

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

HOBWAN FUZER

**ESTUDO DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO BÁSICA (VIB) NO
SOLO DA BACIA DO RIO MOURÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2013

HOBWAN FUZER

**ESTUDO DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO BÁSICA (VIB) NO
SOLO DA BACIA DO RIO MOURÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação,
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Civil pela Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Campus Campo Mourão.

ORIENTADOR: **Prof. Dr. Helton Rogério
Mazzer**

CAMPO MOURÃO
2013



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso Nº 24

ESTUDO DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO BÁSICA (VIB) NO SOLO DA BACIA DO RIO MOURÃO

por

Hobwan Fuzer

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 14:00 horas do dia 05 de Setembro de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Ma. Paula Cristina de Souza
(UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Maria Cristina R. Halmeman
(UTFPR)

Prof. Dr. Helton Rogério Mazzer
(UTFPR)
Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Msc. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof^a Dr. Marcelo Guelbert

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a meus pais, Edir Braz Fuzer e Rosangela Aparecida Bertha Fuzer por tudo aquilo que me ensinaram e pelos muitos momentos de dificuldades que enfrentamos, mas que não impediram que me dessem sempre todo o apoio necessário.

Aos amigos pelo incentivo, apoio e carinho que me foram concedidos em todos os momentos e em especial nos mais difíceis.

Ao meu orientador Professor Dr. Helton Rogério Mazzer por todas as oportunidades de aprendizado durante a graduação e principalmente por seu apoio, ensinamentos, paciência e inteligência na orientação desse trabalho.

A todos os professores da Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Câmpus Campo Mourão, pelo apoio.

Ao Técnico de laboratório Maiko Cristian Sedoski pelo auxílio nas metodologias e práticas realizadas no laboratório.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram ou torceram pela concretização desta graduação.

Muito Grato a todos!

RESUMO

FUZER, H. **ESTUDO DA VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO BÁSICA (VIB) NO SOLO DA BACIA DO RIO MOURÃO**. 2013. 33f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2013.

Este estudo teve como objetivo a investigação da velocidade de infiltração básica (VIB) na bacia do Rio Mourão. A VIB foi determinada a partir de três repetições realizadas em três pontos nas quatro regiões pré-estabelecidas pelo plano de trabalho contemplado pelo projeto de CT Hidro da UTFPR. Os ensaios foram realizados segundo a metodologia do infiltrômetro de anéis concêntricos, utilizando-se ainda reservatórios adaptados. Das quatro regiões ensaiadas apenas uma apresentou uniformidade nos resultados dos três ensaios, sendo esta a região B (Barreiro das Frutas) que atingiu o valor de 5,10 mm/h nos três pontos de ensaio. Com os resultados não uniformes em três regiões chegou à conclusão que os tipos de solo não tem relação direta com as velocidades de infiltração destes, sendo necessário um número maior de análises e locais para avaliação da bacia.

Palavras-chave: Infiltração de água no solo, Infiltrômetro de anéis, Curva de infiltração.

ABSTRACT

FUZER, H. **STUDY OF THE BASIC INFILTRATION RATE (BIR) IN THE SOIL OF THE MOURÃO RIVER BASIN.** 2013. 33f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2013.

This study aimed to investigate the basic infiltration rate (BIR) in the Mourão River. The BIR was determined from three replicates performed on three sites in four regions envisaged in the work plan by the project CT Hidro UTFPR. The tests were performed according to the method of the double ring infiltrometer, by using even tanks fitted. On the four regions tested only one showed uniformity in the results of the three tests, as the region B (Barreiro das Frutas) which amounted to 5.10 mm / h in the three test points. With no uniform results in three regions came to the conclusion that the soil types have no direct relationship with the infiltration rate, requiring a larger number of sites for analysis and evaluation of the basin.

Keywords: Water infiltration into the soil, Double rings infiltrometer, Infiltration curve.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Linha de capacidade de infiltração com barras de precipitação.....	13
Figura 2 - Curva de velocidade de infiltração e infiltração acumulada por tempo, com o solo inicialmente úmido e seco.....	14
Figura 3 - Exemplo de kit infiltrômetro de anéis concentricos.	18
Figura 4 - Esquema de boias e reservatórios para os anéis.	19
Figura 5 - Localização da bacia do rio Mourão.....	20
Figura 6 - Localização das regiões de ensaio. Onde: A – Campo Mourão; B – Barreiro das Frutas; C – Piquirivaí; D – Ponte do Rio da Varzea.	22
Figura 7 - Conjunto de infiltrômetro com reservatórios adaptados.	25
Figura 8 - Detalhe das boias para manutenção do nível d'água nos anéis.	26
Figura 9 - Gráfico de dados da região A.	28
Figura 10 - Gráfico de dados da Região B.	29
Figura 11 - Gráfico de dados da Região C.	30
Figura 12 - Gráfico de dados da Região D.	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de velocidade de infiltração.....	14
Tabela 2 - Coordenadas e elevação dos pontos ensaiados.....	23
Tabela 3 - Exemplo de planilha para anotações dos dados dos ensaios.....	27
Tabela 4 - Resumo dos ensaios e classificação da VIB e da textura do solo.....	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL	10
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	10
3 JUSTIFICATIVA	11
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
4.1 INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO	12
4.2 INFILTRÔMETRO DE ANÉIS CONCÊNTRICOS	17
4.3 CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO RIO MOURÃO	20
5 METODOLOGIA	22
6 RESULTADOS E DISCUÇÕES	28
7 CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

A sociedade atual se preocupa com a preservação e recuperação dos recursos hídricos devido à conscientização da limitação e da provável escassez, tornando urgente o gerenciamento integrado destes (NAIME, 2001). Com isso, procura-se estudar as características de uma bacia, disponibilizando dados para possibilitar a implantação de projetos de manejo ou mesmo de novas estruturas nesta região.

A caracterização de uma bacia só é completa na medida em que se pode caracterizar e evidenciar os aspectos físicos, químicos e biológicos que a cercam. Desta maneira, os dados retirados de experimentos no local de estudo são a fonte mais fiel para servir de apoio na tomada de decisões, para gerenciamento e manejo da bacia, encontrando soluções e propondo melhorias para correções de problemas. A capacidade de infiltração de água no solo e sua consequência no aumento do escoamento superficial estão intimamente ligadas, este é fator essencial para determinação do volume de abastecimento de corpos fluviais.

O conhecimento da velocidade de infiltração da água no solo, segundo Souza e Alves (2003), é fundamental para a solução de problemas relativos às áreas de irrigação, drenagem, conservação da água e do solo e controle do deflúvio superficial, sendo de grande importância para o manejo do solo e da água. Desta forma este conhecimento pode ser usado em obras de engenharia como hidroelétricas, rodovias, reservatórios, lagos ornamentais, prevenção de enchentes, recuperação de áreas, descarte de efluentes fluviais urbanos e mapeamento de áreas de risco de alagamento.

Com a necessidade de levantamento das diversas propriedades do solo de uma bacia para uso em diferentes projetos, este trabalho será executado com o intuito de determinar a velocidade de infiltração básica (VIB) de água na bacia do rio Mourão, com a obtenção de dados, com auxílio de um infiltrômetro de anéis concêntricos, de forma amostral.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar a velocidade de infiltração básica (VIB) na bacia do rio Mourão com auxílio de infiltrômetro de anéis concêntricos.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Definir os pontos para ensaio dentro das regiões predeterminadas pelo plano de trabalho da CT Hidro da UTFPR, e realizar os ensaios nestes;
- Classificar e relacionar a VIB com a textura do solo em cada ponto;
- Determinar a VIB para os solos da bacia do rio Mourão.

3 JUSTIFICATIVA

O estudo das características físicas do solo de uma bacia é de suma importância para a implantação e manutenção de obras de engenharia como usinas hidroelétricas, lagos, estradas, entre outras. Ou seja, a avaliação do escoamento superficial é importante em problemas de drenagem superficial, onde existe a preocupação de proteger uma área contra possíveis afluxos (CRUCIANI, 1989). Na bacia do rio Mourão encontram-se essas obras de engenharia, as quais necessitam de minimizar problemas como o assoreamento dos lagos e leito dos rios e controlar o nível dos reservatórios das hidroelétricas.

Righetto (1998) ressalta que os estudos hídricos em escala de bacia, consideram primordialmente a infiltração de água no solo, a percolação e a distribuição da umidade neste. Portanto, considerando que o rio Mourão desemboca no rio Ivaí, o qual desemboca no reservatório da Usina Hidroelétrica Itaipu Binacional, os estudos realizados ao desenvolver este trabalho poderão ser usados para o manejo da usina.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

Segundo Peixoto (2011), na ocorrência de uma precipitação toda água que chega ao solo é infiltrada até que a superfície deste fique saturada, a partir desse instante inicia-se o processo de escoamento superficial, sendo esse, de modo simplificado, o deflúvio excedente do processo de infiltração, que continua, porém a velocidade de infiltração torna-se constante no desenvolver deste processo.

