



Características da taxa de infiltração e densidade do solo em distintos tipos de cobertura de solo em zona urbana

Malva Andrea Mancuso, Bruno Acosta Flores, ; Genésio Mario da Rosa, Joseane Kolzer Schroeder; Pablo Ricardo Piceti Pretto

Laboratório de Planejamento e Monitoramento Ambiental – LPMA/UFSM,
Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM/CESNORS

Resumo

Considerando a importância de preservar e incentivar o aumento das áreas permeáveis na zona urbana de Frederico Westphalen (RS) foi realizada a análise da velocidade de infiltração e densidade do solo em diferentes coberturas de solo existentes, de forma a indicar os tipos e usos do solo mais favoráveis à infiltração das águas pluviais. Os lotes da cidade foram classificados de acordo com os seguintes usos do solo em: Árvores Mistas (FT), Citrus (C), Gramado (P), Rotação de Cultura (RC) e Solo Exposto (SE). Para a obtenção da velocidade de infiltração foram realizados 45 ensaios de infiltração, utilizando o método do infiltrômetro de anel e 45 ensaios da densidade do solo. A menor velocidade de infiltração (8,05 mm/h) e maior densidade de solo (1,58 g/cm³) ocorreram nos Solos Expostos (SE). De acordo com o estudo, os solos sem manejo verde (SE) não contribuem significativamente para a infiltração das águas pluviais. Os solos FT, onde ocorre menor intervenção humana, apresentaram maiores velocidades médias de infiltração da ordem de 370,3 mm/h e densidades de solo inferiores a 1,2 g/cm³. Entre os outros casos estudados, solos arejados (RC e C) apresentaram melhor resposta à infiltração (entre 228,5 e 274,0 mm/h). Cabe destacar que, apesar do gramado ser considerado área verde, favorável à infiltração das águas, os ensaios indicaram que a existência destas áreas, por si, não representa a melhor estratégia para a retenção das águas de escoamento superficial em área urbana.

Palavras-Chave – Recarga, zona urbana, uso do solo, infiltração.

Abstract

The aim of this study was to indicate the land use types in Frederico Westphalen (RS) that are more favorable to storm water infiltration, looking forward reducing runoff in the city. To achieve the objective it was perform 45 infiltration tests and soil density in different soil covers. The city was divided in lots, and those were classified according to the following land uses: Mixed Trees (FT), Citrus (C), Grass (G), Crop Rotation (CR) and Bare Soil (SE). The infiltration tests were carried out with the infiltrometer ring method and also there were conducted 45 density tests in a lab. Bare Soils showed the lowest infiltration rate (8.05 mm/h) and the higher soil density (1.58 g/cm³). Soils without green management (SE) do not contribute significantly to rainwater infiltration. FT soils, with less human intervention, showed higher average rates of infiltration (370.3 mm/h) and less than 1.2 g/cm³ of density. Among the remaining land use, airy soils (RC and C) showed better response to infiltration (between 228.5 and 274.0 mm/h). Although the grass is considered a green area, the results indicated that the existence of these areas, by itself, it's not the better strategy for water infiltration in urban areas.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por espaços nos aglomerados urbanos leva à necessidade de expansão das áreas construídas, o que ocorre de forma vertical nas zonas centrais das cidades, com tendência à horizontalidade nas zonas periféricas. O crescimento urbano desconfigura a paisagem natural e altera o funcionamento do sistema hidrológico, sendo que uma das principais consequências observadas nas áreas construídas é a diminuição da recarga dos aquíferos subjacentes e o aumento dos volumes de escoamento superficial. As consequências podem ser observadas nos períodos de maior precipitação, com o aumento de ocorrências de zonas inundadas e decorrentes perdas.

O município em estudo teve um crescimento significativo na área urbana, acarretando na desconfiguração da paisagem natural e alterando o funcionamento do sistema hidrológico. Um estudo feito por Bertani et al. (2012) demonstra o crescimento significativo no município de Frederico Westphalen. O autor analisou dados de crescimento urbano durante 24 anos (1987 a 2011). Os resultados permitem observar um aumento de 295,23 ha do território urbano, correspondendo a um percentual de 109,05 % de crescimento, resultando em 565.960 ha de território urbano, (Figura 1).

