



VARIABILIDADE SAZONAL DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO EM DIFERENTES TIPOS DE USO NA REGIÃO SUDESTE DO PARANÁ.

SEASONAL VARIABILITY OF WATER INFILTRATION IN SOIL IN DIFFERENT TYPES OF USE IN THE SOUTHEAST REGION OF PARANA.

Joslaine Minosso

Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná-Campus Iratí
Mestranda em Geografia
joslaineminosso@gmail.com

Valdemir Antoneli

Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná-Campus Iratí
Professor Adjunto
vaantoneli@gmail.com

Andreza Rocha de Freitas

Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná-Campus Iratí
Professora Assistente
andreza_rocha@yahoo.com.br

RESUMO

A infiltração consiste na entrada de água na camada superficial do solo. Este processo é influenciado por diversos fatores tais como: características da precipitação, condições físicas do solo e seu uso. Os diferentes usos do solo em uma bacia hidrográfica indicam variações nas suas condições físicas que podem alterar o processo de infiltração da água. Neste conteúdo, este artigo teve como objetivo mensurar a infiltração de água no solo em uma bacia hidrográfica no município de Iratí na Região Sudeste do Paraná com diferentes usos do solo. Foram realizadas duas campanhas de coleta de dados, uma no verão (fevereiro) e outra no inverno (agosto). Para mensurar a infiltração da água no solo utilizou-se um infiltrômetro de anéis concêntricos. Ao término do monitoramento pode-se concluir que a taxa de infiltração é maior no período de inverno em todos os usos do solo. A agricultura indicou maior variação na infiltração entre os dois períodos de monitoramento devido ao manejo do solo. A área urbana indicou menor variação na infiltração, por não haver mudanças significativas no solo ao longo do ano.

Palavras-chave: Taxa de infiltração; Área Rural; Área Urbana; Sazonalidade.

ABSTRACT

The infiltration consists of the input of water into the soil. This process is influenced by several factors such as: characteristics of rainfall, soil physical conditions and land use type. The different types of land use in a watershed show variations in soil physical conditions that can alter the process of water infiltration. Therefore, this article has as objective to measure the infiltration of water in the soil in a watershed in the Municipality of Irati in the Southeast Region of Paraná with different types of land use. We carried out two campaigns of data collection, one in the summer and other in the winter. We used a concentric ring infiltrometer to measure the infiltration of water in soils. At the end of the monitoring we conclude that the rate of infiltration is higher in the winter period in all land uses. Agriculture indicated greater variation in infiltration between the two monitoring periods due to soil management. The urban area indicated less variation in the infiltration, as there were no significant changes in the soil during the year.

Keywords: Infiltration rate; Land Use; Rural Area; Urban Area; Seasonality.

1 – Introdução

Os diferentes tipos de uso em uma bacia hidrográfica podem apresentar variações nos atributos físicos do solo, pois cada tipo de uso do solo interfere de sobremaneira nas condições físico-hídricas de uma determinada área (MOREIRA et al., 2016; NERGER, et al., 2016). Esta variação promove arranjos diferenciados nas paisagens rurais e urbanas. A infiltração de água no solo, por exemplo, é uma das variáveis de maior destaque nos processos hidroerosivos em bacias hidrográficas, pois sua taxa determina o deflúvio superficial que é responsável pela erosão, tornando-se um processo importante para o manejo de solo e água (REICHARDT; TIMM, 2004). Neste contexto, a infiltração de água é um dos fenômenos que melhor refletem as condições físicas internas do solo (ALVES; CABEDA, 1999).

A infiltração é influenciada por diversos fatores tais como: características da precipitação (intensidade, volume e tamanho das gotas); condições físicas do solo (porosidade densidade, compactação, textura, profundidade, umidade antecedente, declividade e forma de vertente, dentre outros) (SANTOS e PEREIRA, 2013); uso do solo (floresta, pastagem, agricultura) (CHEN e WAGENET, 1992); manejo do solo (plantio convencional e plantio direto) (BRANDÃO et al., 2006; MANCUSO et al., 2014) e ação antrópica (ANTONELI e THOMAZ, 2009). Segundo Wang et al. (2015) toda água da precipitação se infiltra até que a taxa de aplicação exceda a condutividade hidráulica promovendo a saturação do solo que, por não conseguir manter uma taxa de infiltração igual à intensidade da chuva, tende a iniciar o escoamento superficial.

O entendimento sobre a taxa de infiltração é de fundamental importância para definir técnicas de conservação do solo (WANG et al., 2014). As condições da superfície do solo e de organização das suas características físicas ao longo do perfil estão entre os fatores que afetam a dinâmica do processo de infiltração de água (GONÇALVES e MORAES, 2012; SANTOS et al., 2014).

Portanto, a forma de uso e ocupação do solo afeta diretamente na capacidade de infiltração, trazendo consequências que podem ser negativas, como a degradação, e danos ambientais muitas vezes irreversíveis. Segundo Santos (2004) o uso e ocupação do solo retratam as atividades humanas que podem significar pressão e impacto sobre os elementos naturais. O modo de interferência antrópica é um fator que intervém na

capacidade de infiltração, como a utilização intensa de animais em áreas de pastagens, tráfego de pessoas e maquinários em áreas agricultura, modificação na estruturado solo em áreas urbanas (terraplanagem).