Conforme Fiorin (2008), a infiltração é o termo utilizado para denominar o processo de entrada de água no solo, geralmente por fluxo vertical descendente, por toda ou parte da superfície do solo. Para Lima (2009), a velocidade de infiltração é a velocidade média com que a água é escoada pelo solo saturado, ou seja, a quantidade de água que atravessa a área do solo num tempo e pode ser expressa em metros por segundo, metros por dia ou metros cúbicos por metro quadrado e por dia.

Na figura 1 verifica-se o “desenvolvimento típico das curvas representativas da evolução temporal da infiltração real e da capacidade de infiltração com a ocorrência de uma precipitação” (CARVALHO; SILVA, 2006, p. 66).

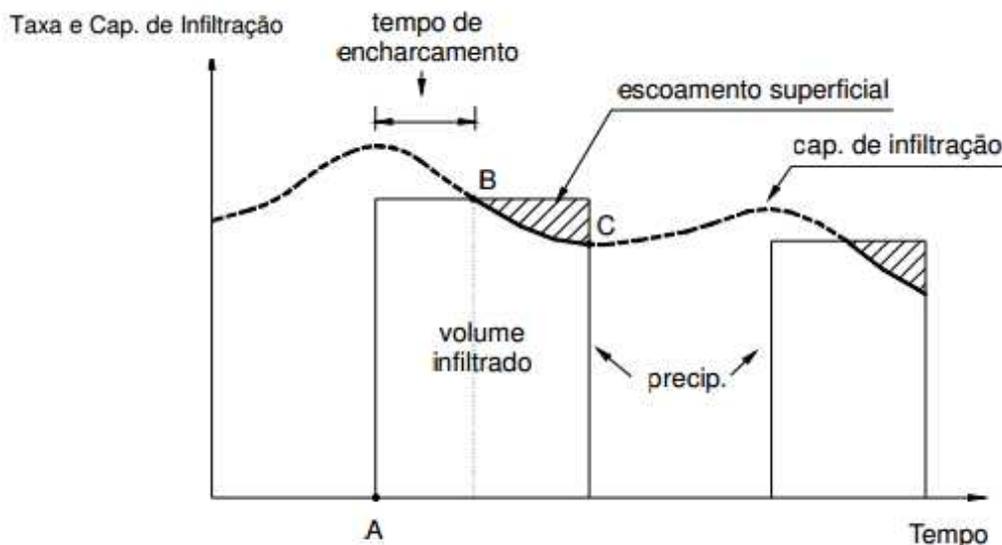


Figura 1 - Linha de capacidade de infiltração com barras de precipitação.
Fonte: Carvalho e Silva (2006)

O movimento inicial da água na camada superficial do solo dá-se facilmente, sob a ação da gravidade, pelas fendas largas e outros espaços intersticiais grandes, correspondente à porosidade não capilar (COSTA, 2004). Portanto, segundo Bernardo (1995) e Barreto et al. (2004), a velocidade de infiltração é relativamente alta no início, e vai diminuindo gradativamente até um valor quase constante. Nesse ponto que a velocidade pouco varia, verifica-se a VIB. Esta, segundo Costa (2004), é determinada pelo horizonte do qual a passagem de água é mais lenta, e ao atingir um valor estável considera-se uma medida de drenagem interna do solo. Sendo esta relacionada com as taxas reais de infiltração e com o escoamento superficial. Logo com este escoamento diretamente ligado ao processo de infiltração pode-se estimar o escoamento superficial e a quantidade de água retida no solo (PORTELA et al., 2011), auxiliando prever a ocorrência de enxurrada e conseqüentemente de erosão.

O solo pode ser classificado de acordo com a velocidade de infiltração básica conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Classificação de velocidade de infiltração.

Classificação de velocidades	Parâmetros
Solo de VIB baixa	$VIB < 5 \text{ mm.h}^{-1}$
Solo de VIB média	$5 < VIB < 15 \text{ mm.h}^{-1}$
Solo de VIB alta	$15 < VIB < 30 \text{ mm.h}^{-1}$
Solo de VIB muito alta	$VIB > 30 \text{ mm.h}^{-1}$

Fonte: Carvalho e Silva (2006)

Segundo Brito (2006), a velocidade de infiltração da água é específica para cada solo e quando esta é menor que a intensidade de uma chuva, ocasiona escoamento superficial (CARVALHO, 2009), e início de um processo erosivo do solo, salientado quando há declividade acentuada e encontra-se sem cobertura vegetal.

A erosão causada pelo escoamento superficial pode acarretar no assoreamento e poluição dos rios, sendo que, segundo Portela et al. (2011, p. 227), “além da remoção física do solo do seu local original, ocorre escoamento superficial ou enxurrada, a qual pode transportar substâncias químicas e orgânicas nela dissolvidas e, ou, adsorvidas às partículas sólidas que se encontram em suspensão”.

A figura 2 demonstra a curva de velocidade de infiltração e infiltração acumulada por tempo, com o solo inicialmente úmido e seco.

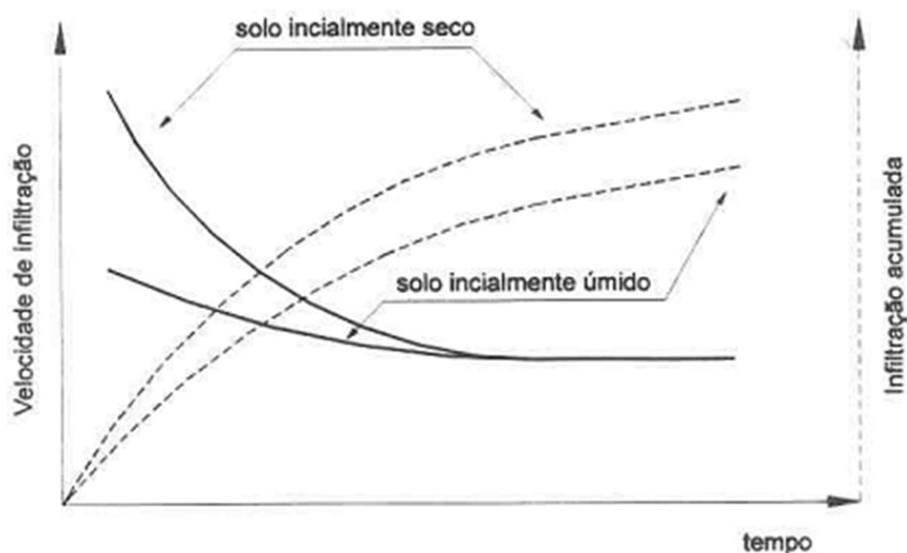


Figura 2 - Curva de velocidade de infiltração e infiltração acumulada por tempo, com o solo inicialmente úmido e seco.

Fonte: Carvalho e Silva (2006)

Na figura 2 há quatro curvas, duas com concavidades para cima, as quais relacionam velocidade de infiltração com tempo, e as outras duas, com concavidade voltada para baixo, que relacionam a infiltração acumulada com o tempo, sendo que em cada dupla de curvas uma trata-se de solo inicialmente seco e outra molhado. Logo, Costa (2004) e Daker (1984) descrevem que em solo relativamente seco a taxa de infiltração inicial é mais elevada do que em solo mais húmido, devido a elevado gradiente de tensão, que não a maior permeabilidade.

Daker (1984) destaca que o choque dos pingos da chuva e o deslocamento de partículas finas em terrenos desnudos podem formar uma camada superficial compacta, reduzindo assim a infiltração na superfície do solo. Deve se considerar ainda que “tanto o impacto das gotas de chuva quanto à ação cisalhante da enxurrada modificam as condições físicas da superfície do solo, como a rugosidade e a porosidade, e, conseqüentemente, a taxa de infiltração de água” (PANACHUKI et al., 2011, p. 1778).

Segundo Silveira (2010), os principais fatores que interferem na infiltração de água no solo são: o tipo de solo, declividade do terreno, altura de retenção superficial e espessura da camada saturada, grau de umidade do solo, ação da precipitação sobre o solo, compactação devido a homens e animais, macroestrutura do terreno, cobertura vegetal, temperatura, presença do ar e variação da capacidade de infiltração.

Para melhor entender-se a movimentação da água deve-se, conforme Cunha, Nobrega e Castro (2008), levar em conta as forças geradas pela gravidade, capilaridade e pelos fenômenos de interfaces, que se manifestam, muito ou pouco, em função das variações físicas do meio, o que torna as relações água/solo essencialmente dinâmicas.

De acordo com Portela et al. (2011), a infiltração de água no solo está ligada as condições físicas externas e internas deste. Segundo Brito (2006), os atributos físicos do solo possuem relação importante na retenção e redistribuição da água no solo. A textura e compactação são características de forte influência no movimento da água, já que estão ligados à distribuição geométrica dos poros e à estrutura. Para Bernardo (1995), a velocidade de infiltração em um mesmo tipo de solo varia com a umidade inicial do solo, a porosidade e a existência de camadas menos permeável ao longo do perfil. E em relação a condições externas: radiação solar, temperatura

do ar e velocidade do vento exercem influência na capacidade de infiltração do solo em períodos longos de estiagem (RIGHETTO, 1998).