De acordo com Tucci (2005), nas áreas urbanas ocorre à substituição da cobertura natural da bacia por pavimentos impermeáveis, sendo introduzidas condutas para viabilizar o escoamento pluvial, isso gera alterações no ciclo hidrológico, como a redução da infiltração no solo; o aumento do escoamento superficial; aumentos das vazões máximas, que antecipam seus picos no tempo e a redução da recarga natural do aquífero.

Entretanto, o planejamento e as diretrizes definidas para a construção de espaços urbanos, carecem em geral, de elementos técnicos que vinculem a importância da preservação e inclusão de áreas permeáveis com o tipo e uso do solo que apresente melhor comportamento no que se refere à retenção e infiltração de águas pluviais. Considera-se que, em função do tipo e uso do solo dos espaços verdes/permeáveis, poderá ser favorecida a retenção e infiltração das águas de escoamento superficial e consequente redução do volume escoado em áreas impermeabilizadas (Texeira, 2009).

Em estudo realizado por Celligoi (1993), referente aos recursos hídricos subterrâneos da formação Serra Geral ressaltou a importância das áreas desprovidas de impermeabilização e cobertas por vegetação pela capacidade efetiva de

recarga, em razão da cobertura vegetal ter como função básica a proteção contra o impacto das águas pluviais e facilitar a infiltração.

Segundo Alves et al. (2007), a cobertura vegetal auxilia na melhor taxa de infiltração de água no solo, devido, à influência que esta exerce sobre as propriedades físicas do solo.

Assim como ocorre em grandes cidades, em áreas urbanas de menor dimensão, como no caso de Frederico Westphalen (RS), também se observa a ocorrência de zonas inundadas durante os períodos de maior precipitação (BRASIL, 2012). A infiltração de água no solo está diretamente relacionada com a estrutura do solo e sua estabilidade, densidade, porosidade e selamento superficial (FIORIN et al, 2006). Segundo Souza (2000), os valores da taxa constante de infiltração são inversamente associados aos da densidade do solo.

Considerando a importância de preservar e incentivar o aumento das áreas permeáveis na zona urbana de Frederico Westphalen (RS), foram realizadas as análises de velocidade de infiltração e densidade do solo nas diferentes coberturas de solo existentes, de forma a indicar os tipos e usos do solo mais favoráveis à infiltração das águas pluviais.

O presente estudo foi desenvolvido visando a produção de elementos que contribuam para o planejamento do desenvolvimento urbano das cidades e que tenham por objetivo a redução do volume de escoamento superficial mediante o incentivo da prática de usos do solo favoráveis à retenção e infiltração das águas pluviais. Estes elementos poderão ser utilizados nas diretrizes de zoneamento do uso do solo urbano e contribuir, dessa forma, com a minimização da ocorrência de inundações em zonas críticas, propiciando o aumento da recarga do aquífero subjacente.

2 ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Frederico Westphalen (RS) está localizada no município de mesmo nome, na Latitude 27°21'33"S, Longitude 53°23'40"W e altitude de aproximadamente 566 m (Figura 1).

O município possui área de 264,53 km² e conta com uma população de 28.843 habitantes (IBGE, 2010). A evolução do crescimento da cidade de Frederico foi constatada por Bertani et al. (2012), que analisando imagens do município entre 1987 e 2011, observou o aumento de 109,05% do território urbano em 24 anos, passando este de 2,95 km² para 5,66 km².

A área possui clima subtropical úmido

sem estiagens, com precipitações médias de 1.185 a 1.364 mm/ano (Streck, 2008). A zona urbana enfrenta problemas de inundação, constatados durante eventos de maior precipitação (BRASIL, 2012). Observa-se que, apesar da elevada precipitação, a principal fonte de abastecimento de água do município é o Rio Lajeado Pardo, que não apresenta vazão suficiente para a demanda da área urbana, sendo necessária a transposição hídrica do Rio Fortaleza, ambos pertencentes à bacia do Rio da Várzea (Alto Uruguai).

Do ponto de vista geológico, o município está localizado sobre rochas basálticas formação Serra Geral (Leinz, 1949), portanto, sobre o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), que apresenta porosidade por fraturas, com alta a baixa possibilidade para águas subterrâneas (CPRM, 2005). Este aquífero é explorado localmente para abastecimento de comunidades isoladas, apresentando problemas de quantidade e qualidade das águas (Mancuso et al. 2013).