Os impactos gerados pela ação antrópica através do modo de uso e manejo do sistema terrestre em geral, acarreta na má qualidade do sistema e, por conseguinte da vida humana. A dinâmica do uso do solo é componente fundamental no controle de processos hidroerosivos (ANTONELI; THOMAZ, 2009), por isso há necessidade de informações sobre a infiltração em usos distintos.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo, identificar a taxa de infiltração de água no solo em diferentes usos do solo em uma bacia hidrográfica localizada no Município de Irati/PR. Dentre os usos monitorados estão: agricultura, floresta, pastagem e área urbana em dois períodos distintos (inverno e verão).

A realização das campanhas em períodos distintos (inverno e verão) serviu para identificar também a influência do manejo do solo em áreas agrícolas e de pastagem que apresentam características diferentes nos dois períodos. Esta variação pode estar relacionada às condições climáticas da região que indicam temperaturas amenas no inverno dificultando o cultivo de alguns produtos e promovendo a redução da disponibilidade das pastagens, devido às baixas temperaturas (ANTONELI et al., 2012)

Portanto, partiu-se do pressuposto de que se há variação do uso do solo, haverá variação na taxa de infiltração da água no solo.

2- Caracterização da área de estudos

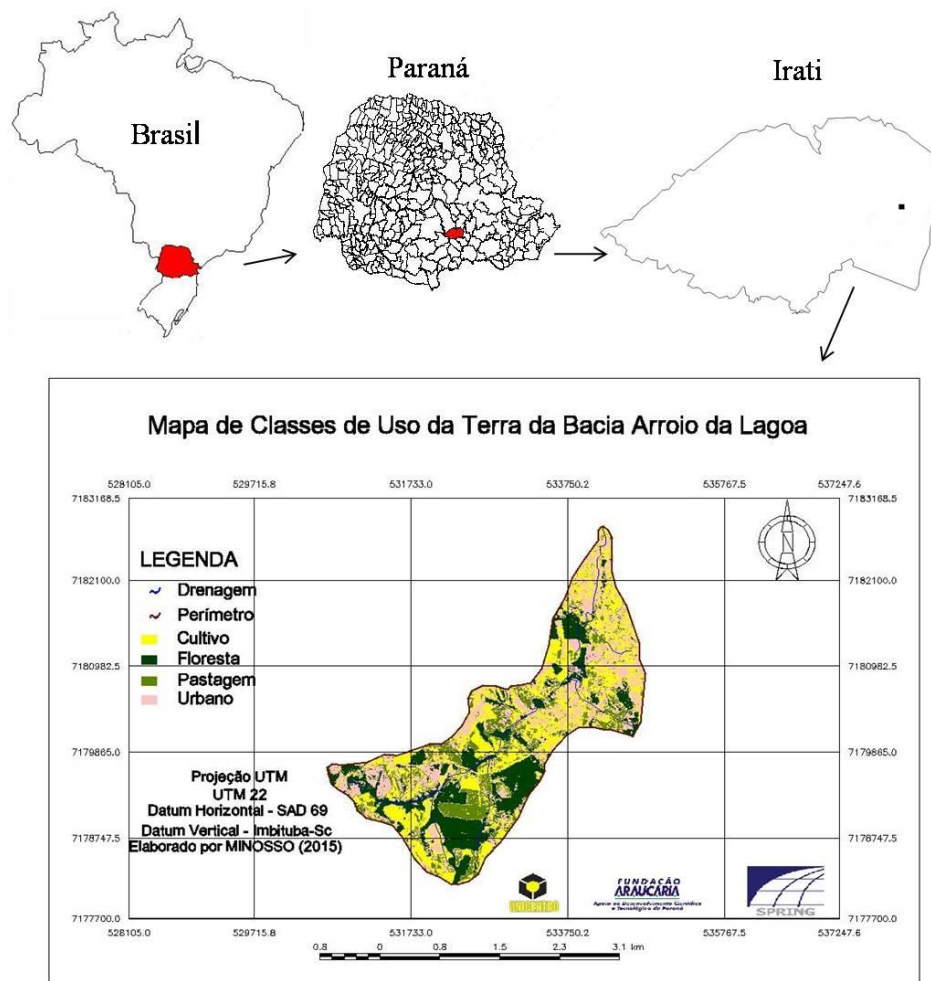
A Bacia Hidrográfica do Arroio da Lagoa está localizada no município de Irati - Paraná, região Sudeste. A área urbana corresponde a (39%) da área, e a rural por 61%. Dentre os tipos de usos do solo na área rural, encontram-se áreas de floresta (12%), agricultura (35%) e pastagem 14%.

O referido estudo adotou quatro áreas de análise na bacia hidrográfica (Figura 1), cultivo de soja, floresta, pastagem e área urbana. Posteriormente, foram realizadas duas campanhas de teste de infiltração, uma no inverno (agosto de 2015) e outra no verão (fevereiro de 2016).

A área de cultivo utilizada para as mensurações era formada por uma gleba de 6,8 há, com cultivo da soja em Sistema de Plantio Direto. A mensuração no inverno foi realizada sob o cultivo de aveia preta (*Avena stibosa*), a qual é utilizada como camada morta para o cultivo da soja com Plantio Direto. Destaca-se que a cobertura do solo no inverno durante as mensurações era em torno de 70%. Já no verão o solo estava sob o cultivo de soja com uma cobertura média em torno de 55%.

