

# 16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental

## ESTUDO DE EROSÃO: ESTRADA DA CASCATA DO SALSO, CAÇAPAVA DO SUL / RS

Haline Dugolin Ceccato<sup>1</sup>; Rafael Matias Feltrin<sup>2</sup>; Lenon Melo Ilha<sup>3</sup>; Orlando Marcos Quadro Cardoso<sup>4</sup>; Andréia da Silva Pompermayer<sup>5</sup>; Heloise Dugolin Ceccato<sup>6</sup>.

**Resumo** – A erosão é um processo geológico lento e natural, mas que pode ser acelerada pelo homem. No município de Caçapava do Sul – RS, uma grande perda de solo por erosão, vem ocorrendo na estrada de terra que dá acesso à Cascata do Salso, um dos principais sítios geológicos do estado. Com o intuito de investigar e compreender o processo erosivo foi realizado um estudo geotécnico e geofísico, para determinar as camadas de cobertura do pavimento, presença de blocos de rocha e a condutividade hidráulica do solo. Utilizou-se permeâmetro de Guelph para estudo da permeabilidade e percolação de água no solo, além de cinco caminhamentos elétricos (CE) que compreendem um perfil de 108 metros de comprimento e uma profundidade média de quatro metros, ao longo da estrada. O CE1 está localizado topograficamente acima das demais cotas (277 metros), enquanto C5, corresponde a menor cota topográfica (265 metros). Ao longo dos CE's, a pouca ocorrência de rocha granítica, predominando um solo arenítico saturado ou saprólito. Os ensaios de permeabilidade (P) foram realizados em cinco pontos diferentes ao longo desta estrada, indo de um ponto topográfico mais elevado para um mais baixo, apresentando baixa permeabilidade e solo caracterizado por areia e areia fina siltosa. A permeabilidade diminuiu ao longo da estrada, em resposta a declividade do mesmo, como da granulometria deste solo. Portanto, a erosão presente nesta estrada, pode estar relacionada a falta de rocha sã e um solo arenoso saturado, sendo considerado um solo de alta erodibilidade e de alto risco geotécnico.

**Abstract** – Erosion is a slow and natural geological process, but it can be accelerated by man. In the municipality of Caçapava do Sul - RS, a great loss of soil due to erosion has occurred on the dirt road that gives access to the Cascata do Salso, one of the main geological sites in the state. In order to investigate and understand the erosion process, a geotechnical and geophysical study was carried out to determine the cover layers of the pavement, the presence of rock blocks and the hydraulic conductivity of the soil. The guelph permeameter was used for the study of permeability and water percolation of soilless, in addition to electric rails (CE) comprising a profile of 108 meters in length and an average of four meters along the road. The CE1 is located topographically above the other lines (277 meters), while CE 5 corresponds to the lowest topographic dimension (265 meters). Throughout the CEs, there is little occurrence of granitic rock, predominating a saturated arenitic soil or saprolite. The permeability (P) tests were carried out at five different points in the road, from the heighest to the lowest one, and they presented low permeability and soil extended by sand and fine silt sand. The permeability decreased along the road, to its declivity and they soil granulometry. Therefore, the road erosin may be related to a lack of rock on the soil, and to its sand portion, wich is highly erodible and geotechnically risky.

**Palavras-Chave** – Erosão hídrica; Geofísica; Permeabilidade.

<sup>1</sup> Acadêmica de Geologia, Universidade Federal do Pampa, UNIPAMPA, (55) 98117-2433, haline.ceccato@gmail.com

<sup>2</sup> Professor adjunto, Universidade Federal do Pampa – Campus Caçapava do Sul, RS,(55) 99909-8881, agrofeltrin@gmail.com

<sup>3</sup> Técnico, Universidade Federal do Pampa – Campus Caçapava do Sul,(55) 9948-3921, lenon.ilha@unipampa.edu.br

<sup>4</sup> Acadêmico de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal do Pampa, UNIPAMPA, (55) 9671-9282, orlandocardoso2011@live.com

<sup>5</sup> Geofísica, Universidade Federal do Pampa – Campus Caçapava do Sul, RS, (19)99453-8894, andreia.96.mo@gmail.com

<sup>6</sup> Engenharia Ambiental, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,(19) 99651-3488, heloise\_dc@hotmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

O termo erosão provém do latim “erode” cujo significado é corroer (FERREIRA, 1984). De acordo com Camapum de Carvalho et al. (2006), a erosão constitui um processo natural que não pode ser evitado, sendo considerado um agente geológico que provoca modificação das paisagens terrestres, lento e medido através do tempo geológico. Porém, a interferência humana altera este processo natural, que se manifesta comumente, através de atividades de desmatamento, implantação de obras civis e diversas outras alterações no meio físico, sobretudo quando realizadas de forma inadequada, acelerando sua ação e aumentando a sua intensidade. Desta forma, a ação antrópica pode intensificar a erosão causada pelos processos hídricos, sendo assim denominada como erosão acelerada (BASTOS, 1999).