A variação da velocidade de infiltração ocorre devido a condutividade hidráulica da camada superficial do solo, o conteúdo inicial de água no solo e com a presença ou não de camadas de impedimento no perfil do solo (BARRETO et al, 2004). É importante ressaltar que a infiltração é dependente da pressão hidrostática, ou seja, da coluna d'água mantida no solo durante o período observado (DAKER, 1984).

Fiorin (2008) define a presença dos poros no solo como sendo o espaço entre as partículas do solo ou mesmo entre agregados, oriundos do arranjo, distribuição e orientação das partículas do solo, que podem armazenar água e ar.

A permeabilidade do solo depende, dentre outros fatores, da quantidade, da continuidade e do tamanho de poros, sendo a compactação e a descontinuidade dos poros responsáveis pela redução significativa da permeabilidade do solo à água (SOUZA; ALVES, 2003). Os solos cujas estruturas são alteradas continuamente tendem a ter seus agregados fracionados reduzindo a ocorrência de macroporos e aumentando o volume de microporos e sua densidade. Assim há a diminuição na taxa de infiltração e conseqüentemente aumento das taxas de escoamento superficial (PANACHUKI et al., 2011). Os microporos desenvolvem tensões que resultam em movimento capilar (DAKER, 1984). Segundo Barreto et al (2004), a infiltração torna-se maior com a presença de solos arenosos ou de argilosos com partículas bem agregadas em razão da maior porcentagem de macroporos. Peixoto (2011) descreve que ensaios controlados em vários tipos de solo mostram que em argilas o declínio da curva da capacidade de infiltração por tempo é mais rápido, e no seu trecho constante apresenta menor taxa de infiltração do que para solos arenosos.

Para Daker (1984), em terrenos planos pode-se associar um valor médio da VIB com a textura do solo, sendo:

- Solos de textura pesada – 5 a 12 mm/hora
- Solos de textura média – 12 a 20 mm/hora
- Solos arenosos leves – 20 a 40 mm/hora

Este autor recomenda que esses valores podem ser aumentados com adequada cobertura vegetal e diminuem com a declividade do terreno.

Em geral despreza-se a resistência do ar no movimento da água no solo, porém existe a possibilidade de o ar aprisionado, com pressão maior que a atmosférica, causar pistonamento sobre a frente de umidade e assim causar alterações no movimento da água (RIGHETO, 1998).

4.2 INFILTRÔMETRO DE ANÉIS CONCÊNTRICOS

Os infiltrômetros são aparelhos usados para medir a infiltração de água no solo. Conforme Barbosa (2013), de forma geral, os tipos de infiltrômetros são os infiltrômetros de anéis, com aplicação de água por inundação, e os simuladores de chuva em que a água é aplicada por aspersão.

Como observado por Andrade et al. (2010) não existe uma padronização metodológica de medição da infiltração de água no solo, sendo o infiltrômetro de anéis utilizado comumente para essa medição. Os ensaios de infiltração com esta aparelhagem são realizados muitas vezes com anéis confeccionados por conta dos interessados como feito por Sato et al. (2012) e por Andrade et al. (2010), sendo estes com dimensões diferentes um do outro. Porém existe a comercialização de kits de infiltrômetros de anéis concêntricos, conforme o exemplo da figura 3, fornecidos por empresas como Soil Moisture e Solotest.



Figura 3 - Exemplo de kit infiltrômetro de anéis concêntricos.
Fonte: Soil Moisture (2009)

O kit infiltrômetro comercializado, ilustrado na figura 3, é composto por três pares de anéis, placa guia para instalação dos anéis, três pontes de referência para medição, três boias com haste graduada, dois ganchos para retirada dos anéis do solo, cronômetro e marreta com sistema anti-repique, havendo também uma versão para campo onde se comercializa apenas os anéis.

O ensaio trata-se de dois anéis que são cravados, concêntricos, no solo, então se adiciona, em ambos, uma lamina d'água que deve ser mantida até o fim do ensaio, faz-se a leitura da variação da lamina do cilindro interno (BERNARDO, 1995). Com os dados colhidos plota-se um gráfico da velocidade de infiltração em mm/hora ou cm/hora e, quando este tender para a horizontalidade, identifica-se a VIB (DAKER, 1984).

As vantagens do ensaio com anéis concêntricos, segundo Zuquette et al. (2006), deve-se a melhor representatividade da geometria porosa do solo e a facilidade de execução. Paixão (2004) ressalva a vantagem da minimização das infiltrações laterais do anel interno tendendo à direção vertical do fluxo da água. Como desvantagem o autor descreve o elevado volume de água usado no decorrer

do ensaio. E ainda, Andrade et al. (2010), cita como fontes de erros na condução do ensaio a falta de sincronia da anotação da lâmina infiltrada com o respectivo tempo decorrido e o correto reabastecimento de água nos cilindros. Os autores recomendam usar um conjunto de reservatórios com boias para minimizar tais erros, conforme o esquema da figura 4.

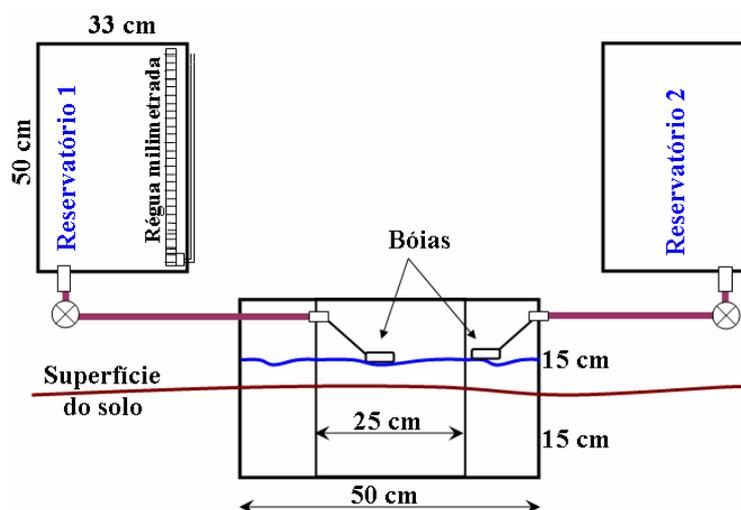


Figura 4 - Esquema de boias e reservatórios para os anéis.
Fonte: Andrade et al. (2010)

Na figura 4 está esquematizado o uso de boias com reservatórios para a manutenção do nível de água nos anéis, de forma que não ocorra variação na lamina d'água sobre o solo e fazendo com que a reposição de água nos anéis seja constante e não modifique a superfície do solo ensaiada.

Sato et al. (2012) usaram cilindros com dimensões de 40cm e 15cm para realizar os ensaios, que findavam ao se obter três medidas iguais, e notaram que o tempo gasto para isso foi entre 70 e 110 minutos. Já Andrade et al. (2010) usaram anéis de 50cm e 25cm e o tempo gasto para o ensaio foi de 150 minutos.

Já Coelho, Miranda e Duarte (2000) realizaram 36 ensaios em área experimental do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP com dimensões 12 x 12 m, com esses ensaios, com duração de 240 minutos, os autores construíram um mapa da área com curvas de isovelocidade de infiltração.

4.3 CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO RIO MOURÃO

Segundo Leli, Stevaux e Nóbrega (2010), a bacia do rio Mourão, situado à margem esquerda do rio Ivaí, destacado em vermelho na figura 5, é um dos principais tributários deste rio contribuindo com a vazão de 32,6 m³/s.

