



## Variabilidade espacial da taxa de infiltração em função da posição na encosta<sup>(1)</sup>

**Ana Lúcia Londero<sup>(2)</sup>; Rosemar de Queiroz<sup>(3)</sup>; Jean Paolo Gomes Minella<sup>(4)</sup>; Dinis Deuschle<sup>(5)</sup>; Fabio José Andres Schneider<sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Capes.

<sup>(2)</sup> Eng. Agr. Mestranda do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, RS; londeroanalucia@gmail.com; <sup>(3)</sup> Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária; Universidade Federal de Santa Maria; <sup>(4)</sup> Professor Adjunto, Departamento de Solos; Universidade Federal de Santa Maria; <sup>(5)</sup> Mestrando do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal de Santa Maria.

**RESUMO:** A infiltração de água no solo é um importante componente do ciclo hidrológico, afetando diretamente a disponibilidade de água para as plantas, o escoamento superficial e o abastecimento de reservatórios subterrâneos. Esse trabalho teve por objetivo avaliar a variabilidade da taxa de infiltração nas diferentes posições da encosta (Topo, Meia Encosta e Talvegue) em bacia hidrográfica de ordem zero. A área em estudo localiza-se na área experimental da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) no município de Júlio de Castilhos – RS. A taxa de infiltração de água no solo foi determinada pelo método dos anéis concêntricos e ajustada pelo método de Kostiaikov. Os valores obtidos para taxa de infiltração foram baixos não apresentando diferença nas diferentes posições da encosta.

**Termos de indexação:** Bacias hidrográficas de ordem zero, ciclo hidrológico

### INTRODUÇÃO

A degradação do solo e da água representa um problema de em função do desbalanço hidrológico, uma das consequências dessa degradação é a formação do escoamento superficial, ocasionada principalmente pelas baixas taxas de infiltração de água no solo decorrentes do mau manejo do solo.

Araújo Filho & Ribeiro (1996) descrevem o processo de infiltração como um importante componente do ciclo hidrológico, pois, juntamente com a precipitação, determina o volume de água disponível para as plantas, o escoamento superficial e o abastecimento de reservatórios subterrâneos. É um processo que tende a um valor constante, denominado taxa de infiltração básica.

A infiltração de água no solo é um processo complexo, principalmente por apresentar vários fatores interligados, como a densidade, porosidade, cobertura do solo, textura, encrostamento superficial, umidade, matéria orgânica, variabilidade espacial do terreno e estrutura do solo (Pott & de Maria, 2003). Segundo Barros et al., (2014) isso afeta os processos hidrológicos como escoamento

superficial, a erosão do solo e o transporte de solutos. Esses fatores são mais relevantes devido mudanças climáticas, onde em um mesmo ano ocorrem grandes eventos pluviométricos e em outras épocas ocorre período de estiagem. (Marengo et al., 2007), ressaltando a necessidade de práticas eficientes de conservação do solo para mitigar esses efeitos.

A infiltração de água no solo influencia diretamente no escoamento, podendo este ser escoamento superficial, sub superficial e fluxo de base. O escoamento superficial caracteriza-se pela lamina de água que escoam sobre a superfície do solo, o sub superficial ocorre logo abaixo da superfície do solo, e o fluxo de base ocorre nas camadas mais profundas.

As propriedades hidrodinâmicas do solo variam espacialmente de acordo com o relevo. A forma de encostas estabelece áreas de divergência e convergência de fluxos (Botelho & Silva, 2004), o que determina os pontos de maior e menor infiltração. Nas partes baixas da concavidade, além da convergência pode ocorrer a presença de fluxos subsuperficiais, que agem diminuindo a capacidade de infiltração de água no solo, caracterizando estes locais como áreas de descarga ou exfiltração.

Para descrever a variabilidade espacial e temporal do escoamento superficial é necessário conhecer a variabilidade espacial da infiltração. Para tanto, são utilizadas duas teorias, a do mecanismo hortoniano ou escoamento tipo Horton e às áreas de afluência variável ou escoamento tipo Dune. O escoamento tipo Horton ocorre quando a taxa de infiltração é menor que a intensidade da precipitação, ou seja, o solo não tem capacidade de infiltrar todo o volume precipitado, pode ocorrer mesmo quando o solo está em baixas condições de umidade. Já o escoamento tipo Dune ocorre quando o solo já se encontra em situação de saturação, sendo que qualquer precipitação, por menor que seja, vai gerar escoamento superficial.