A ocorrência do processo erosivo provocado pela água da chuva que cai no leito nas regiões marginais das estradas não pavimentadas é um dos principais problemas relacionados a estas estradas (GRIEBELER et al., 2009). As estradas não pavimentadas são consideradas uma das principais fontes de produção de sedimentos, devido a sua influência direta nos processos hidrológicos de determinada área de diversas formas (FORSYTH et al., 2006 apud ENRIQUEZ, 2015). Isso ocorre devido à interceptação da água em solos e, em contrapartida, maior volume de escoamento superficial, além de concentração do volume escoado em áreas adjacentes ao canal de drenagem da estrada (FORSYTH et al., 2006 apud ENRIQUEZ, 2015).

A água pode ocupar a maior parte ou a totalidade dos vazios do solo. Quando a água é submetida a diferenças de potenciais, ela desloca-se dos pontos de alta energia para os de baixa energia. O parâmetro permeabilidade é a propriedade que caracteriza uma maior ou menor facilidade de percolação da água da chuva através dos poros de um determinado solo. A erodibilidade é o fator que justifica o motivo de alguns solos erodirem mais facilmente que outros, mesmo quando apresentam a ação dos mesmos agentes erosivos. Bastos (1999) descreve que a erodibilidade é uma propriedade do solo que evidencia a maior ou menor facilidade com que as partículas dos solos são destacadas e transportadas pela ação de um agente erosivo, sendo a propriedade de maior complexidade de determinação, por estar condicionada a um grande número de fatores físicos, químicos, biológicos e mecânicos intervenientes.

A falta de manutenção das estradas não pavimentadas ou até abandono por um período de tempo traz consigo um leito estradal muitas vezes intrafegável, além de provocar sérios problemas ambientais, como o assoreamento de corpos d'água e o lançamento sobre áreas agricultáveis, de sedimentos provenientes de material carreado pelas águas das chuvas (SANTOS et al., 1988). Desta forma, o município de Caçapava do Sul, localizado na região centro-sul do Estado do Rio Grande do Sul, destaca-se por sua geodiversidade. Segundo o inventário do patrimônio geológico de Caçapava do Sul, dentro dos limites do município foram identificados 46 geossítios (BORBA, et al. 2013). A Cascata do Salso foi caracterizada como um dos geossítios e apresenta uma belíssima queda d'água de mais de 20 metros de altura. Local que abriga a antiga Barragem do Salso, que no passado forneceu energia elétrica para o município, a Cascata está situada em área de preservação permanente a aproximadamente oito quilômetros da sede do município. Com acesso precário, a estrada que leva à Cascata vem sofrendo um intenso processo erosivo.

Assim, é de extrema importância conhecer as características naturais do espaço físico antes de realizar qualquer atividade humana, além de possibilitar o direcionamento adequado ao tipo de manejo do solo. Dentro deste cenário, na estrada da Cascata do Salso, foram realizados estudos geoeletricos (Método da Eletroresistividade) através de Caminhamento Elétrico (CE) com a finalidade principal de determinar as camadas de cobertura, a presença de blocos, a posição da rocha e características físicas do solo.

A condutividade hidráulica saturada dos solos é um parâmetro hidrológico de extrema importância para compreensão do comportamento hidrológico dos solos, já que reflete a habilidade com que um fluido é transportado em um meio poroso (FREEZE; CHERRY, 1979; BRADY, 1989; PINTO, 2002; LIBARDI, 2005), estando seu comportamento diretamente relacionado as características físicas dos solos, como a textura e a estrutura. Desta forma, foram realizados também ensaios de condutividade hidráulica com o uso Permeâmetro de Guelph a fim de avaliar a sua influência no processo da erosão.

Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi analisar em profundidade a atual situação da estrada de terra que dá acesso à Cascata do Salso, bem como correlacionar esta situação à permeabilidade do solo local.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

### 2.1. Localização

A área de estudo, na qual se insere a estrada de terra que dá acesso à Cascata do Salso, localiza-se a oito quilômetros do Município de Caçapava do Sul, no estado do Rio Grande do Sul.

A Cascata do Salso é formada por uma queda d'água de mais de 20 m de altura, situada em uma Área de Preservação Ambiental (Figura 1). A denominação dada é em virtude do Arroio do Salso, afluente do Arroio Bom Jardim, que abriga a antiga Barragem do Salso, a qual fornecia energia elétrica para o município. Atualmente, o seu acesso é bastante precário, resultado de um grave processo erosivo, que vem ocorrendo ao longo dos anos, sendo impossível chegar até esse ponto turístico de carro, portanto é necessário percorrer uma parte do trajeto a pé.



Figura 1 – Vista da Barragem do Salso, Caçapava do Sul –RS.

### 2.2. Caracterização geológica

O município de Caçapava do Sul insere-se, em termos geológicos, no Escudo Sul rio-grandense (ESRG), área marcada por processos magmáticos, metamórficos, sedimentares e metalogênicos variados, com idades desde o Paleoproterozóico – 2.48 Ga (Hartmann; Porcher; Remus, 2000) até o Paleozóico inferior (PAIM et al., 2000; BORBA, 2006; BORBA et al., 2008; MARASCHIN et al., 2010).

