

VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO DA ÁGUA EM UM LATOSSOLO AMARELO SUBMETIDO AO SISTEMA DE MANEJO PLANTIO DIRETO

Jorge Luiz Xavier Lins Cunha

Engº Agrônomo, M. Sc. Agronomia/Produção Vegetal e Proteção de Plantas, UFAL, BR 104-Norte, km 85, CEP 57100-000, Rio Largo-AL, Brasil E-mail: cunhajlx@gmail.com

Abel Washington Albuquerque

Prof. D. Sc. CECA/UFAL, BR 104-Norte, km 85, CEP 57100-000, Rio Largo-AL, Brasil
E-mail: awa@fapeal.br

Cícero Alexandre Silva

Engº Agrônomo, M. Sc. em Recursos Hídricos, UFAL, BR 104-Norte, km 85, CEP 57100-000, Rio Largo-AL, Brasil
E-mail: cunhajlx@gmail.com

Eliene de Araújo

Bióloga. M. Sc. Agronomia/Produção Vegetal. Centro de Ciências Agrárias – CECA/UFAL, Rio Largo-AL
E-mail: eliene-araujo@bol.com.br

Ronaldo Bernardino dos Santos Junior

Engº Agrônomo - Centro de Ciências Agrárias – CECA/UFAL, Rio Largo-AL
E-mail: rj.agro@hotmail.com

RESUMO - O conhecimento da velocidade de infiltração da água no solo é de fundamental importância para definir os métodos de conservação do solo, planejamento e dimensionamento de sistemas de irrigação e drenagem. Com o objetivo de estudar a velocidade de infiltração de água em um Latossolo Amarelo, submetido ao sistema de manejo plantio direto aplicando diferentes modelos empíricos, foi conduzido o presente trabalho no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, para avaliar o comportamento das equações de Kostiakov, Kostiakov-Lewis e Horton as quais serviriam para estimar as velocidades de infiltração da água no solo em estudo, utilizando-se o anel simples para avaliar a infiltração de água no campo. Concluiu-se, então, que o sistema de plantio direto a equação que mais se ajustou ao modelo do infiltrômetro de simples anel foi a de Kostiakov seguida do modelo de Horton.

Palavras chave: Manejo de solo, Infiltrômetro de simples anel, Irrigação.

SPEED OF WATER INFILTRATION RATE, IN THE LATOSSOI UNDERGONE SUBMITTED THE SYSTEMS DIRECT PLANTING SOIL

ABSTRACT - Knowledge of the speed of infiltration of water into the soil is of fundamental importance to define the methods of soil conservation, planning and design of irrigation systems and drainage. In order to study the speed of infiltration of water into a OxiLatossol, before the system management tillage applying different empirical models, this work was conducted Centro de Ciências Agrárias, at the Federal University of Alagoas (CECA – UFAL), in order to evaluate the behavior of the equations of Kostiakov, Kostiakov-Lewis and Horton which Were used to estimate the Water infiltration rate in studied soil by using simple the soil under study, using a simple ring to evaluate the infiltration of water in the field. It was then that the system on the equation that more fit the model of the simple ring infiltrometer was to Kostiakov followed the model of Horton.

KEYWORDS: Soil Management, Infiltration Methods, Irrigation.

INTRODUÇÃO

A velocidade de infiltração é um processo dinâmico pelo qual a água penetra no perfil do solo, a partir da sua superfície, em função do tempo decorrido. Inicialmente, seu valor é elevado, diminuindo com o tempo, até se

tornar constante no momento em que o solo fica saturado, podendo-se denominar de velocidade de infiltração básica (VIB) do solo, parâmetro esse que é de fundamental importância para definir os métodos de conservação do solo, planejamento e dimensionamento de sistemas de irrigação e drenagem.

Para Reichardt (1987), o conhecimento da infiltração da água no solo é imprescindível para elaboração de um projeto de irrigação, voltado para proporcionar maior rendimento às culturas. É uma determinação que tem sido amplamente estudada e ainda não existe um consenso geral e bem estabelecido sobre qual é a melhor técnica para a sua determinação. Dentre as conhecidas propriedades físicas existentes do solo, a infiltração é uma das mais importantes quando se estudam fenômenos que estão ligados ao seu movimento, entre estes se destacam a infiltração e redistribuição de água no perfil do solo (Carvalho, 2000).