3 MATERIAL E MÉTODO

Segundo Costa et al. (1999), as taxas de infiltração no solo podem ser obtidas mediante o uso do infiltrômetro de anel. O método do infiltrômetro de anel também foi utilizado por Sales et al. (1999), que realizaram testes para analisar a velocidade de infiltração em distintos solos.

A área urbana de Frederico Westphalen (RS) se encontra sobre o divisor de bacias hidrográficas. Para a seleção dos locais de ensaio, foram delimitadas cinco sub-bacias hidrográficas, de acordo com cada uma das cinco nascentes localizadas dentro do perímetro urbano. Em cada uma das sub-bacias foram selecionados locais para a realização de ensaios de infiltração e ensaios de densidade do solo, de acordo com o tipo e uso do solo. Este zoneamento teve por objetivo a representatividade dos resultados. A Figura 1 representa a localização dos pontos de ensaio no perímetro urbano de Frederico Westphalen.

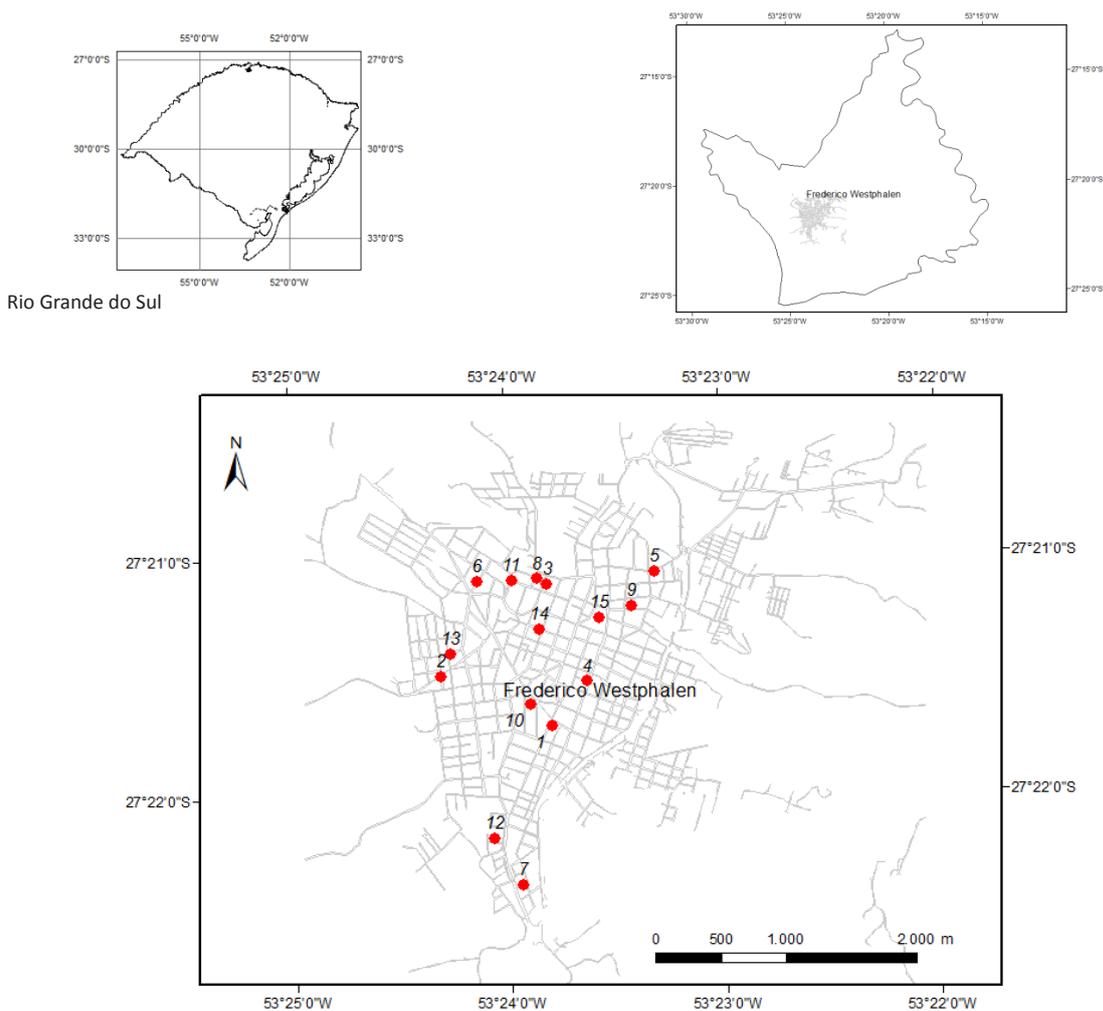


Figura 1. Localização dos pontos de ensaio no perímetro urbano de Frederico Westphalen