A área de estudo está inserida no contexto geológico na Suíte Granítica Caçapava do Sul. A Cascata do Salso possui as paredes de granitos de coloração cinza-claros a castanho avermelhado, em decorrência do alto grau de feldspato. Ao longo da estrada se observa diques de pegmatitos intrudindo o granito. O solo de alteração das rochas é um solo arenoso com alta competência em reter água.

## 3. METODOLOGIA E RESULTADOS

Para a obtenção das medidas de resistividade foi utilizado um resistivímetro modelo Syscal Pro de 10 canais de saída e potência de 250 watts da IRIS Instruments (França). O arquivo gerado foi processado no programa RES2DINV da IRIS para geração dos perfis geoeletricos inversão (obtenção das seções em profundidade/metros) e geração dos perfis com respectivos isovalores para visualização e interpretação. Segundo Gandolfo (2007), os métodos geofísicos consistem na investigação do subsolo através de técnicas de medidas indiretas, em grande parte realizadas sobre a superfície do terreno. Foram realizados estudos geoeletricos (Método da Eletroresistividade) através de Caminhamento Elétrico (CE) com a finalidade principal de

determinar as camadas de cobertura, a presença de blocos, a posição da rocha e solo. O método da eletrorresistividade induz uma corrente elétrica no solo através de dois eletrodos (denominados A e B), com objetivo de medir o potencial gerado em outros dois eletrodos (denominados M e N) nas proximidades do fluxo de corrente, permitindo assim mensurar a resistividade da subsuperfície (ELIS, 2002). No geral, a propagação de corrente elétrica em solos e rochas se dá devido ao deslocamento de íons dissolvidos na água contida nos poros e fissuras, sendo afetada principalmente pela composição mineralógica, porosidade, teor em água e quantidade e natureza dos sais dissolvidos (APPARAO, 1991).

Foram realizados cinco caminhamentos, denominados CE1, CE2, CE3, CE4 e CE5, ao longo da estrada de acesso à Cascata do Salso. Produziu-se um perfil de 108 metros posicionados sequencialmente de modo a fornecer uma boa cobertura de toda a área (Figura 2). O arranjo de eletrodos utilizado foi o dipolo-dipolo com espaçamento de 1 m, atingindo uma profundidade em torno de 4 metros. Os dados geofísicos foram processados no software RES2DINV, apresentados sob a forma de seções distância versus profundidade, resultando num modelo de inversão em termos de resistividade elétrica (LOKE; BAKER, 1996). Em geral, a baixa resistividade (184 a 600 ohm.m) remete a um solo arenito saturado, entre 600 a 1000 refere-se a um saprólito, enquanto que resistividades entre 1000 e 4000 são resultado da alteração de uma rocha sã, que neste caso, pode ser de ocorrência granítica. Por fim, a alta resistividade (4000 a 7000 ohm.m), podendo estar associada aos blocos de granitos que ainda não sofreram processos intempéricos, designa uma rocha granítica.

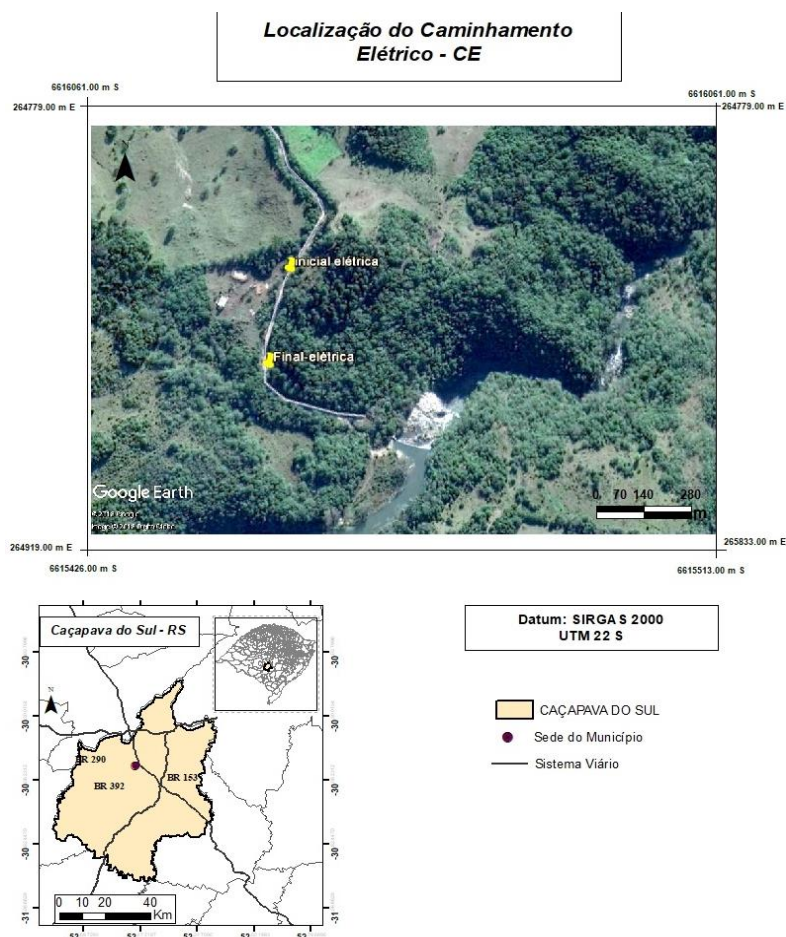


Figura 2 – Mapa de Localização do caminhamento elétrico (CE) ao longo da estrada que dá acesso a Cascata do Salso.