A infiltração da água no solo deve ser mensurada por meio de técnicas capazes de representar, adequadamente, as condições naturais em que se encontra o solo. Embora não exista padronização dos sistemas de medição da infiltração de água, uma maneira comumente adotada para medir a lâmina de água infiltrada é a utilização de infiltrômetros de duplo e de simples anel. Que de acordo com Merriam et al. (1983) pode-se utilizar um infiltrômetro de cilindro único na determinação de infiltração vertical, desde que ele tenha no mínimo 25 cm de diâmetro e que seja instalado a pelo menos, 15 cm abaixo da superfície do solo. Cilindros concêntricos podem ser utilizados, porém, raramente se conseguem melhor precisão.

Com o objetivo de avaliar a velocidade de infiltração da água no solo, por meio de modelos empíricos e dos modelos baseado na regressão não linear e compará-los com o método do anel infiltrômetro em condições de campo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), localizado no município de Rio Largo-AL, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude Sul 9°29'45", longitude Oeste 35°49'54", altitude de 165 metros, relevo plano com boa drenagem. Na ocasião da pesquisa, que se estendeu de novembro de 2007 a janeiro de 2008, a área, cujo clima foi classificado como A's de Koppen (tropical quente e úmido com estações seca de primavera-verão e chuvosa de outono-inverno), tinha sido cultivada com a cultura do milho (*Zea mays*), em um solo classificado como Latossolo Amarelo coeso, distrófico, texturas franca arenosa na profundidade de 0 a 20 cm e franco-argilo-arenosa (EMBRAPA, 1999) até a profundidade de 60 cm, conforme mostram as características físicas contidas na tabela 1.

Ao final de cada teste de infiltração foi aberta, no local, uma trincheira onde se delimitou o perímetro molhado para posteriormente serem retiradas às amostras de solos para serem enviadas ao laboratório de física do solo do CECA/UFAL para as devidas análises físicas.

O método adotado para medir a velocidade de infiltração, e posteriormente o acondicionamento da água no solo, foi adaptado do modelo clássico do infiltrômetro

de anéis concêntricos (IANC), utilizando-se apenas um cilindro de 50 cm de diâmetro e 40 cm de altura.

O cilindro foi inserido no solo a uma profundidade de 15 cm, em seguida se colocou uma régua presa a um suporte de madeira colocado na borda superior do cilindro, fixada no centro do mesmo, para se projetar até tocar a superfície do solo, para medir a lâmina de água que foi padronizada para uma altura máxima de 5 cm e mínima de 2cm.

Foram utilizados para a determinação da VIB os modelos empíricos desenvolvidos por Kostiakov (1932), Kostiakov-Lewis (1945) e Horton (1940), que descrevem o volume de água que penetra no solo em função do tempo:

Modelo de Kostiakov:

$$I = a T^n \quad (1)$$

$$\frac{dI}{dT} = VI = an T^{n-1} \quad (2)$$

Modelo de Kostiakov – Lewis:

$$I = a T^n + k T \quad (3)$$

$$\frac{dI}{dT} = VI = an T^{n-1} + k \quad (4)$$

Modelo de Horton:

$$I = i_f T + (i_i - i_f)e^{-\beta t} \quad (5)$$

$$\frac{dI}{dT} = VI = i_f + (i_i - i_f)/\beta \times (1 - e^{-\beta t}) \quad (6)$$

Onde:

I = Infiltração acumulada - (L);

VI = Velocidade de Infiltração - (LT^{-1});

a e n = constantes que dependem do solo (adimensionais) e

K = Velocidade de Infiltração Básica (LT^{-1});

i_f = infiltração final (LT^{-1});

i_i = infiltração inicial (LT^{-1});

β = fator de proporcionalidade (adimensional);

e = logaritmo neperiano;

T = tempo - (T).

As equações (1), (3) e (5) representam a infiltração acumulada, enquanto (2), (4) e (6) se referem à velocidade de infiltração da água, respectivamente para os modelos empíricos de Kostiakov, Kostiakov-Lewis e Horton.