Em março de 2013, foram realizados trabalhos de campo no interior do perímetro urbano de Frederico Westphalen. Nessa fase, o trabalho consistiu na classificação dos usos do solo das áreas permeáveis, separadas por quadras e por lotes. Os usos de solo predominantes classificados na zona urbana da cidade foram:

- Árvores Mistas (FT): área com cobertura de floresta ou predomínio de árvores de médio a grande porte;
- Citrus (C): área com plantação de citrus;
- Gramado (P): áreas de gramíneas rasteiras (1 a 15 cm), (principalmente observado em jardins);
- Rotação de Cultura: (RC): área onde são cultivadas mais de uma cultura durante o ano (milho, mandioca, soja, etc.);
- Solo Exposto (SE): solo sem cobertura.

No presente estudo, a capacidade de infiltração do solo foi determinada pelo método dos anéis concêntricos, que consiste em dois anéis, sendo o menor com 20 cm de diâmetro e o maior com 40 cm de diâmetro, ambos com altura de 20 cm. Os anéis foram instalados concentricamente, na vertical e enterrados 5 cm no solo (Figura 2). De acordo com o método (Bernardo *et. al* 2006), foi colocada água, ao mesmo tempo, nos dois anéis e acompanhada a infiltração vertical no cilindro interno, mediante o uso de uma régua graduada.

As leituras foram realizadas até o tempo decorrido de 120 minutos do início do teste, conforme metodologia de Pinheiro *et al.* (2009).

Para cada uso de solo (FT, C, P, SE e RC) (Figura 3), foram selecionadas três áreas distintas para a realização de ensaios (15 locais ao todo). Nesses locais foram realizados ensaios de infiltração, em triplicata, totalizando a realização de quarenta e cinco ensaios ao todo. O ajuste das curvas de infiltração foi realizado a partir do modelo matemático proposto por Kostiaikov e apresentado por Bernardo *et al.*(2006):

$$I = K \cdot T^a \quad (1)$$

Onde:

I = infiltração acumulada

K = parâmetro dependente da condição de umidade inicial do solo

T = tempo de oportunidade de infiltração

a = Constante dependente do solo, variando entre 0 e 1.

Na sequência e distante no máximo 50 cm do local dos ensaios, foram realizadas coletas de solo por meio de anel volumétrico, totalizando quarenta e cinco amostras, para determinação da densidade do solo, de acordo com a metodologia proposta EMBRAPA (1997) (Tabela 1). As amostras foram coletadas com um cilindro extrator de 3,0 cm de altura e 4,7 cm de diâmetro, forçado