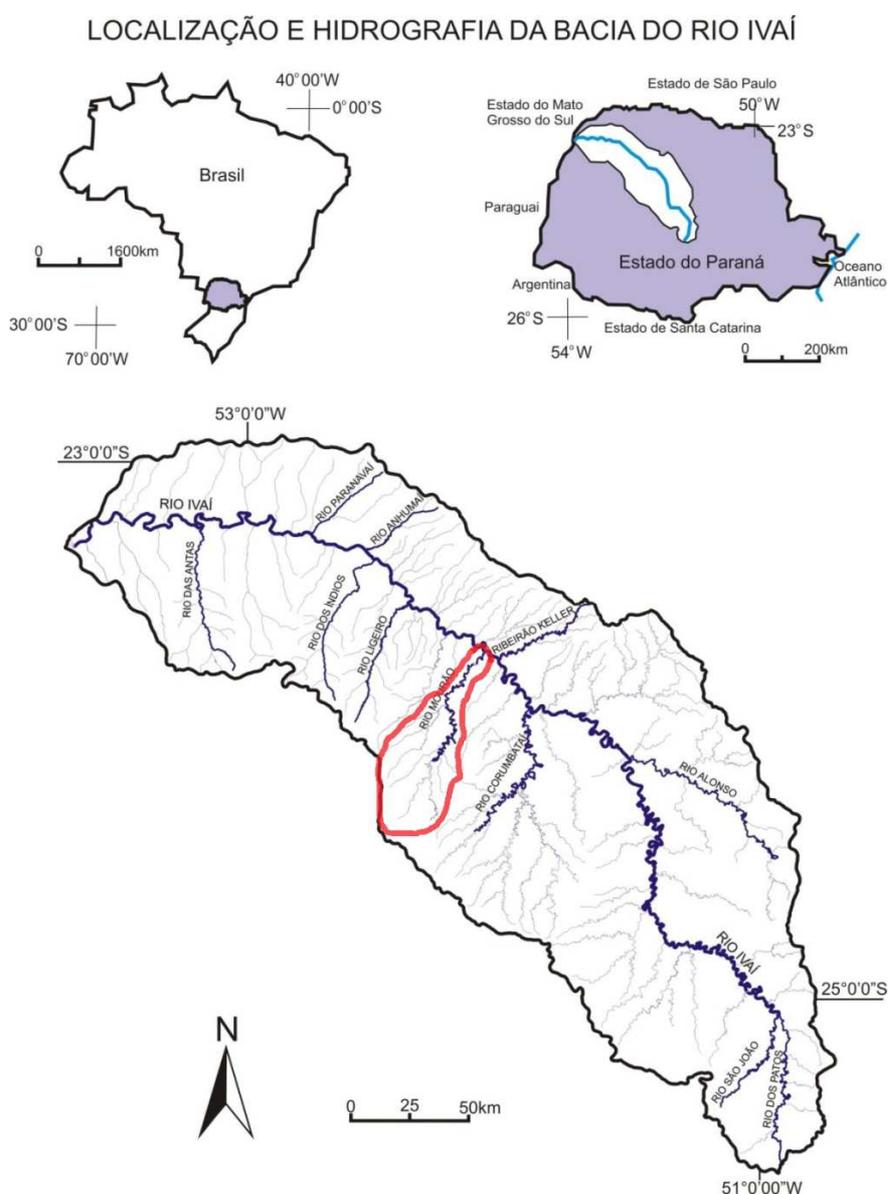


Figura 5 - Localização da bacia do rio Mourão.
Fonte: Adaptado de Leli, Stevaux e Nóbrega (2010)

Observa-se na figura 5 a localização da bacia no estado do Paraná que se insere no território brasileiro. Nesta pode-se notar que a bacia encontra-se na região sul do Brasil e que o Rio Mourão desboca no Rio Ivaí, que segundo Santos, Fortes e Manieri (2011), corresponde a segunda maior bacia hidrográfica localizada toda no Paraná, e desemboca na bacia do Rio Paraná.

Os solos que predominam na bacia do rio Mourão, conforme EMBRAPA (2012) são latossolo e nitossolo, que correspondem com facilidade à infiltração da água. No relevo da região, verificam-se terrenos com uma variação de 6 a 30% na declividade (OKA-FIORI, 2006). Mota (2010) ressalta que o escoamento superficial assume relevância em solos declivosos, pois a água escoar com maior facilidade.

Não foi encontrado publicações com referências de infiltração de água solo na bacia do Rio Mourão.

5 METODOLOGIA

Para a execução deste trabalho foram realizados ensaios de infiltração de água no solo utilizando-se do conjunto de anéis concêntricos com reservatórios adaptados. Para isso determinou-se, na bacia do rio Mourão, os pontos para coleta dos dados de acordo com cada região pré-estabelecidas no plano de trabalho contemplado pelo projeto de CT Hidro da UTFPR, conforme a figura 6 e considerando a logística para o acesso aos locais.

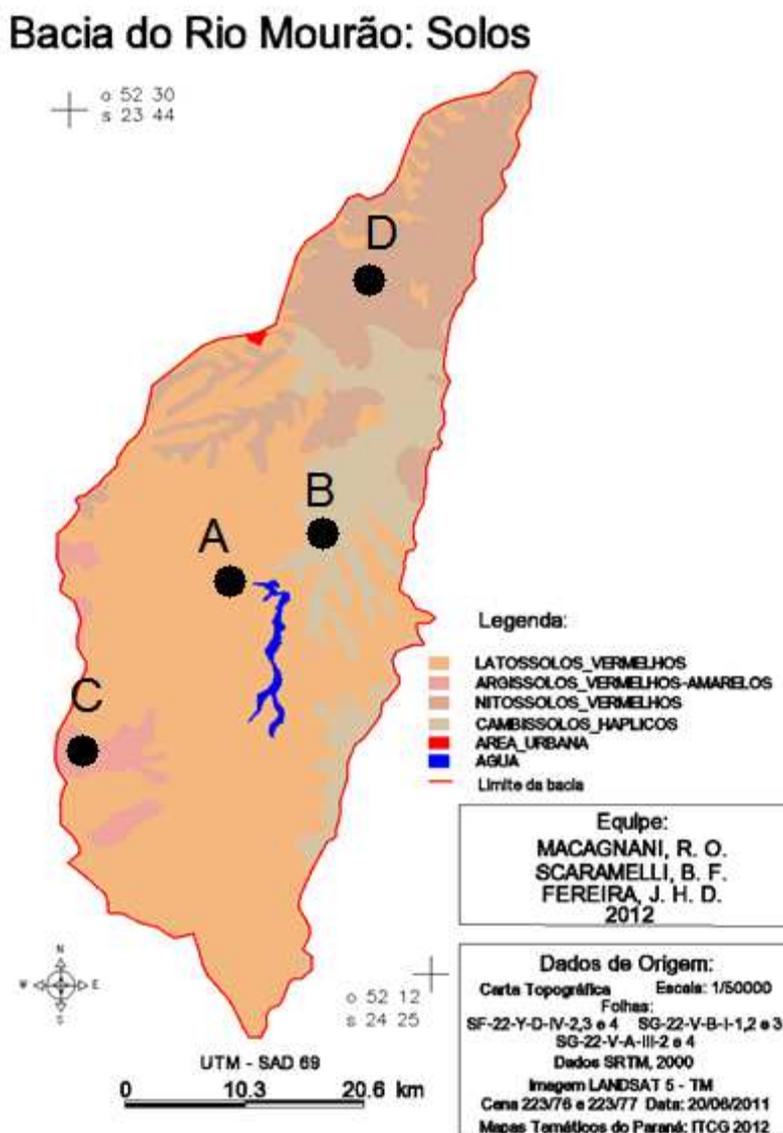


Figura 6 - Localização das regiões de ensaio. Onde: A – Campo Mourão; B – Barreiro das Frutas; C – Piquirivaí; D – Ponte do Rio da Varzea.
Fonte: Adaptado de Macagani, Scaramelli e Ferreira (2012)

Em cada região locou-se três pontos através de visita de acordo com a logística para o acesso, buscando por solos pouco modificados pela ação do homem, num raio de 2000 m. Em cada ponto foi realizado três ensaios próximos um do outro cerca do 5,00 m.

Na tabela 2 estão as coordenadas dos pontos estabelecidos em cada região e suas respectivas elevações. Não se determinou as distâncias exatas dos ensaios com o leito do rio, porém foi observada a proximidade de forma que os ensaios realizados à cerca de cinquenta metros ou menos do leito do rio foram considerados próximos do leito e aqueles locados com distância maior que a referida foram tratados como distantes do leito.

Tabela 2 - Coordenadas e elevação dos pontos ensaiados.

LOCALIZAÇÃO E ALTITUDE DOS PONTOS ENSAIADOS				
Região	Ponto	Coordenadas Geográficas		Elevação (m)
		Latitude	Longitude	
A	1	24° 3'42.78"S	52°23'8.96"O	586
	2	24° 4'17.90"S	52°24'13.79"O	610
	3	24° 3'18.53"S	52°22'8.10"O	551
B	4	24° 2'18.79"S	52°16'7.85"O	468
	5	24° 2'1.98"S	52°15'42.26"O	414
	6	24° 2'15.62"S	52°16'4.95"O	457
C	7	24°11'20.65"S	52°29'15.11"O	643
	8	24°11'5.92"S	52°28'41.94"O	625
	9	24°11'6.59"S	52°28'41.63"O	625
D	10	23°49'37.84"S	52°11'31.78"O	339
	11	23°49'55.65"S	52°13'25.08"O	315
	12	23°49'56.20"S	52°13'25.86"O	315

Os pontos 1, 2 e 3 foram realizados na região A, o número 1 realizou-se no dia 22 de março de 2013, entre o laboratório de estruturas e o restaurante universitário do campus da UTFPR-CM. O ponto 2 que foi feito em 25 de março de 2013, próximo do trevo de acesso ao município de Ubitatã-PR, em torno de um empreendimento pecuário. O número 3 ocorreu no dia 26 de março de 2013, no Jardim Botânico I, no município de Campo Mourão – PR, em solo nu e úmido. Os

três ensaios locaram-se distantes do leito do rio em solo com ausência de vegetação.