Para Reichardt & Timm (2004), o modelo de Kostiakov é prático, pois, com dados de I em função de T pode-se, mediante um gráfico $\log I$ versus $\log T$, estimar os parâmetros a e n .

O modelo de Kostiakov-Lewis é uma equação empírica, entretanto sua aplicação é limitada para um tempo muito longo de infiltração (Philip, 1957).

O modelo de Horton (1940) é um modelo que não se baseia em nenhuma teoria física, que de acordo com Philip (1957) é relativamente inadequado para representar um decréscimo muito rápido da taxa de infiltração, no

entanto para tempo longo, ela representa melhor a infiltração se comparada com o modelo de Kostiakov. Este modelo determina empiricamente os parâmetros i_i , i_r , e β a partir de pares de valores simultâneos da infiltração acumulada ou da velocidade de infiltração, seja acumulada (equação 5) ou instantânea (equação 6), respectivamente (Brandão, et al 2006).

O delineamento estatístico adotado foi um fatorial 3 (Tratamentos) x 4 (Equações), constituído por cinco repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Atributos físicos do solo na área experimental submetida aos sistemas de plantio convencional, direto e cultivo mínimo, nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm.

	Prof. (cm)	Determinações					Porosidade Total
		Areia Total (g.kg ⁻¹)	Areia Fina (g.kg ⁻¹)	Silte (g.kg ⁻¹)	Argila (g.kg ⁻¹)	Dens. Solo (g.cm ⁻³)	
Plantio	0-20	1618,40	12,84	26,60	5174,44	1,28	517,74
Direto	20-40	970,40	13,11	26,50	5051,32	1,31	505,13
	40-60	926,40	12,79	26,70	5209,36	1,28	520,94

Para o sistema de manejo de solo estudado, os resultados expressos na Tabela 2 apresentam os valores médios de desvio padrões e coeficientes de variações das velocidades de infiltração decrescentes, quando o tempo aumentava, mostrando que ao se aproximar da *VIB* os resultados obtidos nos testes de infiltração se tornavam cada vez mais confiáveis, sobretudo quando avaliados

A caracterização do solo onde foram estudados os testes de infiltração é um Latossolo Amarelo Coeso Distrófico, com densidade do solo variando em profundidade, de 1,28 e 1,22 g cm⁻³, respectivamente entre 0-40 e 40-60 cm, (tabela 1). Os teores de areia total e silte decrescem em profundidade no solo, acontecendo o contrário com a argila total e o espaço poroso, que praticamente aumentam na camada mais profunda estudada, enquanto a relação silte/argila diminui nitidamente à proporção que se aprofundava no perfil do solo.

pelos baixos valores dos coeficientes de variação, estando de acordo com os de Hillel, 1980. Como era de se esperar, à medida que o tempo aumentava estes valores se aproximavam de constantes, que nesse momento passavam a ser chamados de velocidade de infiltração básica (*VIB*) do tratamento, alcançando as estabilização a partir de 164 minutos, com a velocidade de 16,32 cm h⁻¹.

Tempo min.	Plantio direto		
	Média	D. padrão	CV (%)
001	68,40	0,11	10,00
002	48,00	0,23	29,32
004	43,80	0,36	24,98
006	35,40	0,29	25,00
008	31,20	0,24	25,98
012	27,90	0,13	07,21
016	27,60	0,15	08,24
020	25,80	0,08	04,86
024	24,90	0,11	06,87
029	22,08	0,24	13,09
034	22,08	0,13	07,29
039	21,60	0,16	08,78
044	21,12	0,11	06,48
049	20,88	0,11	06,55
054	21,12	0,09	05,08
064	20,16	0,21	06,17
074	19,32	0,19	05,97
084	19,08	0,20	06,44
094	18,00	0,24	08,16
104	18,00	0,24	08,16
119	17,76	0,38	08,52
134	17,60	0,19	04,25
142	16,72	0,24	05,71
164	16,32	0,16	04,03
179	16,32	0,16	04,03
194	16,32	0,16	04,03

Tabela 2. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de correlação do resultado do teste de infiltração de água no solo, para o sistema, plantio direto em função do tempo.