Figura 2. Infiltrômetro de anel

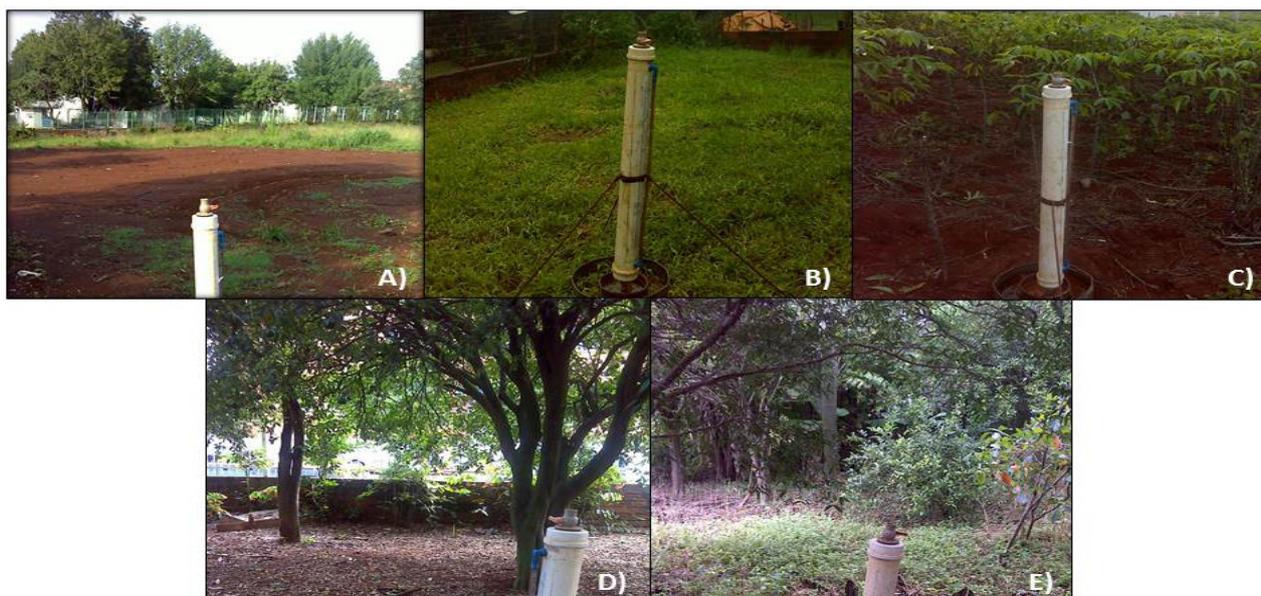


Figura 3. Local de ensaios em distintos usos de solo urbano de FW. A) Solo Exposto; B) Gramado; C) Rotação de Cultura; D) Citrus; E) Árvores Mistas.

Tabela 1. Descrição do uso do solo do local de realização dos ensaios de infiltração e coleta de amostras os ensaios de densidade do solo

Ponto	Uso do Solo	Coordenadas UTM		Descrição do Uso do Solo
		Longitude	Latitude	
1	SE	6971170,00	262931,87	Terreno plano, sem vegetação. Sem acesso à movimentação de pedestres e animais.
2	SE	6971542,72	262080,21	Terreno plano, sem vegetação. Acesso à movimentação de máquinas e pedestres.
3	SE	6972264,08	262889,84	Terreno plano, sem vegetação. Acesso à movimentação de pedestres e animais.
4	P	6971512,22	263202,35	Terreno plano, seco, com presença de pedras, gramado raso e seco.
5	P	6972359,54	263721,45	Terreno irregular, com gramado bem desenvolvido, solo rico em matéria orgânica, solo fofo.
6	P	6972282,43	262356,98	Terreno irregular com gramado raso e seco.
7	RC	6969938,93	262711,87	Terreno plano, manejo manual entre os cultivos, presença de cascalho.
8	RC	6972303,41	262819,29	Terreno plano, manejo manual entre os cultivos, terreno úmido.
9	RC	6972097,66	263541,15	Terreno irregular, manejo manual entre os cultivos. Vegetação rasteira junto com a cultura.
10	C	6971335,86	262765,34	Terreno Plano, árvores de citrus de médio porte, solo úmido com ausência de vegetação.
11	C	6972291,68	262618,75	Terreno Plano, árvores de citrus de médio porte, solo úmido com presença de cascalho e ausência de vegetação rasteira.
12	C	6970294,50	262494,49	Terreno irregular, árvores de citrus de médio porte, solo úmido, rico em matéria orgânica e presença de vegetação entre as árvores.
13	FT	6971721,80	262156,54	Terreno irregular, com presença de vegetação de pequeno médio e grande porte. Nascente.
14	FT	6971910,22	262838,73	Terreno irregular, com vegetação de grande porte e vegetação rasteira, relevante ação entrópica.
15	FT	6972002,49	263290,35	Terreno irregular, com vegetação de grande porte e vegetação rasteira. Nascente.

verticalmente no solo com uma marreta e extraído de forma não danificar a amostra. A densidade do solo foi determinada, dividindo a massa de solo seco a 105 °C pelo volume da amostra (52,048 cm³).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados testes em cinco usos de solos distintos: SE, P, RC, C e FT. Os resultados dos ensaios de densidade do solo e infiltração indicaram diferenças significativas, de acordo com o uso do solo (Tabela 2):

Solo exposto (SE): a taxa de infiltração (TI) média foi de 34,90 mm/h, a menor entre todas as coberturas de solo estudadas, enquanto que a densidade média, de 1,49 (g/cm³), foi a mais elevada entre os usos de solo, indicando movimento de água mais lento e dificuldade de drenagem em relação aos mesmos. O Solo Exposto (SE) apresentou as menores velocidades de infiltração, com valores entre 8,0 e 46,5 mm/h;