A linha CE1 está localizada topograficamente acima das demais (cota 277 metros), enquanto que as linhas CE4 e CE5, estão em cotas topográficas menores (entre 267 e 265 metros, respectivamente). Ao longo do CE1, predomina solo saturado a intermediário, e, tem-se

pouca ocorrência de rocha granítica (Figura 3). No CE2 a rocha granítica e o saprólito encontram-se mais superficialmente, enquanto que o solo saturado se encontra em zonas mais profundas de até 1,70 m (figura 4). O CE3 apresenta blocos ou matacões em uma zona mais profunda, indo de 0,8 até 4 m; circundando esta rocha temos o saprólito e solo arenito saturado (Figura 5). A linha CE4 refere-se ao ponto mais crítico da estrada de terra, tendo em superfície a ocorrência de um solo saturado, seguido por um saprólito, e a presença de rocha granítica em pequenas porções agrupadas ao logo da direção NE (Figura 6). Por fim, no CE5, a rocha granítica encontra-se superficialmente e em profundidade ao longo da direção NW, relacionada ao granito presente no CE4. Além disso, esta rocha está zonada por saprólito e, ao longo de NW, a presença de um solo saturado é bastante significativa (Figura 7). Sendo assim, observa-se que a maior parte da estrada que vem sofrendo processo erosivo está relacionada a falta de uma rocha sã, neste caso a rocha granítica e, nas porções em que ela se encontra, está envolvido por solo saturado ou saprólito.

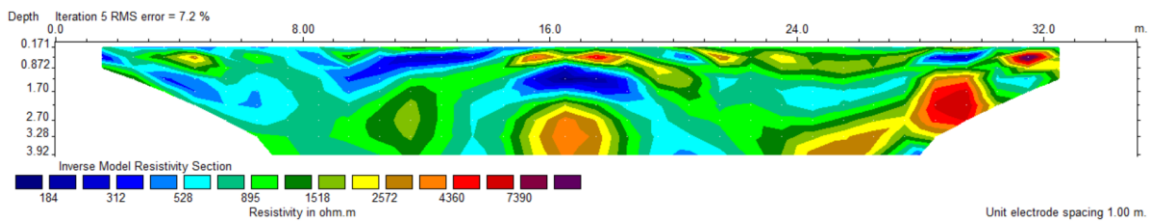


Figura 3 - Perfil do Caminhamento Elétrico 1 - CE1.

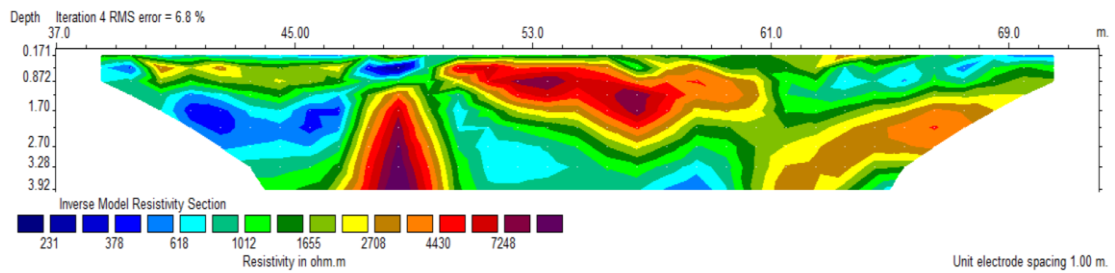


Figura 4 - Perfil do Caminhamento Elétrico 2 - CE2

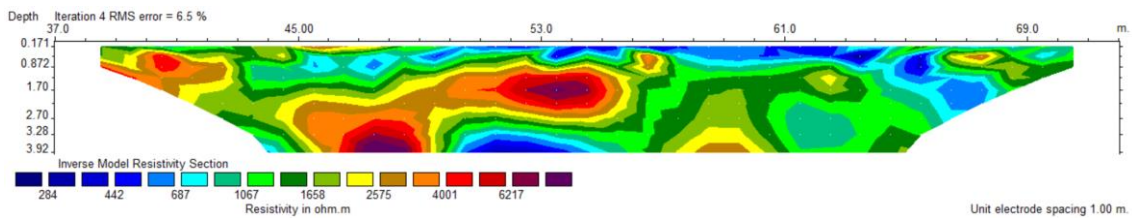


Figura 5 - Perfil do Caminhamento Elétrico 3 - CE3

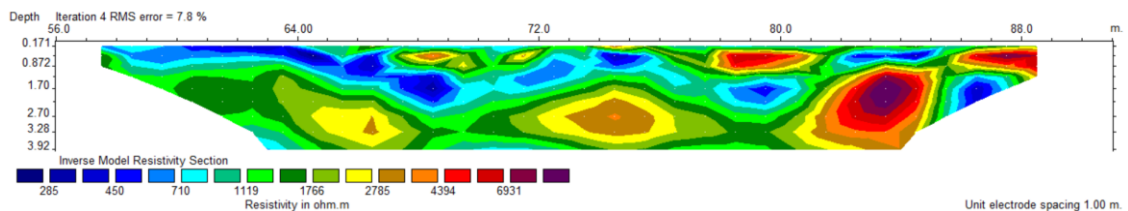


Figura 6 - Perfil do Caminhamento Elétrico 4 - CE4.