Com a Tabela 2, pode-se traçar as curvas com os valores médios da velocidade de infiltração e infiltração

acumulada, originando a Figura 1, com a relação das diferentes velocidades com o tempo de infiltração,

indicando que no começo dos testes as taxas de infiltração eram elevadas e, à medida que o tempo aumentava a infiltração diminuía até atingir valores próximos a *VIB*. Por outro lado, analisando o inverso do comportamento da velocidade de infiltração, pode ser visto a curva de infiltração acumulada de água no solo. O valor médio da velocidade básica de infiltração (16,32 cm h⁻¹), representativo da área estudada foi obtido tomando-se como referência a curva da equação dos valores médios da velocidade de infiltração. Define-se, comumente, a infiltração básica de um solo como sendo a variação que corresponde ao instante em que a declividade (assintótica horizontal) da curva equivale a um valor muito próximo de zero (Prevedelo, 1996). Diante dos resultados obtidos a Figura 1, é possível se determinar os parâmetros teóricos originários da infiltração através das regressões não lineares e os modelos matemáticos para aos diferentes testes de infiltração e dos coeficientes de determinação

(R²). Nos respectivos modelos estudados, como mostra a Tabela 3, indicando coeficientes de determinação altos, com valores que variaram de 0,96 a 1,00 mostrando que o melhor modelo para o cálculo da velocidade de infiltração, para o tipo de solo estudado, foi o modelo de Kostiakov, seguido pelo ajuste da função com R = 0,99.

De um modo geral, os coeficientes de determinação entre os valores médios das velocidades de infiltração obtidos no campo (testes experimentais) e os valores médios calculados pelos modelos empíricos foram superiores a 0,96; excetuando o modelo de Horton que apresentou 0,86. Os valores de R² altos foram verificados para grande maioria dos modelos analisados indicam que a pequena proporção de variância dos dados deveu-se aos erros presentes nas estimativas dos parâmetros dos modelos, deixando de fora, apenas, o modelo desenvolvido por Horton.

Tabela 3. Valores e parâmetros e coeficientes de determinação, regressões não lineares e os modelos matemáticos de Kostiakov, Horton e Kostiakov-Lewis e o modelo pratico do anel.

Tratamento	Modelo	Modelos Empíricos				R ²
		VI	Vf	n	y	
	Anel	68,90	16,32	0,75	57,31 T ^{-0,25}	0,97
Plantio Direto	Horton	62,09	16,32	0,72	56,81 T ^{-0,28}	0,86
	Kostiakov	52,11	14,81	0,77	52,11 T ^{-0,23}	1,00
	Kostiakov – Lewis	68,43	31,13	0,86	65,74 T ^{-0,14}	0,99

Observando-se os parâmetros que servirão para ajustar os modelos propostos (Tabela 3), nota-se que as diferenças entre os valores médios da taxa de infiltração obtidos pelo infiltrômetro de anel e os calculados pelos diferentes modelos apresentados na Figura 1 e 2, respectivamente.

Verifica-se pela diferença nos valores correspondentes aos instantes onde os coeficientes de declividade das curvas - definidos por Prevedelo 1996, como sendo a infiltração básica de um solo correspondente ao instante em que a declividade (assintótica horizontal) da curva equivale a -0,01 cm h⁻¹min⁻¹ - plotadas na Figura 2, respectivamente, -0, 019, -0,018, -0,018 e -0,022 cm h⁻¹min⁻¹, mostrando que a grande maioria das curvas está de acordo com Prevedelo (1996).

Modelo de Kostiakov

A Figura 2 mostra a velocidade de infiltração de água no solo, proveniente do método prático do anel e o modelo de Kostiakov, permitiu afirmar que houve uma distribuição consistente dos resultados que originaram a curva que servirá para comparar com aquela representativa do modelo matemático de Kostiakov, pode-se dizer que o modelo de Kostiakov poderá ser aplicado com segurança neste tipo de solo, em que os resultados das *VIB* foram de 16,32 e 14,81 cm h⁻¹, respectivamente. Verifica-se que as curvas tiveram comportamentos semelhantes ao longo de todo o estudo, apenas no tempo inicial a velocidade de infiltração foi superior, porém, no decorrer do teste não houve praticamente diferença entre as curvas, estendendo-se até o tempo final de 194 minutos, o que é comprovado pela aplicação do teste de Tukey, a 5 % de probabilidade (Tabela 4).