Gramado (P): a taxa de infiltração (TI) média foi de 79,98 mm/h e a densidade média de 1,42 (g/cm³), próxima à observada em SE. Entre os distintos usos de solo com cobertura, o gramado apresentou a pior condição de infiltração e a maior variabilidade quanto às densidades (amplitudes de 0,48 g/cm³) (Figura 4), mantendo, entretanto

as menores taxas de infiltração entre as máximas (183,6 mm/h) e mínimas (20,0 mm/h);

Rotação de cultura (RC): a taxa de infiltração (TI) média foi de 228,47 mm/h e a densidade média de 1,34 (g/cm³). A TI observada é de 2,8 vezes superior à de cobertura de gramado (P) e 6,5 vezes superior à do SE. As condições de drenagem do solo são consideravelmente melhores do que as observadas na condição de cobertura de gramado (P), mas piores do que nas coberturas de citrus (C) e árvores mixtas (FT). Na Rotação de Cultura (RC) observam-se diferenças significativas de amplitude, entre a máxima (404,5 mm/h) e a mínima (153,0 mm/h), obtidas no ensaio de infiltração (Figura 4);

Citrus (C): a taxa de infiltração (TI) média foi de 274,06 mm/h e a densidade média de 1,29 (g/cm³). Esta cobertura apresenta árvores de médio porte, sem vegetação rasteira e com pouca ação antrópica após o plantio. Os resultados indicam melhores condições de infiltração e drenagem do que a RC, e superiores em 7,8 vezes aos observados em SE. As velocidades de infiltração foram de 164,8 a 389,9 mm/h, sendo este o tipo de solo que obteve menor variação entre os resultados das repetições (Figura 5);

Árvores Mistas (FT): a velocidade de infiltração (TI) média foi de 370,33 mm/h, e a densidade média de 1,27 (g/cm³). Este uso do solo representa zonas de floresta preservadas ou

Tabela 2. Taxas de infiltração e densidades de solo de acordo com o uso, em zona urbana de Frederico Westphalen.

Uso do Solo	Densidade (g/cm ³)			Taxa de infiltração (mm/h)		
	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
SE	1,496	1,577	1,389	34,90	46,54	8,05
P	1,424	1,616	1,132	79,98	183,58	20,00
RC	1,345	1,470	1,216	228,47	404,50	153,03
C	1,294	1,408	1,205	274,06	389,91	164,85
FT	1,272	1,433	1,141	370,33	576,75	223,21

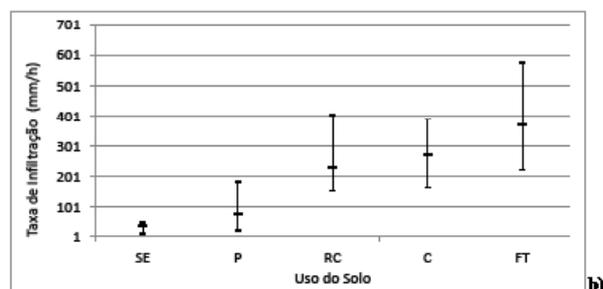
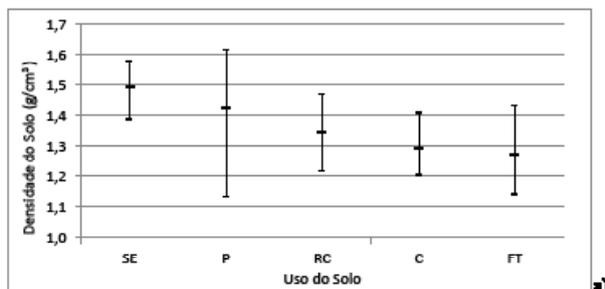


Figura 4. Variabilidade entre as médias, máximas e mínimas, resultantes dos ensaios de infiltração (a) e densidade do solo (b), realizados em zona urbana, em diferentes tipos de uso do solo