Na região B realizaram-se os ensaios dos pontos 4, 5 e 6. O ponto número 4 efetuou-se em 06 de julho de 2013 entre uma plantação de trigo e outra de eucalipto. Fez-se distante das arvores notando o afloramento de rochas e distante do leito do rio. O ponto 5, que foi feito no dia seguinte, próximo do leito do rio, neste local havia mata ao redor e algumas plantas rasteiras que foram removidas para realização do ensaio. E o número 6 realizou-se no dia 08 de julho próximo do local de realização do anterior, e com solo de características similares a este.

Na região C procedeu-se os ensaios dos pontos 7, 8 e 9. O primeiro destes foi realizado no dia 02 de agosto de 2013 na margem de uma mata nas proximidades de um pasto, distante do leito do rio. O segundo, realizado no dia seguinte (03/08), foi feito próximo da margem do rio, em uma área recém-desmatada para reconstrução de uma pequena ponte, com presença de uma argila escura e úmida. No dia 4 de agosto foi realizado os ensaios do ponto 9, que desenvolveu-se com distância em torno de 20 metros do anterior afastando-se do rio e da argila escura presente na margem.

Na sequência realizaram-se os ensaios na região D, onde foram ensaiados os pontos 10, 11 e 12. O ponto 10 foi executado no dia 05 de agosto de 2013, em uma área aberta com mata nas cotas superiores e vegetação rasteira nas inferiores, sendo o terreno acidentado com afloramento de rochas, distante do leito do rio. Nos dias posteriores, 06 e 07 de agosto, foram coletados os dados dos pontos 11 e 12 em uma área aberta para lazer próximo do leito do rio. Neste local, rodeado por mata, realizaram-se os ensaios com distância entre eles em torno de 20 metros, paralela ao leito do rio.

Para o desenvolvimento dos ensaios foi elaborada uma metodologia baseada no manual do infiltrômetro (SOIL MOISTURE, 2009), e na bibliografia consultada, utilizando os aparelhos ilustrados na figura 7.



Figura 7 - Conjunto de infiltrômetro com reservatórios adaptados.

O conjunto utilizado para os ensaios (Figura 7) é composto de um par de anéis de 250 mm e 500 mm, placa guia (cruz) para instalação dos anéis, dois ganchos para retirada dos anéis do solo, cronômetro, marreta, dois reservatórios com torneiras boias, tambor de 200 litros para reserva de água e planilhas para anotar os dados.

No local do ensaio limpou-se a superfície, então foram cravados os anéis, cerca de 10 centímetros de forma que não houvesse interferência por vasos comunicantes entre as laminas d'água dos anéis. Para cravar estes usou-se uma cruz de aço e marreta, golpeando a cruz que transmite a força para quatro pontos de cada anel conduzindo uma penetração uniforme destes. Os reservatórios foram dispostos próximos dos cilindros e conectados a eles por mangueiras com torneiras boia presas por suportes nas laterais dos cilindros (Figura 8). Para encher os reservatórios com água usou-se regadores. A água foi retirada do tambor de 200 L usado como reserva devido à dificuldade do acesso a ela nos locais de ensaio.



Figura 8 - Detalhe das boias para manutenção do nível d'água nos anéis.

Depois de abastecer os reservatórios encheram-se os cilindros cravados ao chão até o nível em que as boias ficassem próximas da posição de fechadas (Figura 8), neste momento iniciou-se a contagem do tempo. Porém o nível d'água instabilizou-se no decorrer das primeiras leituras, por conta da dificuldade de estabelecer a lâmina d'água exata com os regadores. Este fato não prejudicou os resultados, pois os dados de importância para o trabalho são coletados no final do ensaio, ao verificar três medidas que resultam em velocidades iguais.

As leituras foram feitas através da mangueira transparente presa a lateral do reservatório que abastece o cilindro interno em intervalos de 5 minutos no início e aumentando o intervalo entre leituras no decorrer do ensaio. O critério para aumento do intervalo foi a verificação da tendência da velocidade tornar-se constante, tendo como limite mínimo de tempo total de ensaio de 70 minutos e encerrando o ensaio verificando velocidade de infiltração constante.

Os dados foram anotados em planilhas, conforme tabela 3. Devido à diferença dos diâmetros do reservatório e do cilindro interno fez-se uma adequação das leituras para dados reais, relacionando os volumes do anel interno com o respectivo reservatório, com isso desenvolveu-se a seguinte relação:

$$I = \frac{A_R}{A_C} \times L$$

Onde:

- I – Infiltração real;
- A_R – Área do reservatório;
- A_C – Área do cilindro interno;
- L – Leitura no reservatório.

Tabela 3 - Exemplo de planilha para anotações dos dados dos ensaios.

REGIÃO:		XXXXXXXXXX			
			Data:	XX/XX/XXXX	
Tempo min	Leitura mm	Variação mm	Velocidade mm.min ⁻¹	Variação real mm	Velocidade real mm.min ⁻¹
0					
5					
...

Na planilha foi adequada a velocidade com a infiltração real, resultando na velocidade real que readequada às unidades da bibliografia possibilitou classificar a VIB de cada ponto, para isso fez-se uma curva média com os dados dos três ensaios, e comparando a VIB média de cada ponto com a tabela 1 pode-se classificar a VIB em baixa, média ou alta, desta forma classificou-se também a textura do solo, comparando com os parâmetros estabelecidos por Daker (1984) citados na revisão bibliográfica deste trabalho. Buscou-se ainda discorrer uma breve análise comparando as curvas resultantes com a figura 2, relacionando a VIB com a elevação de terreno e com a proximidade de cada ponto em relação ao leito do rio.

6 RESULTADOS E DISCUÇÕES

Com a realização dos ensaios pode-se verificar as variações das VIB's nas quatro regiões estudadas, sendo algumas com velocidades uniformes e outras com considerável variabilidade, sendo esses dados expostos e discutidos a seguir.

Na figura 9 estão verifica-se as curvas médias dos três pontos da região de A.

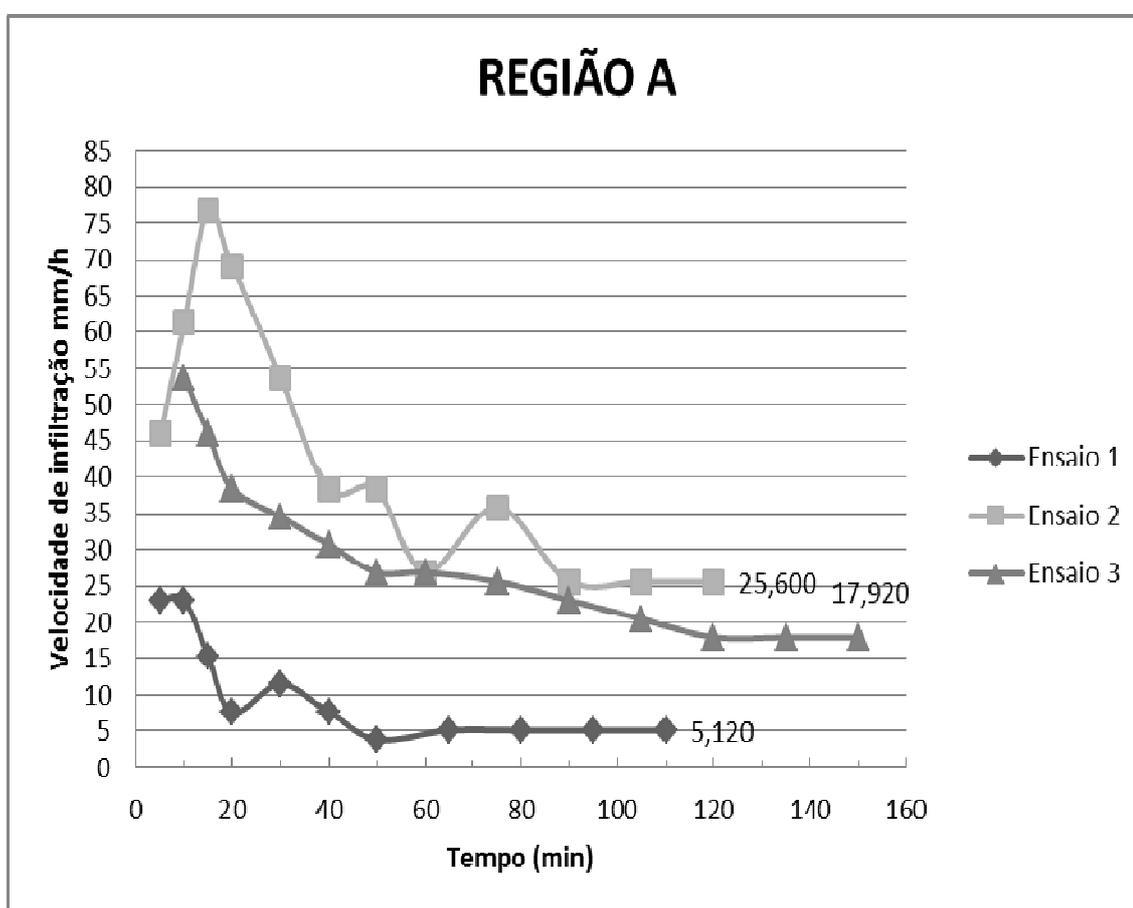


Figura 9 - Gráfico de dados da região A.