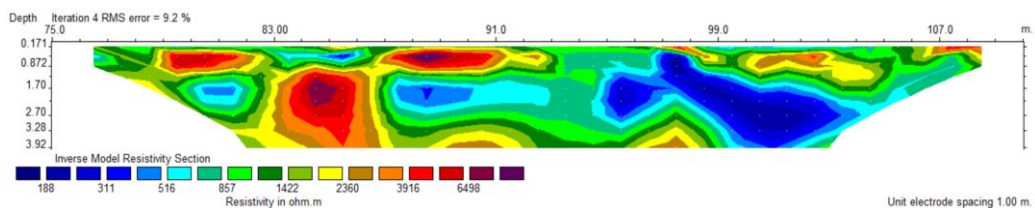


Figura 7 - Perfil do Caminhamento Elétrico 5 - CE5.

Um dos métodos utilizados para determinar a condutividade hidráulica do solo saturado é o permeâmetro de carga constante, permeâmetro de Guelph. O aparelho consiste em um conjunto de tubos concêntricos, cujo tubo central tem a finalidade de permitir a entrada de ar e regula o nível d'água dentro do orifício escavado no solo (Figura 8). É um instrumento composto de uma garrafa de Mariotte que controla a carga constante da água. O permeâmetro de Guelph, segundo Reynolds et al. (1983), é utilizado para a medição em campo, na ausência do lençol freático, da zona da condutividade hidráulica do solo saturado e do potencial de fluxo matricial até uma profundidade de 2 m. Permite medições em qualquer posição no perfil, em um orifício aberto por trado no solo, sendo possível a identificação de diferentes valores de permeabilidade, resultante da estratificação, do bloqueamento dos poros ou da compactação (COSTA; NISHIYAMA, 2007).

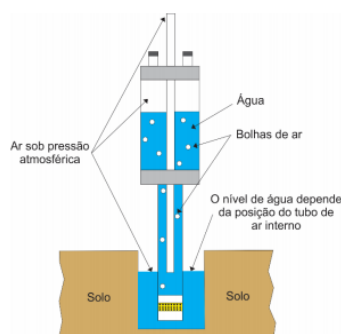


Figura 8 - Permeâmetro de Guelph. Fonte: Adaptado de Santos, 2005.

Após injetar certa quantidade de água através deste equipamento, uma pequena área em torno do furo estará saturada e então o fluxo se torna constante. Em campo, não é possível expulsar completamente o ar dos vazios, sendo difícil atingir a saturação total. Portanto, a saturação atingida é chamada saturação de campo, porém, isso não chega a ser uma desvantagem (SOUZA, 2007).

Segundo Guerra (2005), a condutividade hidráulica está relacionada com as propriedades físicas, tanto dos fluídos como dos materiais por onde passa a água, e retrata a maior ou menor facilidade com que a água atravessa o solo. A condutividade hidráulica de diferentes tipos de solos está representada na Tabela 1, segundo a classificação de Terzaghi e Peck (1967) e Mello e Teixeira (1967).

Tabela 1. Relação dos valores de permeabilidade e tipo de solo.

Coeficiente de Permeabilidade $k$ (cm/s)	Grau de Permeabilidade Terzaghi & Peck (1967)	Tipo de Solo Mello & Teixeira (1967)
$10^9$ a 1	Alta	Pedregulhos e Areia
$10^{-1}$ a $10^{-3}$	Alta	Areias
$10^{-1}$ a $10^{-3}$	Média	Areias
$10^{-3}$ a $10^{-5}$	Baixa	Areias finas siltosas e argilosas, siltes argilosos
$10^{-5}$ a $10^{-7}$	Muito Baixa	Areias finas siltosas e argilosas, siltes argilosos
$< 10^{-7}$	Praticamente Impermeável	Argilas

Fonte: Santos, 2005.