Berndtsson & Larson (1987) ao avaliarem, com um infiltrômetro de anéis concêntricos, a variabilidade espacial da infiltração em diferentes formas da encosta (convexidade, concavidade e



encostas laterais) encontraram diferença na capacidade de infiltração.

O objetivo do trabalho foi avaliar a variabilidade da taxa de infiltração em diferentes posições da encosta, em uma bacia hidrográfica de ordem zero, e relacionar a origem da formação do escoamento em função da taxa de infiltração, considerando as características físico hídricas do local.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudo localiza-se na área experimental da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) no município de Júlio de Castilhos – RS. Segundo Santos et al. (2006) o solo é classificado como Argisolo vermelho e localiza-se geograficamente entre 6770100-6770350 sul e 237450-237700 oeste UTM 22S. A área do estudo é uma encosta de ordem zero, ou seja, sem a presença de canal fluvial o escoamento ocorre apenas em eventos que excedem a taxa de infiltração do solo, sendo uma área de 2,43 ha<sup>-1</sup> sendo esta parcela uma encosta de ordem zero, ou seja, sem a presença de canal fluvial. A ponto mais alto é 470 m e o mais baixo 456,5 m acima do nível do mar.

A taxa de infiltração de água no solo foi determinada pelo método do infiltrômetro dos anéis concêntricos, conforme descrito por Bernardo et al. (2006).

A infiltração foi medida nos tempos 0, 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 75, 90 105 e 120 minutos. Salvo as vezes que foi necessário maior período para a infiltração se tornar constante. Adotou-se como infiltração constante quando o valor da leitura se repetiu no mínimo 3 vezes.

No momento da determinação da taxa de infiltração de água no solo a umidade gravimétrica média na camada de 0-10 foi de 0,207 g/g, na camada de 20-30: 0,244 g/g e na camada de 40-50 foi de 0,256 g/g.

Com os dados medidos a campo foi possível determinar a taxa de infiltração, para a qual ajustou-se os parâmetros n e k da equação de Kostiakov (1932) a partir dos dados obtidos da lâmina de água acumulada (Equação 1) em função do tempo (t). Para a obtenção da taxa de infiltração foi realizada a derivação da equação da infiltração acumulada em função do tempo ( $TI=dl/dt$ ) e obteve-se a equação 2.

$$I=k.t^n$$

$$TI=k.n.t^{n-1}$$

Equação 1

Equação 2

Para a determinação dos parâmetros textura (areia grossa, areia fina, silte e argila), foi utilizado amostras deformadas, para condutividade hidráulica do solo saturada ( $k(sat)$ ), porosidade total, macro e

micro porosidade, densidade do solo foram coletados amostras de solo indeformada e levados para laboratório para o processamento das amostras.

Para a determinação da infiltração aparente foi monitorado um evento pluviométrico, medindo o volume escoado, e a precipitação ocorrida durante este evento, após foi utilizado a equação  $I_{ap}=P-Q$ , sendo que P é o valor da precipitação em mm e Q é o volume escoado em m<sup>3</sup>.

## Pontos escolhidos

Os pontos foram escolhidos seguindo a posição na encosta (Topo, Meia Encosta e Talvegue). Os testes foram realizados em triplicata. Sendo que em cada posição da encosta foi escolhido três pontos, totalizando 9 testes de infiltração por posição.

## Uso e Manejo do Solo

A área é manejada sobre sistema plantio direto a mais de 20 anos, antes da instalação do experimento era realizado o monocultivo de soja no verão e azevem no inverno, o qual era estabelecido por ressemeadura natural. Com a instalação do experimento o manejo adotado pretende demonstrar a realidade praticada pelo produtores em suas áreas agrícolas, portanto, no inverno de 2014 foi realizada a semeadura da gramínea aveia preta (*avena strigosa*) para cobertura do solo e no verão realizada semeadura de soja.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de infiltração de água no solo é uma das principais variáveis a ser analisada quando se busca entender os fluxos de escoamento superficial. Ao analisar as taxas de infiltração de água no solo nas diferentes posições da encosta, pode-se perceber que a área analisada não apresenta diferença. (Figura 1).