Nota-se, na figura 9, que os dois primeiros tiveram menor duração de tempo devido ao solo úmido, sendo que o ensaio 3 foi realizado com o solo seco superficialmente. A umidade do solo pode ser constatada também com a inclinação da curva, sendo as curvas dos dois primeiros menos inclinadas que do segundo, evidenciando a maior umidade destes solos. A média da VIB do ensaio 2 foi de

17,92 mm.h⁻¹, sendo esta a maior verificada nesta região por conta do solo modificada da plantação próxima do local e à cota elevada em relação aos outros pontos. Logo a VIB média do ensaio 1 foi de 5,12 mm.h⁻¹, sendo esta devido à possíveis modificações no solo com o passar do tempo, como tráfego para obras no campus. Importante salientar que tais diferenças são comuns em áreas cultivadas, mesmo próximo a mananciais.

Na região B foram verificadas as médias das VIB's iguais para os três pontos (Figura 10), mesmo esta região sendo próximo de fronteira de solo como pode ser visto na figura 4 que mostra as regiões inseridas nos diferentes solos da bacia.

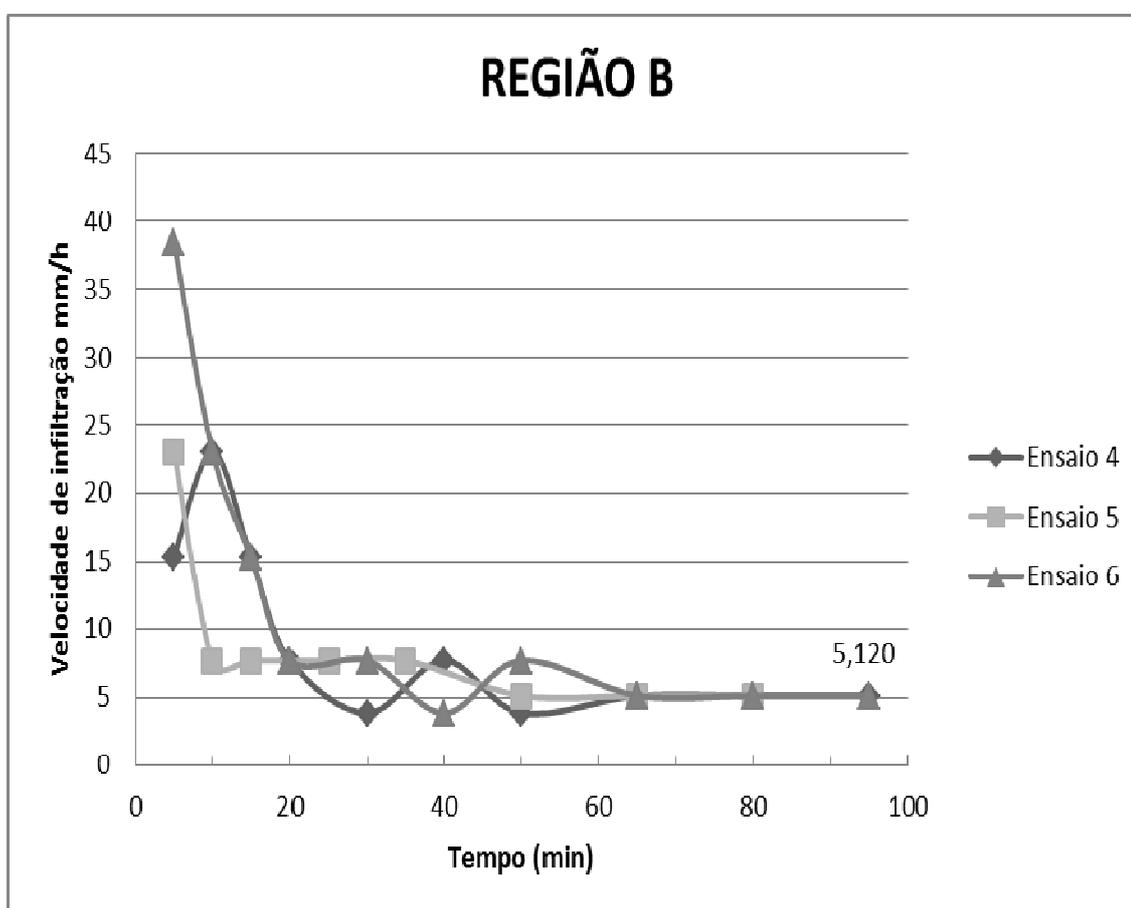


Figura 10 - Gráfico de dados da Região B.

Nota-se na figura 10 que se trata de ensaios de curta duração de tempo e que as curvas de infiltração logo no início do ensaio tenderam para velocidade constante, que indica a presença de umidade elevada no solo como foi constatado no local. Como os ensaios realizados em cotas distintas houve homogeneidade nos

resultados de VIB para estes solos, sendo assim pode-se dizer que se trata de solos com infiltração uniformes na região ensaiada.

Na região C foram registradas três VIB's com variação considerável entre elas (Figura 11).

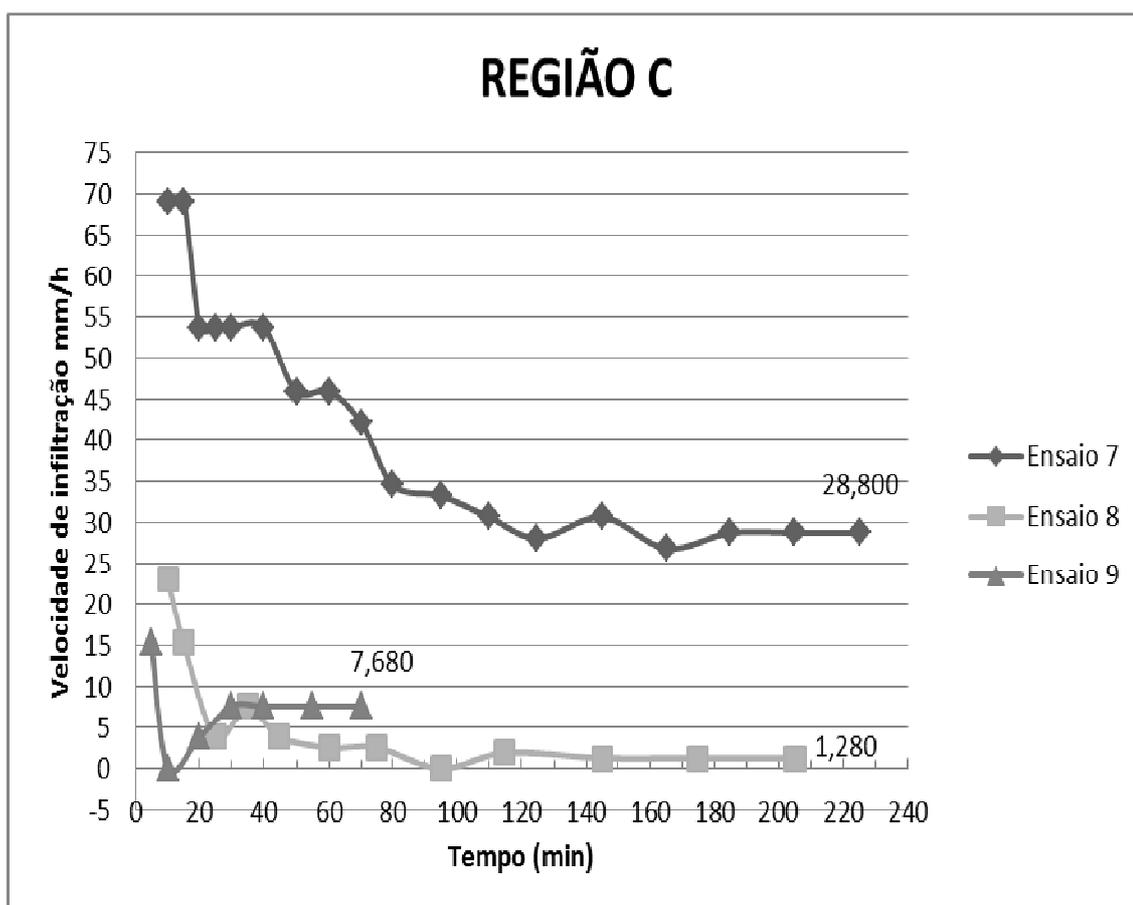


Figura 11 - Gráfico de dados da Região C.