O volume de água que infiltra no solo por unidade de tempo (taxa de infiltração) torna-se constante no momento que o mesmo se estabiliza. A unidade de tempo varia, visto que os diferentes tipos de solo prestam capacidade de infiltração diferente. É importante que a unidade de tempo escolhida, minutos ou segundos, seja a mesma para os dois níveis de carga hidráulica (H). A condutividade hidráulica in situ (K) é obtida através da taxa de infiltração, associado às dimensões do furo e da altura da coluna d'água no seu interior, SOIL MOISTURE CORP (1991), Equação 1 e 2 :

$$K = [(0,0041) (X) (R_2) - (0,0054) (X) (R_1)] \quad (1)$$

Ou

$$K = [(0,0041) (Y) (R_2) - (0,0054) (Y) (R_1)] \quad (1)$$

Onde:

K: condutividade hidráulica (cm/s);

$R_1$  e  $R_2$ : taxas de infiltração estabilizadas correspondentes a  $H_1$  (5 cm) e  $H_2$  (10 cm) respectivamente, (cm/s);

X e Y: constantes correspondentes à área do tubo (reservatório d'água), (cm<sup>2</sup>); e,

0,0041 e 0,0054: valores adimensionais que podem ser obtidos através de Soil Moisture Corp (1991).

O ensaio de campo seguiu a metodologia descrita por Santos (2005), e compreende as seguintes etapas:

- Escolha do local (de preferência plano);
- Perfuração o solo com trado, até atingir 30 cm de profundidade, posicionando o permeâmetro sobre a perfuração de forma que o aparelho fique em nível vertical;
- Injeção de 5 cm de coluna de água no primeiro momento, formando uma carga hidráulica constante no interior do furo feito pelo trado; e,
- Após estabilização da taxa de infiltração, repetiu-se o procedimento anterior, porém, injetando uma coluna de 10 cm de água. O intervalo de tempo entre as leituras deve ser determinado pelo pesquisador, pois isso é relativo para cada tipo de solo. Desta forma, o tempo adotado para este estudo foi de um minuto.

A partir dos ensaios de condutividade hidráulica realizada ao longo da estrada de terra que leva à Cascata do Salso (do ponto mais alto para o mais baixo), foram obtidos os resultados demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados do teste de condutividade hidráulica.

Pontos de Testes	Coordenadas	Permeabilidade (cm.s <sup>-1</sup> )
P1	265103 mE/6615789 mS	2.51x10 <sup>-6</sup>
P2	265078 mE/ 6615740 mS	1.48x10 <sup>-6</sup>
P3	265064 mE/ 6615716 mS	4.73 x 10 <sup>-7</sup>
P4	265052 mE/ 6615638 mS	7.05x10 <sup>-7</sup>
P5	265065 mE/ 6615605 mS	7.05x10 <sup>-7</sup>

Os cinco pontos estudados resultaram numa baixa permeabilidade, conforme Tarzaghi e Peck (1967), apresentando características de solo constituído por areias, areias finas siltosas e argilosas e siltes argilosos, segundo Mello e Teixeira (1967). No dia que foi realizado o ensaio de campo, o solo estudado encontrava-se úmido, podendo ter interferido no resultado encontrado (baixa permeabilidade).

Em P1 foi identificado a maior permeabilidade, com valor  $2.51 \times 10^{-6}$  cm.s<sup>-1</sup>, local com elevação de 292 m. Em P4 e P5, com elevação de 265 m, foram encontrados os menores valores de condutividade hidráulica, com  $7,05 \times 10^{-7}$  cm.s<sup>-1</sup>. Segundo Villela e Matos (1975), a declividade do terreno é o que controla em boa parte a velocidade de deslocamento da água em escoamento superficial (Figura 9 a, b). Além disso, esses autores ressaltam que a magnitude pluvial e a maior ou menor capacidade de infiltração e suscetibilidade para a erosão dos solos depende da rapidez do escoamento das águas pluviais sobre o terreno. Desta forma, áreas com solo exposto, como é

o caso desta área de estudo (Figura 9 c), constituem um fator decisivo na aceleração dos processos erosivos, pois o solo desprotegido recebe o impacto direto das gotas de chuva, desagregando partículas.



Figura 9- A)Parte da estrada mais crítica, local indicado pela seta a estrada possui apenas 76 cm de largura, sendo que inicialmente possuía em torno de 1.70 metros; B) Vista da estrada que foi erodida; e, C) Perfil topográfico ao longo da estrada da Cascata. Cores quentes representam altitudes mais elevadas enquanto que as frias, menores altitudes.

A Tabela 3 e Figura 12 mostram os resultados obtidos de ensaio granulométrico (ABNT. NBR 7181) e as curvas granulométricas dos materiais coletados nos pontos em que foram realizados os ensaios de permeabilidade.

Tabela 3. Frações Granulométricas

Identificação	Frações Granulométricas (%)				
	Pedregulho	Areia			Areia Total
		Grossa	Média	Fina	
Ponto 1	27.33	21.38	45.99	5.30	72.67
Ponto 2	27.43	21.45	46.15	4.97	72.57
Ponto 3	27.08	30.21	34.82	7.89	72.92
Ponto 4	17.18	25.66	38.11	19.05	82.82
Ponto 5	15.68	28.95	40.94	14.43	84.32