Por mais que as diferenças topográficas influenciem na geração do escoamento superficial, gerando maiores velocidades de escoamento em declives acentuados, o impedimento sub superficial, ocasionado pelos altos teores de argila (Tabela 1), foi determinante para que os valores da taxa de infiltração ficassem baixos, entre 4,38 mm/h a 8 mm/h e não variassem em função da posição na encosta (topo, meia encosta e talvegue). Entretanto, devido a maior declividade na meia encosta e no talvegue, o volume escoado nesses pontos será maior que no topo, pois no topo a declividade é menor, diminuindo a velocidade do escoamento, possibilitando maior volume infiltrado.

Ao analisar a tabela 2, pode-se perceber que a infiltração aparente calculada a partir de dados



medidos no evento apresenta valores de infiltração semelhantes aos medidos com o infiltrômetro de anéis concêntricos. A **figura 2** demonstra a relação entre a precipitação e o volume escoado, podendo assim, perceber como a infiltração da água ocorre durante o evento.

Ao comparar os valores de  $K(\text{sat})$  com os dados obtidos nos testes com anéis concêntricos e com a infiltração aparente, pode-se observar que os valores de  $K(\text{sat})$  são maiores que os valores de infiltração, isso se deve a condutividade hidráulica ser muito variável pois a amostragem é pontual, podendo ser coletado áreas que não representam a unidade experimental.

A taxa de infiltração medida pelo método dos anéis concêntricos é uma metodologia muito utilizada, devido seu baixo custo, e consegue estimar a infiltração de água no solo de maneira satisfatória, mas ainda não é exato, pois a área utilizada para simular a infiltração é pequena sofrendo influência principalmente da porosidade do solo que varia espacialmente podendo gerar taxas de infiltração equivocadas tanto para mais como para menos.

A infiltração aparente é o método mais assertivo quando se mede a infiltração de água no solo, pois considera toda a área, e não apenas alguns pontos, porém o custo para esse monitoramento é alto.

### AGRADECIMENTOS

À Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) no município de Júlio de Castilhos – RS/Projeto Mais água e ao FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos.

### CONCLUSÕES

Com base nesse estudo pode-se concluir que mesmo em eventos de pequena magnitude, há possibilidade de escoamento superficial nessa área, pois a taxa de infiltração é muito baixa.

Se faz necessário a adoção de práticas que aumentem a taxa de infiltração de água no solo possibilitando maior armazenamento e disponibilidade para as plantas, reduzindo os possíveis impactos aos recursos hídricos que essa solução escoada poderia vir a causar.

### REFERÊNCIAS

ARAÚJO FILHO, J.C. & RIBEIRO, M.R. Infiltração de água em Cambissolos do Baixo Irecê (Ba). Revista Brasileira de Ciência do Solo, 20:263-370, 1996.

BARROS, C. A. P.; MINELLA, J. P. G.; TASSI, R.; DALBIANDO, L.; OTTONELLI, A. S. Estimativa da

Infiltração de Água no Solo na Escala de Bacia Hidrográfica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 38:557-564, 2014.

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8. Ed. Atualizado e Ampliado. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

BERNDTSSON, R.; LARSON M. Spatial variability of infiltration in a semi-arid environment. **Journal of Hydrology**, v. 90, p. 117-133, 1987.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Reflexões sobre geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2004, p. 153-192.

KOSTIAKOV, A.N. On the dynamics of the coefficient of water - percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of ameliation. Trans. 6<sup>th</sup> h comm. Intern. Society Soil Science, Moscou, Part A., 17-21, 1932.

MARENCO, J.A. Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade: Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao Longo do Século XXI. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

POTT, C.A. & DE MARIA, I.C. Comparação de métodos de campo para determinação da velocidade de infiltração básica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27:19-27, 2003.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

Tabela 1: Caracterização físico hídrica da área e teores de carbono.