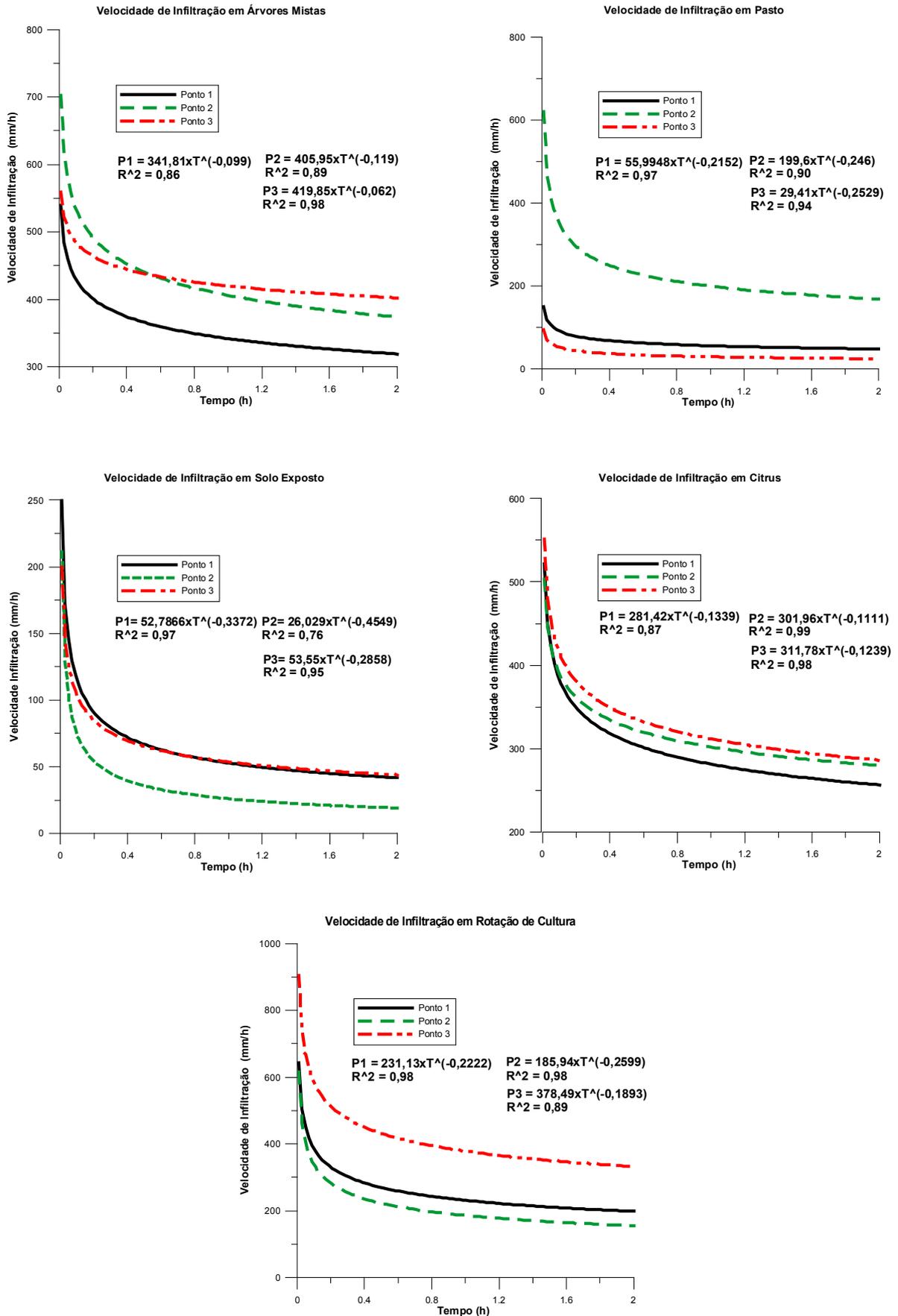


Figura 5 – Velocidade de Infiltração em distintos usos de solo

área arborizadas com acesso limitado à população. O uso do solo apresentou elevada variabilidade quanto à velocidade de infiltração, mantendo, entretanto, as maiores taxas de infiltração média, máxima e mínima, em relação aos outros usos. Ao contrário, os ensaios de densidades de solo indicaram os menores valores médios e mínimos. Ressalta-se que o uso do solo FT consiste em árvores de médio e grande porte e limitada ação antrópica, levando a taxas de infiltração de ordem de 576,7 mm/h.

O índice de correlação entre a taxa de infiltração média e a densidade média de cada um dos usos de solo estudados foi de 97 % aproximadamente.