A pastagem utilizada para a mensuração é uma área de 3,6 ha, destinado a criação de bovinos e ovinos. O pasto é nativo no qual há um consórcio entre a grama forquilha (*Paspalum notatue*) e a grama jesuíta (*Axonopus affinis*), ambas características da criação de animais de forma extensiva na região sudeste do estado do Paraná. Já a área de floresta utilizada para a mensuração é uma área de 9,4 ha de Mata Secundária.

Figura 1 - Mapa de Classe de Usos da Terra da Bacia do Arroio da Lagoa – Irati-Pr.



Org: MINOSSO, J. (2015)

O clima da região onde a área de estudos está inserida é classificado como Cfb - clima temperado úmido com verão temperado e invernos frios, sem estação seca. A temperatura média no verão é inferior a 22° C e inferior a 18° C no inverno. No inverno são frequentes as geadas com temperatura mínima abaixo de 0 °C. Estas condições permitem que o uso do solo das áreas agrícolas apresente variação nas formas de uso.

A vegetação da bacia é composta por remanescente de Mata de Araucária entremeadas com Mata Secundária e algumas áreas de campos limpos (pastagem nativa) onde são criados animais de forma extensiva. Os solos se caracterizam como Cambissolos Háplicos na maior parte da bacia com percentual médio de 18% areia, 32% silte e 50% argila na profundidade de 0 a 10 cm. Nos fundos de vale encontram-se solos Hidromórficos e em áreas de maior declividade são encontrados solos Neossolo Litólico.

3 – Metodologia

Para a mensuração da taxa de infiltração da água no solo foi utilizado o método do infiltrômetro de anel duplo, adaptado de Brandão et al. (2006), o qual tem sido empregado para a determinação da velocidade de infiltração básica de água no solo (VIB). Este método é caracterizado por dois anéis concêntricos (25 cm e 50 cm), os quais são enterrados 5 cm no solo para a mensuração, onde se coloca água em ambos os anéis, porém, é medida a taxa de infiltração apenas no anel interior.

O anel duplo tende a evitar que haja muita transferência de água lateral fazendo com que a infiltração ocorra verticalmente e não ocorra superestimativa na taxa de infiltração (ANTONELI e THOMAZ, 2009). Segundo Paixão et al. (2004), a vantagem do anel duplo é que este, minimiza a infiltração lateral fazendo com que o fluxo de água se mantenha na vertical.

A mensuração foi realizada durante uma hora, medindo-se a taxa de infiltração a cada cinco minutos. Foram realizadas 6 repetições em cada área, totalizando 24 mensurações em cada campanha. Os pontos de mensuração foram escolhidos aleatoriamente ao longo da vertente, sendo dois pontos na alta vertente, dois na média e dois na baixa vertente.

A mensuração da umidade antecedente do solo foi realizada através de uma sonda com sensor de umidade modelo “espeto” que, quando introduzido no solo registra os valores de umidade e transmite a um Datalogger, que faz o registro dos dados.

Foram realizadas 5 repetições de umidade na camada superficial em cada ponto de mensuração da infiltração, totalizando 30 coletas de umidade em cada tipo de uso em cada campanha.

Foram utilizados dados secundários da densidade de solo, extraídos de Santos (2016), que avaliou a influência do uso do solo nas variáveis físicas do solo na Bacia do Rio Bonito no município de Irati/PR. Destaca-se que a bacia do Rio Bonito se limita (divisor de águas) com o Arroio da Lagoa, ambos compõem o curso superior da Bacia do Rio das Antas. Destaca-se que as características físicas (tipo de solo, declividade e forma das vertentes) e as condições de uso e ocupação (uso do solo) da bacia do Rio Bonito, são similares as do Arroio da Lagoa.

Para a elaboração do mapa de uso da terra utilizou-se o *software* SPRING, na versão 5.2.6 elaborado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Divisão de Processamento de Imagens (INPE/DPI, 1999). O mapa foi elaborado através do método da Máxima Verossimilhança, que é um método de classificação supervisionada.

Segundo Freitas (2005) esse método da Máxima Verossimilhança “considera a ponderação das distâncias das médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos”. Para esse tratamento estatístico é necessário um grande número de pixels cada conjunto de treinamento. Cabe ressaltar que para a utilização desse método é necessário que se tenha um conhecimento da imagem a ser mapeada.

Como base cartográfica foi usada a Carta Topográfica elaborada pela Diretoria de Serviços Geográficos (DSG) do Exército (1980) na escala 1:50000, folhas SG.22-X-C-I-4 (Irati) e SG.22-X-C-IV-2 (Rebouças). De onde foram retirados dados como o perímetro da Bacia e sua rede de drenagem.

Utilizou-se estatística descritiva como média, soma, desvio padrão. Foi aplicada análise de variância (ANOVA) para comparar a taxa de infiltração nos diferentes tipos de uso e nos dois períodos distintos. As médias foram comparadas pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade.