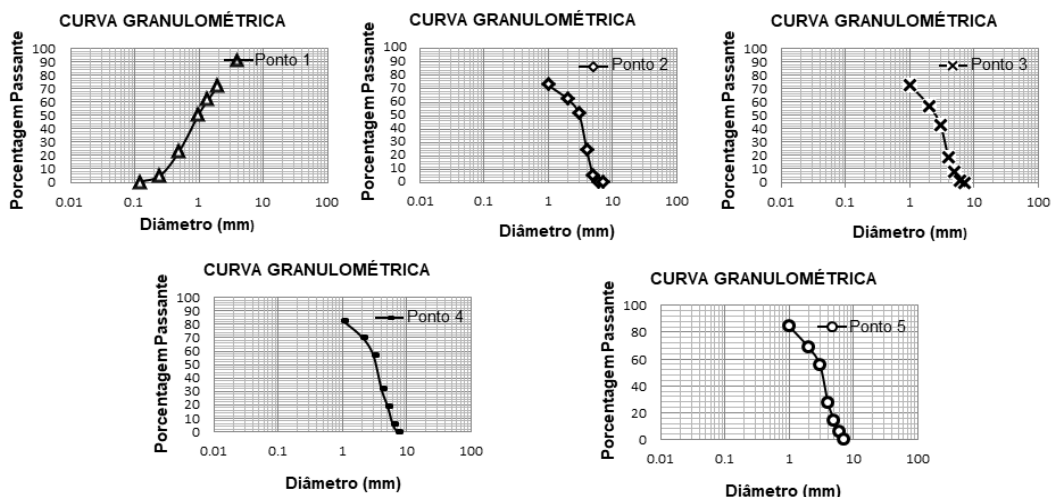


Figura 12- Gráfico de Curva Granulométrica dos materiais ao longo da estrada de terra.

As amostras coletadas de cinco pontos diferentes ao longo da estrada de terra, indo de um ponto de maior cota (292 m) para o de menor (265 m), apresentaram a maior porcentagem na granulometria areia média, variando entre 34% a 46%. Ao analisarmos a porcentagem de areia fina (material mais fácil de ser transportado) nas amostras vê-se que as porcentagens maiores destes materiais estão nas amostras dos pontos P4 e P5, que estão mais na base da estradas.



O tamanho das partículas influi na capacidade de infiltração e absorção d'água da chuva e também na maior ou menor coesão entre as partículas. Desta forma, solos de textura arenosa são no geral porosas, permitindo uma rápida infiltração das chuvas, e dificultando o escoamento superficial, porém, como apresentam uma baixa proporção de partículas de argila, estes solos apresentam maior facilidade para a erosão. Através dos ensaios de permeabilidade, foi observado que nos pontos de cota mais elevadas (ponto 1 e 2), ocorreu uma maior permeabilidade quando comparada com a cota mais baixas (pontos 4 e 5), isso se explica pela diferença entre as diferentes granulometrias dos solos encontradas nestes pontos, ou seja, os primeiros pontos apresentou um solo mais arenoso que os demais. Nos pontos 1, 2 e 3, as porcentagens de pedregulho foram praticamente semelhantes, em torno de 27%, enquanto que, nos pontos 4 e 5, tivemos as menores porcentagem, na base dos 17%. Ao analisar a fração areia fina, temos uma situação inversa, as maiores porcentagens estão nos pontos 4 e 5 (19.05% e 14.43%, respectivamente) e as menores nos pontos 1,2 e 3 (5.3%, 4.97% e 7.89%, respectivamente). Com relação à porcentagem total de areia, tem-se uma maior concentração nos pontos 4 e 5 (82.82% e 84.32%, respectivamente) em relação aos pontos 1, 2 e 3. Desta forma, espera-se tal comportamento pelo fato das partículas mais finas serem facilmente desagregadas pela chuva e transportadas, quando comparadas com as demais.

#### 4. CONCLUSÕES

A priori temos que a estrada de terra que dá acesso a Cascata do Salso é um local com propriedades naturais que o caracterizam como frágil e evidenciando solos e rochas suscetíveis aos processos erosivos. Estes fatores naturais, associados, principalmente, a falta de manutenção da mesma, favorece a aceleração do processo de desagregação dos solos, desencadeando ao surgimento de diversas feições erosivas.

Com base nas feições erosivas encontradas pode-se afirmar que o processo erosivo na estrada é influenciado pelo fluxo superficial concentrado (disposição da estrada em relação às curvas de nível e falta de sistema de drenagem), pouca evidência de rocha sã, neste caso a rocha granítica e, além disso, está praticamente circundado por um solo arenoso saturado, considerado um solo de alta erodibilidade, uma vez que as partículas de areia são facilmente desagregadas pela chuva e transportadas.