Trat	Prof (m)	Textura (%)				Dens (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidade (%)			K(sat) (mm/h)	Taxa de infiltração (mm/h)	N (%)	C (%)	MOS (%)
		Ag	Af	Sil	Ar		Total	Micro	Macro					
Topo	0,05-0,09	16,34	24,49	26,15	33,02	1,51	40,92	35,82	7,44	286,71		0,14	1,41	2,43
Topo	0,20-0,24	13,63	20,90	25,46	40,01	1,50	41,17	31,89	7,54	4,97	4,38	0,12	1,27	2,18
Topo	0,35-0,39	11,93	19,20	24,84	44,03	1,40	44,22	36,09	7,31	726,71		0,10	1,17	2,01
1/2 encosta	0,05-0,09	14,51	22,24	28,34	34,90	1,56	39,69	34,99	7,23	54,71		0,15	1,58	2,73
1/2 encosta	0,20-0,24	11,56	18,05	32,26	37,42	1,46	39,73	36,61	5,79	22,50	8,03	0,11	1,25	2,15
1/2 encosta	0,35-0,39	9,24	16,79	24,81	49,16	1,37	44,18	33,57	3,39	38,55		0,10	1,15	1,98
Talvegue	0,05-0,09	15,15	21,42	26,45	36,98	1,61	40,95	35,54	7,21	60,15		0,15	1,64	2,83
Talvegue	0,20-0,24	13,51	21,59	28,04	36,09	1,51	42,35	37,87	6,05	24,02	5,6	0,10	1,12	1,94
Talvegue	0,35-0,39	12,20	19,91	28,35	39,54	1,50	41,50	36,70	6,46	29,70		0,08	0,90	1,55

Tabela 2: Infiltração aparente em evento monitorado.

Data	Precipitação Total (mm)	Tempo (min)	Intensidade (mm h <sup>-1</sup> )	Volume Escoado (mm)	Infiltração Aparente (mm)	Infiltração Aparente (mm h <sup>-1</sup> )
02/09/2014	54	300	10,8	17,0022	36,9978	7,4

Taxa de infiltração de água no solo

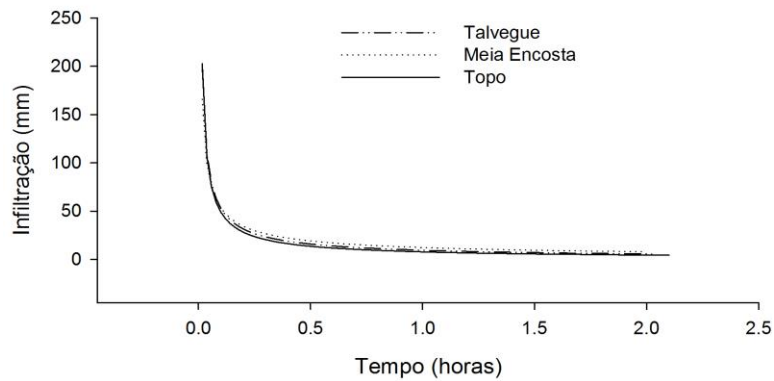


Figura 1 – Taxa se infiltração de água no solo nas diferentes posições da encosta.

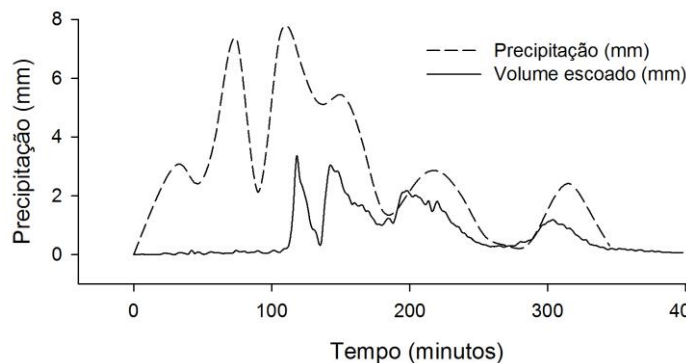


Figura 2 - Relação entre a precipitação e o volume escoado.