4 – Resultados e discussões

A pluviosidade da área ao longo do monitoramento (janeiro de 2015 a fevereiro de 2016) foi de 1.686,2 mm distribuídos em 44 chuvas, sendo que a média histórica dos últimos 30

anos foi de 139 chuvas/ano com uma precipitação média anual de 1.594,6 mm (Tabela 1).

Foram monitoradas 44 chuvas ao longo do ano, as quais foram agrupadas por classe (5 classes) para identificar como ocorreu a distribuição do volume das chuvas ao longo do monitoramento.

Tabela 1 - Distribuição do número de chuva e a classe por volume precipitado.

Meses	Chuva (mm)	Nº Chuvas	Classes de chuva em (mm)				
			< 10	11 a 20	21 a 40	41 a 80	>80
Jan	148,7	6	2	2	1	1	-
Fev	138,5	6	2	2	-	2	-
Mar	61,5	3	1	1	1	-	-
Abr	223,5	5	1	1	1	1	1
Mai	113,5	2	-	-	1	-	1
Jun	338,5	5	-	-	2	1	2
Jul	117,0	3	-	1	-	2	-
Ago	77,0	2	-	1	-	1	-
Set	127,0	3	-	-	1	2	-
Out	193,0	4	-	-	1	3	-
Nov	97,0	2	-	-	2	-	-
Dez	51,0	3	-	2	1	-	-
Total	1686,2	44	6	10	11	13	4
Chuva (%)	-	100	13,6	22,7	25,0	31,8	13,6

As chuvas com volume entre 41 a 80 mm indicaram 13 eventos (31 % das chuvas). Já a classe >80 indicou apenas 4 eventos (13,6%), entretanto essas chuvas se concentram nos meses de abril, maio, junho (maior parte do outono).

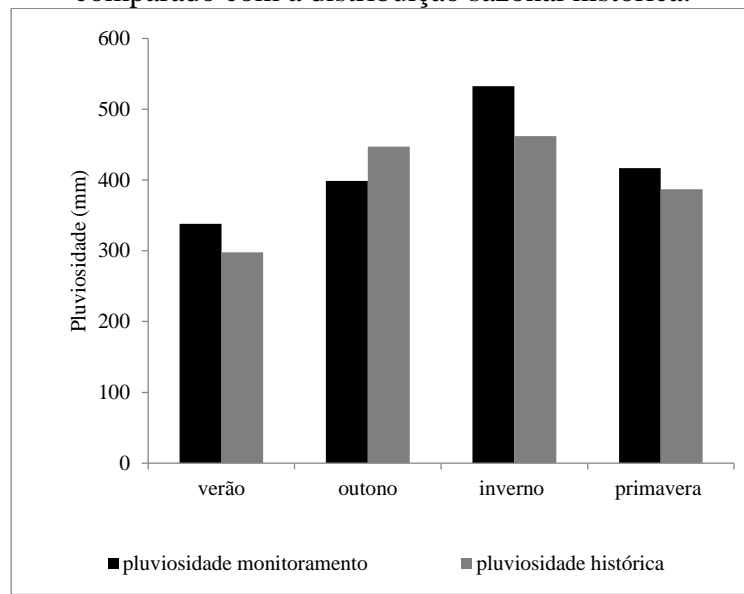
Os meses onde ocorreu o maior número de chuvas foram janeiro e fevereiro correspondentes a estação do verão, porém com menor volume quando comparados com a precipitação do inverno onde o número de chuva diminuiu, no entanto, o volume foi maior.

Durante os meses de verão ocorreram 15 chuvas, sendo 10 chuvas inferiores a 20 mm. Geralmente essas chuvas são convectivas que indicam pequeno volume de chuva, entretanto de maior intensidade que as chuvas frontais.

No outono e inverno, ocorreram 20 eventos de chuvas, sendo 10 em cada estação, porém a média da precipitação do inverno foi 24,5% superior ao outono. A maioria das chuvas do inverno indicou volume acima de 20 mm. Esta condição foi discutida por Thomaz e

Vestena (2003) em que os períodos de outono e inverno as chuvas da região tendem a serem chuvas frontais, caracterizadas por chuvas de volume acentuado e menor intensidade. Apesar do maior número de chuva ter ocorrido no verão, é no inverno que elas indicam maior volume (Figura 2).

Figura 2 - Distribuição sazonal do volume de chuva ao longo do monitoramento, comparado com a distribuição sazonal histórica.



Nota: Os meses de inverno utilizados nesta pesquisa correspondem a junho, julho e agosto e os meses de verão correspondem a dezembro, janeiro e fevereiro.

A variação na distribuição das chuvas ao longo do ano com períodos de maior volume como é o caso do inverno e as alterações na superfície do solo devido ao manejo das áreas agrícolas, por exemplo, podem interferir na variação da taxa de infiltração. Segundo Santos et al, (2016) as condições de superfície do solo e de organização da sua porosidade ao longo do perfil estão entre os fatores que afetam a dinâmica do processo de infiltração de água.

A umidade do solo é um fator determinante da capacidade de infiltração de água no solo, (quanto maior a umidade, menor será a infiltração). A umidade antecedente durante a campanha de verão foi menor em todos os tipos de uso do solo (Tabela 2). Esta questão pode ser atribuída ao menor índice de precipitação no verão (Figura 2), a maior radiação solar que pode contribuir com a evaporação da água no solo e as condições de uso, principalmente da área agrícola.

