas, SH-22-Y-D. CPRM, 2000.1 mapa. Escala 1:250.000.
- CUNHA, N.G. da.; SILVEIRA, R.J.C. **Mapa de Solos de Pelotas**. EMBRAPA: CPACT: Pelotas, 1996. 1 mapa. Escala 1:100.000.
- CUNHA, N.G. da.; SILVEIRA, R. J. C.; SEVERO, C. R. S.; NUNES, M. L.; SOARES, M. J.; COSTA, C. N. **Mapa de Solos de Canguçu**. EMBRAPA: CPACT: Pelotas, 1997. 1 mapa. Escala 1:200.000.
- DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. Atributos físicos do solo e produtividade da soja em sistema de integração lavoura pecuária com braquiária e soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.7, p.1180-1186, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000700007>
- DNPM/CPRM. **Projeto 8 Escudo Sul Riograndense**. Fotografias analógicas, escala 1:25.000. DNPM/CPRM: 1977.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 212 p. 1997.
- FLACH, C.W. **Esboço ftopedológico, análise morfológica e de degradação dos solos no alto curso da bacia hidrográfica do Arroio Quilombo**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Pelotas: Pelotas, 105p. 2018.
- GOOGLE EARTH PRO. **Imagens históricas de 2006, 2010, 2014, 2016**. Consultas realizadas em 2018.
- GRAU, H.R.; MITCHELL A. Globalization and land-use transitions in Latin America. **Ecology and Society**, v.13, n.2, p.01-12, 2008. <https://doi.org/10.5751/ES-02559-130216>
- HASENACK, H.; WEBER, E. (org.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM.
- IBGE. **Malhas Digitais Municipais**. Municípios e Unidades da Federação. 2015. Arquivo digital.
- IORI, P.; DIAS JÚNIOR, M. de S.; SILVA, R.B. da. Resistência do solo à penetração e ao cisalhamento em diversos usos do solo em áreas de preservação permanente. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.1, p. 185-195, 2012.
- KOBYIAMA, M.; MINELLA, J.P.G.; FABRIS, R. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.210, p.10-17, 2001.
- LANGMAACK, M.; SCHRADER, S.; RAPP-BERNHARDT, U.; KOTZKE, K. Soil structure rehabilitation of arable soil degraded by compaction. **Geoderma**, v.105, n.1, p.141-152, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(01\)00097-0](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(01)00097-0)
- LEAGEF - Laboratório de Estudos Aplicados em Geografia Física. **Mapa de Coberturas e Usos da Terra do alto curso da bacia hidrográfica do Arroio Quilombo/2016**. Relatório Interno. UFPel: Pelotas, 2018.
- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

- MANFREDINI, S.; DIAS, S.M.F.; NETO, J.P.de Q.; OLIVEIRA, D.de.; FERREIRA, R.P.D. Técnicas em Pedologia. In: VENTURI, L.A.B. (org). **Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- MCBRATNEY, A.; FIELD, D. J.; KOCH, A. The dimensions of soil security. **Geoderma**, v. 213, n.1, p. 203–213, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.08.013>
- MIGUEL, F.R.M.; VIEIRA, S.R.; GREGO, C.R. Variabilidade espacial da infiltração de água em solo sob pastagem em função da intensidade de pisoteio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1513-1519, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009001100020>
- MINOSSO, J.; ANTONELI, V.; FREITAS, A.R. Variabilidade sazonal da infiltração de água no solo em diferentes tipos de uso na região sudeste do Paraná. **Geographia Meridionalis**, Pelotas, v.3, n.1 p.86–103, 2017. <https://doi.org/10.15210/gm.v3i1.11041>
- MORAIS, F. de. Infiltração: uma variável geomorfológica. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v.22, n.38, p.73-87, 2012.
- NEVES, E.H. das. **Análise da degradação ambiental da bacia hidrográfica do arroio Pelotas-RS, através do diagnóstico físico-conservacionista (DFC)**. 2012. 159 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- NUNES, M.R.; ES, H.M. VAN; SCHINDELBECK, R.; RISTOW, A.J.; RYAN, M. No-till and cropping system diversification improve soil health and crop yield. **Geoderma**, v.328, n.1, p.30-43, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.04.031>
- OLDEMAN, R.T.A.; HAKKELING, W.G. SOMBROEK. **World map of the status of human-induced soil degradation: an explanatory note**. Wageningen, International Soil Reference and Information Centre; Nairobi, United Nations Environment Programme, 1991.
- PARROTTA, J. A.; KNOWLES, O. H.; WUNDERLE, JR., J. M. Development of floristic diversity in 10-year-old restoration forests on bauxite mined site in Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.99, p.21-42, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00192-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00192-8)
- PINHEIRO, A.; TEIXEIRA, L.P.; KAUFMANN, V. Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola. **Ambiente e Água**, Taubaté, v.4, n.2, p. 188 -199, 2009. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.97>
- PIRES, L.S.; SILVA, M.L.N. CURI, N.; LEITE, F.P.; BRITO, L.F. 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, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000400021>
- PORTUGAL, A.F.; COSTA, O.D.V.; COSTA, L.M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na Região da Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.34, n.2, p. 575-585, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000200032>
- REICHERT, J.M.; VEIGA, M. da; CABEDA, M.S.V. Selamento superficial e infiltração de água em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.16, n.3, p.289-298, 1992.
- REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v.14, n.27, p. 29-48, 2003.
- REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORN, R.; HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil & Tillage Research**, v.102, p. 242 -254, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.still.2008.07.002>
- REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; SUZUKI, L.E.A.S; HORN, R. Mecânica do Solo. In: LIER, Q.de J.van. **Física do Solo**. Viçosa: SBCS, 2010. – precisa das páginas do capítulo!
- ROSS, J.L.S.; FIERZ, M. de S.M. Algumas técnicas de pesquisa em geomorfologia. In: VENTURI, L.A.B. (org). **Praticando geografia: Técnicas de Campo e Laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. Brasília: Embrapa, 2018.
- SILVA, R.C.S.; ALMEIDA, J.C.R.; BATISTA, G.T.; FORTES NETO, P. Os indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos ambientes naturais. **Repositório Eletrônico Ciências Agrárias**. Trabalho Técnico, p.1-13, 2011.

SILVEIRA, R.J.C. **Correlação geopedológica em solos de área do Batólito Pelotas**. 2006. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2006.

STOLF, R. Teoria de testes experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.15, p.229-235, 1991.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C. do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: Emater/RS, 2008.

Recebido em: 14/04/2019

Aceito para publicação em: 04/12/2019