Os resultados do ensaio 7 apresentaram uma VIB média de $28,80 \text{ mm.h}^{-1}$, sendo esta a maior verificada nesta região e justificada pela presença de solo arenoso devido a localização longe do leito do rio e cota elevada. Nos ensaios 8 e 9 anotou-se VIB's $1,28 \text{ mm.h}^{-1}$ e $7,68 \text{ mm.h}^{-1}$ respectivamente, sendo constatado solo argiloso no local, e umidade alta deste. Porém o solo do ensaio 8 contou com a presença de um solo escuro, com aparência de argila para artesanato, o qual desempenhou uma VIB menor.

Na região D verificou-se a maior variação dentro de uma das regiões, como pode ser visto na figura 12.

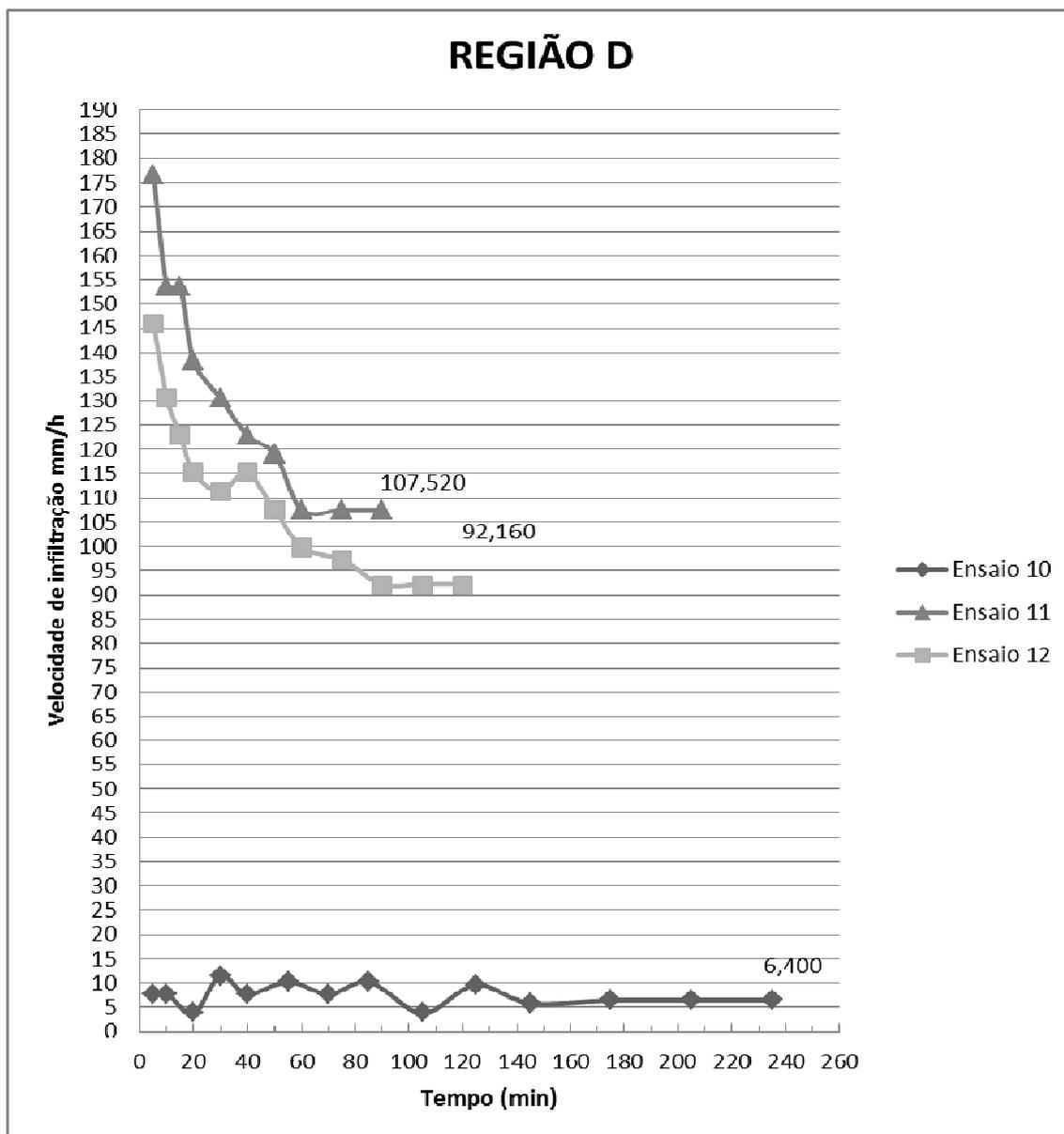


Figura 12 - Gráfico de dados da Região D.

Na figura 12 ao comparar as VIB's dos ensaios 10 ($6,40 \text{ mm.h}^{-1}$) e 11 ($107,52 \text{ mm.h}^{-1}$), nota-se uma discrepância nos resultados que pode ser justificada pela possível compactação do solo no ponto 10, e ainda verificou-se afloramento de rochas nas proximidades. Na curva do ensaio 10 que apresenta maior duração pode-se notar que já no início do ensaio a velocidade tende a se tornar constante, constatando desta forma solo úmido. Logo os ensaios 11 e 12 registraram valores próximos por serem executados em solos com características similares e estes constarem de solos arenosos com matéria orgânica evidenciada pela coloração

escura. Nesta região ocorreu a única relação de cota elevada com VIB baixa, no ponto 10, o que pode ser por conta de modificações no solo em tempos passados.

Com os gráficos dos ensaios verificou-se, comparando as curvas com o gráfico da figura 2, que a maioria dos ensaios ocorreu em solos úmidos, pois apresentaram suas curvas pouco acentuadas, em especial desconsiderando as primeiras medidas havendo a possibilidade de estas serem fruto de erro devido à falta ou excesso de água, no início, ao completar a lamina d'água do anel interno que permaneceu com altura constante no decorrer do restante do ensaio, sendo esta falta compensada com o ensaio já em andamento.

Na tabela 4 pode ser visto o resumo dos dados de VIB dos ensaios realizados. Esta também expõe a classificação segundo Carvalho e Silva (2006), onde é constatada a variabilidade da VIB nos ensaios, e a classificação dos solos segundo Daker (1984) relacionando a VIB com a textura deste.

Tabela 4 - Resumo dos ensaios e classificação da VIB e da textura do solo.

RESUMO DOS ENSAIOS E CLASSIFICAÇÕES					
Região	nº	Duração (min)	VIB (mm/h)	Classificação segundo Carvalho e Silva (2006)	Classificação do solo segundo Daker (1984)
A	1	110	5,1	Solo de VIB média	Solo de textura pesada
	2	120	25,62	Solo de VIB alta	Solo arenoso leve
	3	150	17,94	Solo de VIB alta	Solo de textura média
B	4	95	5,1	Solo de VIB média	Solo de textura pesada
	5	80	5,1	Solo de VIB média	Solo de textura pesada
	6	95	5,1	Solo de VIB média	Solo de textura pesada
C	7	225	28,8	Solo de VIB alta	Solo arenoso leve
	8	205	1,26	Solo de VIB baixa	Solo de textura pesada
	9	70	7,68	Solo de VIB média	Solo de textura pesada
D	10	235	6,42	Solo de VIB média	Solo de textura pesada
	11	90	107,52	Solo de VIB muito alta	Solo arenoso leve
	12	120	92,16	Solo de VIB muito alta	Solo arenoso leve

No que se refere à região A pode-se observar que há uma grande variabilidade de tipos de solo em uma área pequena, sugerindo texturas diferentes e classificações diferentes em relação à VIB.

Para a região B notou-se uniformidade na área estudada tanto para a VIB quanto para a textura do solo.

Na região C pode verificar, conforme a tabela 4, VIB's alta, média e baixa que variaram conforme a distancia do leito do rio. Logo a textura foi constatada como pesada para os ensaios 8 e 9, e leve para o outro sendo este ultimo com maior distancia do rio.

Na região D foi caracterizado solo arenoso leve para os dois pontos ensaiados próximo do leito e textura pesada para o distante. Quanto a VIB, nos solos arenosos leves anotou-se VIB's muito altas e para o solo de textura pesada VIB média.

Observando a figura 6 com as regiões de ensaios verifica-se que os pontos B e C estão próximos à divisa entre solos, logo nestes pontos espera-se que possa haver divergência nas VIB's, porém o ponto B foi singular na uniformidade das velocidades de infiltração.

Durante a seleção dos pontos foi possível notar que os solos superficiais ocorrem de forma não uniforme, em especial comparando os solos próximos do leito do rio com os distantes. Nesse sentido verificou-se que ao aproximar-se do leito de rio os solos se tornam de coloração escura, caracterizando maior ocorrência de argilas e matéria orgânica provenientes de sedimentação das cotas superiores onde foram vistos solos de coloração clara. E ainda os ensaios realizados com maior proximidade do rio caracterizaram-se por menor tempo de ensaio, justificado pela presença de água no interior dos mesmos devido às baixas cotas que resultam num maior tempo para que a água percole para horizontes mais profundos, diferente dos pontos distantes do leito que tem esse tempo diminuído por haver menor volume d'água para contribuir com a umidade do solo.