Tabela 2 - Média da distribuição da umidade antecedente do solo nas duas campanhas de mensuração da infiltração.

Tipo de uso solo	Umidade antecedente verão (%)	Coefficiente de Variação (%)	Umidade antecedente inverno (%)	Coefficiente de Variação (%)
Agricultura	28,7 ±4,2* aA**	14,6	34,7±5,8 bA	16,7
Área urbana	21,9±3,5 aB	15,9	22,6±3,1 aB	13,7
Floresta	32,1±5,9 aC	18,4	39,2±9,3 bC	16,0
Pastagem	22,4±4,2 aB	18,7	26,8±4,2 bD	15,6

*N=30 repetições.

** As médias da taxa de infiltração final de cada linha seguida da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste Tukey a 5% de probabilidade. As médias de cada coluna seguida da mesma letra maiúsculas não diferem entre si de acordo com o Teste Tukey a 5% de probabilidade.

A área urbana não indicou variação significativa da umidade entre os períodos, sendo também, o tipo de uso que indicou menor percentual de umidade do solo em ambas as campanhas. A floresta apresentou maior variação entre as duas campanhas, sendo que no inverno a umidade do solo foi 22,1% superior ao verão.

A área agrícola também apresentou variação significativa, sendo a umidade do solo no inverno 20,9% superior ao verão.

Os dados das características físicas do solo encontrados por Santos (2016) em uma bacia adjacente indicaram variação significativa nos condicionantes físicas do solo nas áreas de agricultura, pastagem no inverno e verão. A densidade média do solo na agricultura no inverno foi de 1,28 g/cm³, no verão a média foi de 1,34 g/cm³. Na área de pastagem a densidade do solo no inverno foi de 1,36 g/cm³ e no verão a média foi de 1,41 g/cm³. Já nas áreas de florestas e área urbana segundo a mesma autora, não houve variação significativa a nível de 5% de probabilidade na densidade do solo durante as duas campanhas de mensuração. Na floresta a densidade média foi de 1,01 g/cm³ e na área urbana 1,15 g/cm³.

Tomando por base os dos indicados por Santos (2016), a variação da densidade do solo em ambas as áreas pode ter contribuído com a variação da taxa de infiltração de água no solo nos dois períodos distintos. Dexter, (2004); Carducci et al (2011) vêm corroborar com esta questão ao ressaltarem que, com o aumento da Densidade do solo, a curva de retenção de água sofre mudanças na sua forma devido à redução na macroporosidade e

no índice S (valor da inclinação da curva de retenção de água no seu ponto de inflexão), com conseqüente suavização na inclinação da curvas de retenção de água.

Na Tabela 3 estão os resultados obtidos da infiltração total acumulada entre o verão e inverno em cada uso do solo. A taxa de infiltração foi maior no período de inverno, sendo a floresta o uso que apresentou maior taxa de infiltração em ambos os períodos (inverno e verão).

O menor coeficiente de variação tanto no verão quanto no inverno foi observado na área urbana (5,9% e 5,2% respectivamente), sendo observada menor dispersão (dados homogêneos) da taxa de infiltração. O maior coeficiente de variação no verão foi observado na pastagem (15,2%) e no inverno na floresta com 16,0%.

Tabela 3 - Comparação entre a infiltração total acumulada entre o verão e inverno de acordo com os diferentes tipos de uso do solo.

Tipo de uso solo	Infiltração no verão (mm/h)	Coeficiente de Variação (%)	Infiltração no inverno (mm/h)	Coeficiente de Variação (%)
Agricultura	24,4 ±2,1* aA**	8,6	32,7±2,0 bA	6,1
Área urbana	25,3±1,5 aA	5,9	24,9±1,3 aB	5,2
Floresta	43,1±2,7 aB	6,2	50,4±8,1 bC	16,0
Pastagem	13,1±2,0 aC	15,2	17,1±2,0 bD	11,7

*N=6 repetições.

** As médias da taxa de infiltração final de cada linha seguida da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste Tukey a 5% de probabilidade. As médias de cada coluna seguida da mesma letra maiúsculas não diferem entre si de acordo com o Teste *Tukey* a 5% de probabilidade.

A infiltração na área urbana não variou estatisticamente a nível de 5% pelo teste *Tukey*, ou seja, a taxa de infiltração no verão é muito próxima da média obtida no inverno. Esta baixa variação pode ser atribuída às mesmas características de uso do solo nos dois períodos.

A floresta indicou maior valor de infiltração em relação aos demais usos tanto no verão quanto no inverno, condizendo com resultados obtidos por Pinheiro et al. (2009) em Cambissolo Háplico.

Já a pastagem indicou as menores taxas de infiltração em ambas as estações. No verão foram obtidas as menores taxas de infiltração na agricultura, floresta e pastagem. Apenas na área urbana a infiltração no verão foi maior em relação ao inverno. No entanto, os

valores de infiltração da área urbana não diferiram a nível de 5% probabilidade pelo teste de *Tukey*.

A agricultura apresentou a maior variação do total de infiltração, sendo o inverno 34,0% superior ao verão. Este aumento pode ser em decorrência do manejo do solo na área agrícola que na região apresenta variações significativas ao longo do ano. Além das condições climáticas que poder interferir nesta variação.