5 CONCLUSÃO

As taxas de infiltração variam de acordo com o uso do solo, os solos com maior densidade apresentaram as menores taxas de infiltração. A menor velocidade de infiltração (8,05 mm/h) e uma das maiores densidade de solo (1,58 g/cm³) ocorreram nos Solos Expostos (SE). De acordo com este estudo, os solos expostos, sem cobertura vegetal, localizados em lotes, ruas e calçadas, apresentam baixa capacidade de drenagem, o que dificulta a infiltração de águas pluviais, e favorece o escoamento superficial. Por outro lado, os solos com Árvores Mistas apresentam uma capacidade de infiltração média da ordem de 10 vezes, superior à capacidade de infiltração dos Solos Exposto. Entre os solos com manejo (gramados, Citrus, e Rotação de Cultura) os gramados indicaram um índice de densidade de solo elevado e baixas velocidades de infiltração, em relação aos Citrus e à Rotação de Cultura.

Os solos remexidos e arejados (Citrus e Rotação de Cultura) apresentaram melhor resposta à infiltração média (entre 228,5 e 274,0 mm/h), além das árvores mistas (FT) (370,33 mm/h). Neste sentido, observa-se que as áreas com menor intervenção antrópica, e melhores condições de acúmulo de matéria orgânica, como é o caso do FT, resultam em solos com menor densidade e melhores condições de infiltração, reforçando a importância destas áreas verdes em espaços urbanos construídos, em função da sua capacidade de retenção e infiltração das águas pluviais.

Cabe destacar que, apesar do gramado ser considerado área verde, favorável à infiltração, os ensaios indicaram que a existência destas áreas, por si, não garante à otimização da retenção

das águas de escoamento superficial. Estas áreas apresentaram as piores condições de densidade de solo e de velocidade de infiltração em relação aos outros tipos de manejo.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. C. ; SUZUKI, L.G.A.S ; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um latossolo Vermelho Distrófico em recuperação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, p. 617-625, 2007.

BERTANI, G.; BREUNIG F.M.; SPOHR, R.B. Análise de crescimento da mancha urbana do município de Frederico Westphalen, RS-Brasil através de imagens landsat5 TM. Revista geografar (UFPR), 2012.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. Manual de Irrigação. 08. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006, 625p.

BRASIL. Prefeitura municipal de Frederico Westphalen. Plano municipal de saneamento básico de Frederico Westphalen –RS, 2012.

CELLIGOI, A. Recursos hídricos subterrâneos da formação Serra Geral na cidade de Londrina – Pr. São Paulo. Revista Brasileira de geociência, março de 1993.

COSTA, E.L ; SILVA, A.M. da ; COLOMBO, A.; ABREU, A.R. de. Infiltração de água em solo, determinada por simulador de chuvas e pelo método dos anéis. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 3, n.2, 1999.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul. SOPS-SEMA-DRH/RS-CPRM. CPRM. Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial. Escala 1:750.000, 2005.

EMBRAPA : Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em : 20 de junho de 2013.

IBGE: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Contagem da população. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 maio de 2013.

LEINZ, V. Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil. Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, São Paulo, Geol. 5, 1949. 103 p. 1949.

MANCUSO, M.A.; SCHROEDER, J.K.; SILVÉRIO da SILVA. Análise dos teores de flúor nas águas de abastecimento público em municípios localizados sobre o Aquífero Serra Geral no noroeste do Rio Grande do Sul. Submetido ao XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves, RS. Aprovado. 8p. 2013.

PINHEIRO, A. ; TEIXEIRA, L. ; KAUFMANN, V. Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola. Revista Ambiente & Água, v. 4, p. 188-199, 2009.

SALES, L.E. de O.; FERREIRA, M.M; OLIVEIRA, M.S. Estimativa da velocidade de infiltração básica do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 34, n.11, p. 2091-2095. 1999.

SOUZA, Z.M. Propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro de Selvíria (MS) sob diferentes usos e manejos. 127f. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2000.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIEMNTO, P. C. DO.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. Solos do Rio Grande do Sul. 2. Ed. Porto Alegre: EMATER/RS. 222p. 2008.

TEXEIRA, A. C. O. Alterações no uso da terra das bacias do baixo rio de contas e Gongogi e regime hidrológico do rio Gongogi-Ba. 2009. Disponível em < <http://www.biblioteca.uesc.br/biblioteca/bdtd/200760012D.pdf> > Acesso em: 10 de jul. de 2013.

TUCCI, C.E.M. Gestão de Águas Pluviais Urbanas, 2005. Disponível em: < http://4ccr.pgr.mpf.gov.br/institucional/gruposdetrabalho/residuos/docs_resid_solidos/GestaoAguasPluviaisUrbanas.pdf >. Acesso em: 17 nov. de 2012.