#### REFERÊNCIAS

- Apparao, A. (1991) *"Geoelectric Profiling. Geoexploration"*. Elsevier Science Publishers B.V. Vol. 27, Amsterdam, p. 351-389.
- BORBA, A.W. et al.(2013) *"Inventário e avaliação quantitativa de geossítios: exemplo de aplicação ao patrimônio geológico do município de Caçapava do Sul (RS, Brasil)"*. Pesquisas em Geociências, Vol. 40 (3), p.275-294.
- Borba, A.W. (2006) *"Evolução geológica da "Bacia do Camaquã" (Neoproterozóico e Paleozóico inferior do Escudo Sul-rio-grandense, RS, Brasil): uma visão com base na integração de ferramentas de estratigrafia, petrografia e geologia isotópica"*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 110p.
- Borba, A.W., Mizusaki, A.M.P., Santos, J.O.S., McNaughton, N.J. & Hartmann, L.A.( 2008). *"U-Pb zircon and <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar K-feldspar dating of syn-sedimentary volcanism of the Neoproterozoic Maricá Formation: constraining the age of foreland basin inception and inversion in the Camaquã Basin of southern Brazil"*. Basin Research, 20: p. 359-375.
- COSTA, F. P. M.; NISHIYAMA. L. (2007) *"Utilização do permeâmetro Guelph e penetrômetro de impacto em estudos de uso e ocupação dos solos em bacias hidrográficas"*. Caminhos da geografia, Uberlândia, nº 24, Vol. 8, p. 131–143.
- CAMAPUM DE CARVALHO, J. et al. (2006) *"Processos erosivos no centro-oeste brasileiro"*. Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC, p. 39-91.

- Elis, V. R. (2002) *“Geofísica aplicada ao estudo de poluição dos solos e águas subterrâneas. Aplicação de métodos geofísicos na caracterização de áreas poluídas”*, IAG - Instituto de Astronomia e Geofísica da USP, Curso de Verão, São Paulo.
- ENRIQUEZ, A. G. et. al. (2015) *“Erodibilidade e tensão crítica de cisalhamento no canal de drenagem de estrada rural não pavimentada”*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, nº 2, Vol.19, p.160–165, 2015.
- FERREIRA, A. B. H.; 1984. Novo Dicionário Aurélio. Editora Nova Fronteira. São Paulo, SP. p.1516.
- FORSYTH, A. R. et al. (2006) *“Sediment loss and quality from forest roads in a southeast Queensland coastal plain Pinus plantation”*. Forest Ecology and Management, Vol.221, p.194-206.
- Gandolfo, O. C. B. (2007) *“Um estudo do imageamento geoeletrico na investigação rasa”*, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação no Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- GRIEBELER, N.P.; PRUSKI, F.F.; SILVA, J.M.A. (2009) *“Controle da erosão em estradas não pavimentadas”*. observação do solo e água: práticas mecânicas para o controle de erosão hídrica. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, Cap 7, p. 166-215.
- Hartmann, L.A., Porcher, C.C. & Remus, M.V.D. (2000). *“Evolução das rochas metamórficas do Rio Grande do Sul”*. In: Holz, M. & De Ros, L.F. (Eds.) Geologia do Rio Grande do Sul, Edições CIGO/UFRGS, p. 79-118.
- Loke, M. H. (1996) *“Res2DINV software user's manual”*, University Sains Malaysia, Penang.
- Maraschin, A.J., Mizusaki, A.M.P., Zwingmann, H., Borba, A.W. & Sbrissa, G.F. (2013) *“Illite authigenesis in sandstones of the Guaritas Allogroup (Early Paleozoic): implications for depositional age, stratigraphy and evolution of the Camaquã Basin (Southern Brazil)”*. Journal of South American Pesquisas em Geociências, p. 275-294, and Earth Sciences, p. 400-411.
- OLIVA, A (2006). *“Estudo hidrofaciológico do aquífero Rio Claro no município de Rio Claro – SP”*, Dissertação de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp- Rio Claro, p.196.
- Paim, P.S.G., Chemale Jr., F. & Lopes, R.C. (2000) *“A Bacia do Camaquã”*, Geologia do Rio Grande do Sul, Edições CIGO/UFRGS, p. 231-274.
- Peck A.J and Rabbidge, R.M. (1969) *“Design and performance of an osmotic tensiometer for measuring capillary potential. Proceedings of Soil”*, Science Society America, nº 2, Vol 33, p.196-202.
- REYNOLDS, W. D.; ELRICK, D. E.; TOPP, G. C. (1983) *“A Reexamination of the Constant head well Permeameter Method for Measuring Saturated Hydraulic Conductivity Above the Water Table1”*, Soil Science, nº 4, Vol. 136, p. 250, 1983.
- SANTOS, A. R., PASTORE E. L. JUNIOR F. A. CUNHA, M. A. IPT (1988) *“Estradas Vicinais de Terra”*. Manual Técnico para Conservação e Recuperação. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. 2ª edição, São Paulo.
- SANTOS, Maurício Moreira dos. (2005) *“Avaliação hidrogeológica para determinação da vulnerabilidade natural do aquífero freático em área selecionada na cidade de Londrina (PR)”*.
- SHARPE, C. F. S. (1938) *“Landslides and related phenomena”*, New York: Columbia University Press, p.137.
- SOIL MOISTURE EQUIPMENT CORPORATION (1991), *“ Guelph permeameter model 2800 (User manual)”*. Santa Barbara: Soil Moisture Equipment Corporation, p.27.
- TRINDADE, Samuel Guizeline. (2009) *“Subsídios para implantação de trincheiras de infiltração na área urbana de Rio Claro/SP”*.
- VILLELA, S.M. e MATOS, A (1975), *“Hidrologia Aplicada”*. São Paulo: Mcgraw – Hill do Brasil.