O cultivo da soja onde foi realizada a mensuração da infiltração é efetuado sob o plantio direto, no qual o solo é revolvido durante o seu preparo para o cultivo. As atividades diárias realizadas ao longo do cultivo podem compactar a camada superficial do solo, reduzindo a porosidade do solo, contribuindo assim para a redução da infiltração. Como a mensuração no verão foi realizada em fevereiro, no qual a soja já estava em fase de maturação, as atividades realizadas anteriormente ao longo do cultivo, podem ter influenciado na redução da infiltração.

Durante o inverno, os agricultores semeiam cobertura vegetal de inverno que serve como matéria orgânica para a safra seguinte, além de proteção para o solo contra os efeitos pluviosivos. Neste período o solo encontra-se protegido pela vegetação a qual, amortece a energia de impacto das gotas de chuva, reduzindo a desagregação, a obstrução dos poros e o selamento superficial do solo (PINHEIRO et al., 2009). A presença de cobertura vegetal na superfície também promove a redução da velocidade do escoamento superficial, aumentando o tempo de oportunidade para a infiltração, devido ao aumento da rugosidade hidráulica do percurso ao longo do qual ocorre o escoamento (VOLK et al., 2004).

De acordo com Zaluski e Antoneli (2014) o tipo de cobertura na superfície do solo é um dos fatores que determinam o processo de infiltração, razão pela qual é extremamente importante manter a cobertura vegetal para a conservação do solo, uma vez que a vegetação é responsável para o aumento da macroporosidade na camada superficial e na condutividade hidráulica do solo.

Na área de pastagem a infiltração da água no solo no inverno foi 30,5% superior ao verão. Esta variação pode ser atribuída a redução da pastagem nativa devido as baixas temperaturas do inverno. Isso faz com que os animais procurem alimento nas áreas de

floresta, pois as pastagens nativas geralmente são consorciadas com florestas (sistemas silvopastoril).

A menor infiltração observada na pastagem em relação às demais áreas pode ser atribuída a dificuldade de a água infiltrar no solo, pelo fato de que boa parte de seus macroporos estão preenchidos por raízes, porém, ao mesmo tempo, essa água tem maior dificuldade em escoar na superfície, em razão da elevada e permanente cobertura do solo (LANZANOVA et al., 2010).

Quando analisada a velocidade da infiltração básica (VIB) no verão e inverno, o cultivo e a área urbana não diferiram entre si a nível de 5% (Tabela 3).

Tabela 3 - Comparação da velocidade de infiltração básica entre o verão e inverno de acordo com os diferentes tipos de uso do solo.

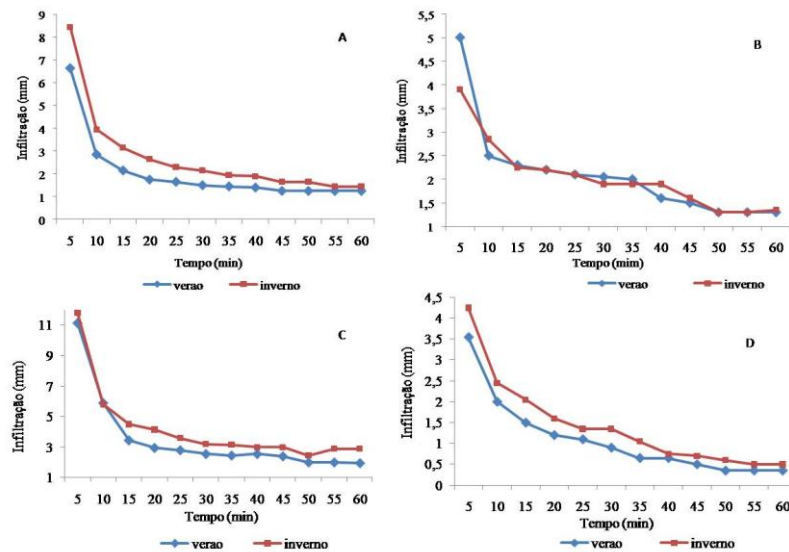
Tipo de uso solo	Infiltração no verão (mm/h)	Coefficiente de Variação (%)	Infiltração no inverno (mm/h)	Coefficiente de Variação (%)
Agricultura	1,25 ±0,21* aA**	16,8	1,31±0,30 aA	22,9
Área urbana	1,31±0,51 aA	38,9	1,35±0,28 aA	94,8
Floresta	1,95±0,82 aB	42,0	2,9±0,95 bB	32,7
Pastagem	0,35±0,14 aC	40,0	0,5±0,11bC	22,0

* As médias da taxa de infiltração final de cada linha seguida da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste Tukey a 5% de probabilidade. As médias de cada coluna seguida da mesma letra maiúsculas não diferem entre si de acordo com o Teste Tukey a 5% de probabilidade.

A velocidade da infiltração básica indicou valores maiores no período de inverno em todas as áreas. A floresta indicou maior variação entre os dois períodos, sendo que a VPI no inverno foi 48,7% superior ao verão, seguido pela pastagem que com 42,8% superior.