7 CONCLUSÃO

A VIB na região A (Campo Mourão) apresentou índice de 5,1 em solo de textura pesada, 25,62 em solo de textura arenosa leve e 17,94 de textura média, sendo as duas últimas consideradas como de VIB alta e a primeira de VIB média.

Na região B (Barreiro das Frutas) verificou-se VIB de 5,1 para os três pontos ensaiados que foram caracterizados com textura pesada.

Na área referente a região C (Piquirivaí) foi observado VIB baixa com taxa de 1,26, VIB média de 7,68 e alta com índice de 28,8, sendo as duas primeiras caracterizadas por solo de textura pesada e a última como solo arenoso leve.

Na área ensaiada na Região D (Ponte do Rio da Varzea) verificou-se as duas maiores VIB's entre todos os ensaios sendo estas com índices de 92,2 e 107,52 apresentando solos arenosos leves, e verificou-se a terceira menor VIB dentre os pontos sendo esta caracterizada de solo de textura pesada.

No decorrer dos ensaios foram notadas variações no solo superficial, dentro das regiões preestabelecidas, descaracterizando o uso do mapa de solo utilizado como referencia para obtenção destas regiões de coleta de dados.

Com os resultados verificou-se apenas na região do Barreiro das Frutas a VIB constante nos três ensaios, nas demais ocorreram variações significativas desqualificando possível caracterização comparativa com a bibliografia. Com isso propõe-se a realização dos ensaios com maior número de amostras de forma que possa ser estabelecido um mapa com curvas de infiltração como realizado por Coelho, Miranda e Duarte (2000).

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. G. X.; SILVA, M. M.; SILVA, E. F. F.; ALEXANDRE, N. S.. Construção de um cilindro infiltrômetro de anéis concêntricos semi-automático: estimativa da taxa de infiltração básica da água no solo. **X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX**, Recife, 2010.

BARBOSA JR, A. R. **Elementos de Hidrologia Aplicada a Estudos de Graduação: 4. Infiltração. 2013.** Disponível em: http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~antenorrodriques/4_Infiltracao.pdf Acesso em 10 de julho de 2013.

BARRETO, A. N. **Irrigação e drenagem na empresa agrícola.** 1 ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 6 ed. Viçosa: UFV, 1995.

BRITO, A. S.. **Balço de água em um Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar.** 2006. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-06032007-165349/>>. Acesso em: 2012-10-26.

CARVALHO, M. A. R. **Efeito da cobertura do solo e de praticas de controle de erosão nas perdas de água e solo por escoamento superficial.** 2009. Tese (Doutor em Agronomia. Area de concentração: irrigação e drenagem), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Capítulo 5: hidrologia. 2006.** Disponível em: <http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap5-INF.pdf> Acesso em 24 de março de 2012.

COELHO, R. D.; MIRANDA, J. H.; DUARTE, S. N. Infiltração da água no solo: parte I infiltrômetro de anéis versus infiltrômetro de aspersores. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p. 137-141, 2000.

COSTA, J. V. B. **Caracterização e Constituição do Solo.** 7 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura**. 4 ed. São Paulo: Nobel, 1989.

CUNHA, J. E.; NÓBREGA, M. T. de; CASTRO, S. S. Infiltração da água no solo no sistema pedológico campus do arenito, cidade gaúcha, noroeste do estado do paraná. In: Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo –USP: 2008. p. 1837-1848.

CURCIO, G. R.; SOBRINHO, V. O.; NASCIMENTO, L. A.; GARRASTAZU, M.C.; ROSOT, M.A.D.; LIMA, V.C.. **Mapa simplificado de solos do estado do Paraná**. Curitiba. 2012. 1 mapa. Escala 1: 600.000.

DAKER, A. **Irrigação e drenagem: A água na agricultura**. 6 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984.

FERREIRA, S. T. **Avaliação da relação entre a condutividade hidráulica do solo saturado com parâmetros físicos de um latossolo vermelho distrófico submetido a diferentes manejos**. 2008. 100f. Dissertação- Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2008.

FIORIN, T.T. **Estimativa da infiltração de água no solo a partir de pedofunções**. 2008. Tese (Doutorado em ciência do solo), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2008.

LELI, I. T.; STEVAUX, J. C.; NÓBREGA, M. T. **Dinâmica espacial da hidrologia da Bacia do Rio Ivaí**. Maringá: UEM, 2010.

LIMA, C. **determinação da curva de infiltração de água em um latossolo roxo utilizando o infiltrômetro de pressão**. 2009. TCC (tecnologia em gerenciamento ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2009.

MACAGNANI, R.O.; SCARAMELLI,B.F.; FERREIRA, J. H. D.. **Produção de mapas cartográficos**. Laboratório de Geoprocessamento. UTFPR – Campus Campo Mourão, 2012.

MOTA, J. C. A. **Componentes do balanço de água em um Cambissolo cultivado com meloeiro irrigado por gotejamento, com e sem cobertura da superfície**. 2010. 122f, Tese- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2010.

NAIME, J. M. **Um novo método para estudos dinâmicos in situ, da infiltração da água na região não saturada do solo**. 2001. Tese (Doutorado em ciências da engenharia ambiental), Universidade de São Paulo, Carlos, 2001.

OKA-FIORI, C.; SANTOS, L. J. C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T. da; BRISKI, S. J.; FELIPE, R. da S. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná: escala base 1:250.000 - modelos reduzidos 1:500.000**. Curitiba: Universidade Federal da Paraná, 2006.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; SOBRINHO, T. A.; OLIVEIRA, P. T. S. de; RODRIGUES, D. B. B. **Perdas de solo e de água e infiltração de água em latossolo vermelho sob sistemas de manejo**. In: PANACHUKI, E: 2011. p. 1777-1785.

PAIXÃO, F. J. R.; ANDRADE, A. R. S.; AZEVEDO, C. A. V.; COSTA, T. L.; FEITOSA, R. M.. Estimativa da Infiltração da água no solo através de modelos empíricos e funções não lineares. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.5, n.1, 2004.

PEIXOTO, V. C. **Análise paramétrica e dimensionamento de poços de infiltração para fins de drenagem urbana**. São Carlos, 2011.

PORTELA, J. C.; COGO, N. P.; AMARAL, A. J. do; GILLES, L.; BAGATINI, T.; CHAGAS, J. P.; PORTZ, G. Hidrogramas e sedimentogramas associados à erosão hídrica em solo cultivado com diferentes sequências culturais, com diferentes condições físicas na superfície. In: Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PPGCS/UFRGS: 2011, p. 225-240. RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 1998.

SANTOS, F. R.; FORTES, E.; MANIERI, D.. **Mapeamento geomorfológico e análise fisiográfica da paisagem da bacia do Rio Ivaí-PR**. UEM-Universidade estadual de Maringá. Maringá, 2011.

SATO, J. H.; FIGUEIREDO, C. C. de; LEÃO, T. P.; RAMOS, M. L. G.; KATO, E. Matéria orgânica e infiltração da água em solo sob consórcio milho e forrageiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.2, p. 189-193, 2012.

SCHERPINSKI, C.; URIBE-OPAZO, M. A.; BOAS, M. A. V.; SAMPAIO, S. C.; JOHANN, J. A. Variabilidade espacial da condutividade hidráulica e da infiltração da água no solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.32, n.1, p. 7-13, 2010.

SILVEIRA, G. M. **Análise de sensibilidade de hidrogramas de projeto aos parâmetros de sua definição indireta**. 2010. Dissertação (Mestre engenharia civil), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SIMÕES, Welson L.; FIGUEIREDO, Vladimir B. and SILVA, Elio L. da. **Uso do cilindro infiltrômetro único em diferentes solos**. *Eng. Agríc.* vol.25, n.2, pp. 359-366, 2005.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.1, p. 18-23, 2003.

SOUZA, V. C.B. **Estudo experimental de trincheiras de infiltração no controle da geração de escoamento superficial**. 2002. Dissertação (Mestre engenharia de recursos hídricos e saneamento ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SOIL MOISTURE. **Model 2800KI Guelph Permeameter: operating instructions**. March, 2010. Disponível em: <http://www.soil.tu-bs.de/lehre/Literatur/SoilMoisture.Guelph-Manual.pdf>. Acesso em 12 de junho de 2012.

SOIL MOISTURE. **Model 2830K1 double ring infiltrometer kit: operating instructions**. June, 2009. Disponível em: <http://www.soilmoisture.com/pdf/0898-2830K1.pdf>. Acesso em 12 de junho de 2012.

ZUQUETTE, Lázaro V. and PALMA, Janaina B.. Avaliação da condutividade hidráulica em área de recarga do aquífero Botucatu. *Rev. Esc. Minas.* vol.59, n.1, pp. 81-87, 2006.