A distribuição da infiltração ao longo do tempo nos diferentes usos é apresentada na Figura 3, a qual mostra também a variação entre inverno e verão de cada tipo de uso do solo

Figura 3 - Distribuição da infiltração no verão e no inverno nos diferentes usos do solo.



A) Distribuição da infiltração na agricultura; B) distribuição da infiltração na área urbana; C) distribuição da infiltração na floresta; D) distribuição da infiltração na pastagem.

Na figura 3A, observa-se que a distribuição da infiltração na área de agricultura indicou maior variação nas primeiras mensurações. A taxa de infiltração na primeira leitura (5 min) no período de inverno foi de 8,4 mm, enquanto que no verão a infiltração para o mesmo período foi de 6,6 mm. A umidade do solo parece ter influenciado na infiltração inicial, pois a maior umidade superficial no inverno condiz com a menor taxa de infiltração nas primeiras leituras. Na área urbana (figura 3B) a infiltração apresentou variação nos primeiros 10 minutos (duas leituras), depois seguiu o mesmo padrão. Esta pequena variação na área urbana pode ser em decorrência de não haver alterações na superfície do solo ao longo do ano. Neste caso a umidade antecedente parece não ter sido fator determinante para a variação da infiltração nos primeiros minutos entre as duas campanhas.

A floresta indicou a maior taxa de infiltração total entre os demais tipos de usos, o que pode estar relacionada com a menor densidade do solo. Os primeiros 10 minutos indicaram a maior taxa de infiltração quando comparados com os demais usos. Neste caso, a variação da umidade antecedente parece não ter influenciado na taxa de infiltração nos primeiros minutos. Os valores reduziram em torno 70% na terceira leitura (15 min) do volume da primeira leitura. No restante do tempo, até os cinquenta minutos a infiltração foi diminuindo, porém, a partir dos cinquenta e cinco minutos ela aumentou no período de inverno, diferenciando-se dos demais usos.

O aumento na taxa de infiltração inicial (duas primeiras leituras) na floresta pode ser em decorrência da matéria orgânica que apresenta importante papel como um dos fatores determinantes da estabilização de agregados (SIX et al., 2000) e porosidade (SOUZA et al., 2004). Silva et al. (2007), vem corroborar com esta questão ao afirmarem que as características da vegetação influenciam a dinâmica da água, podendo reduzir a evaporação e aumentar a capacidade de infiltração.

Ressalta-se que o teor de matéria orgânica no solo torna-se um atributo importante na recuperação de solos degradados melhorando sua estrutura como um todo, incluindo atributos físicos como a densidade do solo, a resistência do solo à penetração de raízes, a estabilidade de agregados, porosidade e retenção de água, além dos atributos químicos e biológicos que irão favorecer o crescimento das plantas (RILEY et al., 2008; CAMPOS et al., 2011).

Destaca-se que apenas a área urbana indicou taxa de infiltração constante (repetição do mesmo volume de infiltração nas três últimas leituras) similar. Na agricultura, uma hora de mensuração não foi suficiente para observar a infiltração constante na campanha de inverno. Já no verão todas as áreas indicaram taxa de infiltração constante.

4 - Conclusões

A infiltração em ambos os períodos, demonstrou-se rápida no início decaindo ao longo do tempo (60 minutos) em todos os tipos de uso. Cada uso apresenta uma dinâmica de infiltração diferente apesar de todas fazerem parte de uma única unidade territorial e com geomorfologia semelhante, as respostas hídricas na Bacia do Arroio da Lagoa são diferentes, pois cada uso tem uma ocupação diferente assim como dinâmica distinta trazendo respostas variadas.

A área florestada por apresentar cobertura vegetal permanente e conseqüentemente mais matéria orgânica facilita a infiltração da água no solo, portanto as taxas são superiores a outros usos. Depois da floresta a área com cultivo apresenta as taxas mais elevadas, isso se deve ao fato da presença de vegetação e constante manejo do solo por ser uma área agricultável.

Na pastagem também há presença de vegetação e mesmo assim indicou as menores taxas de infiltração, o fator determinante na restrição da capacidade de infiltração é dado ao

constante pisoteio dos animais que acabam compactando as camadas superficiais do solo. Na área urbana a infiltração também é restrita, porém não mais que na pastagem. Por isso é comum no verão após uma chuva ter grande volume de escoamento superficial, conseqüentemente a fragilização do solo resultando na erosão.

5- Referências

4

ALVES, M.C.; CABEDA, M.S.V. **Infiltração de água em um Podzólico Vermelho-Escuro sob dois métodos de preparo, usando chuva simulada com duas intensidades.** R. Bras. Ci. Solo, 23:753-761, 1999.

ANTONELI, V.; THOMAZ E. L. **Infiltração de água no solo em período seco e úmido, mensurada em diferentes usos de terra na bacia do Arroio Boa Vista - Guamiranga-PR.** Revista Ambiência. UNICENTRO Guarapuava- PR. v. 5, 2009, p. 1-20.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E.L.; BEDNARZ, J.A. **Produção de sedimento em caminhos de animais em Sistema de Faxinal.** Revista Brasileira de Geomorfologia. v 13, n3. p.311-322. 2012

BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração de água no solo.** Editora UFV, Viçosa, 2006. 120p.

CARDUCCI, C. E.; OLIVEIRA, G. C.; SEVERIANO, E. C.; ZEVIANI, W. M. **Modelagem da curva de retenção de água de Latossolos utilizando a equação duplo van Genuchten.** Revista Brasileira de Ciencia do Solo, v. 35, n. 1, p. 77-86, 2011.

CHEN, C.; WAGENET, R.J. **Simulations of water and chemicals in macropore soil. Part 1. Representation of the equivalent macropore influence and its affect on soil water flow.** Journal Hydrology, v.13, p.105-126, 1992.

DEXTER, A. R. **Soil physical quality: part I, theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth.** Geoderma, v. 120, n. 3-4, p. 201-214, 2004.

FREITAS, A. R. de. **O uso e cobertura da terra do município de Foz do Jordão/pr.** Relatório apresentado ao Departamento de Geografia requerido pela disciplina de Estágio Supervisionado de Bacharelado em Geografia. Guarapuava: Universidade Estadual do Centro Oeste; Novembro 2005.

GONÇALVES, F.C.; MORAES, M.H. **Porosidade e infiltração de água no solo sob diferentes sistemas de manejo.** Irriga, v.17, p.337-345, 2012.

LANZANOVA, M. E.; ELTZ, F. L. F.; NICOLOSO, R. da S.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J.; ROCHA, M. R. da. **Atributos físicos de um argissolo em sistemas de culturas de longa duração sob semeadura direta.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34(4), p.1333-1342. 2010

MANCUSO, M. A.; FLORES, B. A.; ROSA, G. M. SCHROEDER, J. K.; PRETTO, P. R. P. **Características da taxa de infiltração e densidade do solo em distintos tipos de cobertura de solo em zona urbana.** Revista Monografias Ambientais, v. 14, n.1, Edição Especial p. 2890–2998, fev, 2014.

MOREIRA, W. H.; TORMENA, C. A.; KARLEN, C. A. PIRES da SILVA, A.; KELLER, T. BETIOLI JR., E. **Seasonal changes in soil physical properties under long-term no-tillage.** Soil and Tillage Research Volume 160, July 2016, Pages 53–6

NERGER, R.; BEYLICH, A.; FOHRER, N. **Long-term monitoring of soil quality changes in Northern Germany.** Geoderma. Regional Volume 7, Issue 2, June 2016, Pages 239–249.

PAIXÃO, F. J. R. da. **Estimativa da infiltração da água no solo através de modelos empíricos e funções não lineares.** Revista de Biologia e Ciências da Terra. Sergipe. V. 5, N. 1, 11 p. 2004.

PINHEIRO, A.; TEIXEIRA, L. P.; KAUFMANN, V. **Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola.** Ambi-Agua, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 188-199, 2009.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **solo planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações.** Barueri, SP. Manole, 2004. v.1. p. 478.

SANTOS, J. N.; PEREIRA, E. D. **Carta de susceptibilidade a infiltração da água no solo na sub-bacia do rio Maracanã-MA.** Cadernos de Pesquisa, São Luís, v. 20, n. especial, julho 2013.

SANTOS, M.A.N.; PANACHUKI, E.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUES, D.B.B. **Infiltração de água em na Ultisol após cultivo de feijoeiro.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.38, p.1612-1620, 2014

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, T. E. M. dos.; SOUZA, E. R. de.; MONTENEGRO, A. A. A. **Modeling of soil water infiltration with rainfall simulator in different agricultural systems.** Rev. bras. eng. agríc. ambient. v.20, nº.6. Campina Grande, p 513 – 518. 2016.

SANTOS, M. A. dos. **A Influência do uso e ocupação da terra na variabilidade sazonal da taxa de infiltração na bacia hidrográfica Rio Bonito em Irati-Pr.** Dissertação. PPGG-UEPG-PR. Ponta Grossa. 2016, 97p.

SILVA, M. A. S. da; Griebeler, N. P.; Lino C. B. **Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.1, p.108–114, 2007.

SIX J, PAUSTRIAN K.; ELLIOTT E. T.; COMBRINK, C. **Soil Structure and organic matter: distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon.** Soil Science Society American Journal, v. 64, p. 681-689. 2000.

SOUZA, J. A.; LEITE, A. N. BEUTLER, Z. M. **Comportamento de atributos físicos de um Latossolo Amarelo sob Agroecossistemas do Amazonas.** Eng. Agríc., v.24, n.3, p.654-662, 2004.

THOMAZ, E. L.; VESTENA, L. R. Aspectos Climáticos de Guarapuava - PR. Guarapuava, Editora UNICENTRO, 2003, 106p.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P.; STRECK E. V. **Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 28, p. 763-774, 2004.

WANG, C.; MAO, X; HATANO, R. **Modelagem da infiltração de poços em solos de textura fina com intercalação grosseira.** Soil Science Society of America Journal, v.78, p.745-753, 2014.

WANG, G.; FANG, Q.;WU, B.;YANG, H.; XU, Z. **Relationship between soil erodibility and modeled infiltration rate in different soils.** Journal of Hydrology 528 p.408–418. 2015.

ZALUSKI, P. ANTONELI, V. Variabilidade na Infiltração da Água no Solo em área de Cultivo de Tabaco na Região Centro-Sul do Paraná. **Caderno de Geografia PUC Minas**, v.24, n.41, 2014.