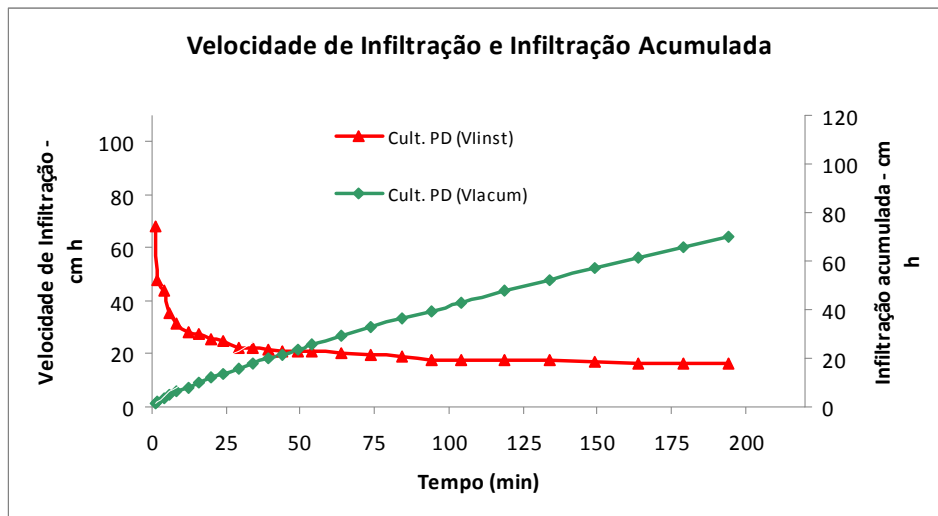


Figura 1. Curvas dos valores médio da velocidade de infiltração e infiltração acumulada medidos pelo infiltrômetro de simples anel.

Tabela 4. Equações e coeficientes de correlação das velocidades de infiltração dos modelos adotados.

Médias		Médias	VI(cmh ⁻¹)	R ²
Plantio direto	Kostiakov	14,87 a	VI = 52,11 T ^{-0,23}	1
	Anel	16,32 a	VI = 57,31 T ^{-0,25}	0,97
	Kostiakov-Lewis	31,19 b	VI = 65,74 T ^{-0,14}	0,99
	Horton	16,32 a	VI = 56,81 T ^{-0,28}	0,86

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (5%).

Estes resultados foram diferentes dos obtidos por Sidiras e Roth (1984) que encontraram uma *VIB* de 129 mm h⁻¹ em um Latossolo-Roxo Distrófico, utilizando o modelo de infiltração para anéis concêntricos (*IAC*), resultados estes que corroboraram com os obtidos para um Cambissolo, em que a *VIB* encontrada para o mesmo modelo (*IAC*), com cargas de 5 e 10 cm foram, respectivamente, 10,44 e 14,33 cm h⁻¹.

Modelo de Kostiakov-Lewis

Os parâmetros aplicados às equações de Kostiakov-Lewis (Kv-Lw), e os valores provenientes dos testes de infiltração pelo cilindro de anel, permitiram gerar as curvas mostradas na Figura 1, podendo-se afirmar com precisão que a distribuição dos dados do cilindro de anel e o modelo de Kv-Lw foram semelhantes apenas no início do estudo, todavia, à medida que o tempo aumentava as curvas distanciava-se progressivamente, de tal maneira que, no final do teste, no tempo de 194 minutos, a diferença entre elas chegou a alcançar o dobro da *VBI* (16,32 e 31,13 cm h⁻¹), que de acordo com Bernardo (2005) solos que apresentam *VIB* maior que 30 mm h⁻¹ serem consideradas como muito altas. A análise estatística (Tabela 4) indicou que houve diferença

significativa, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, entre as duas curvas. Esses valores são diferentes dos resultados obtidos por Lisboa et. Al., (2007), que encontraram *VIB* de 41,0 cm h⁻¹ em Argissolo Acinzentado, enquanto que em Luvissole Háplico e Cambissolo Húmico os valores foram de 18,4 e 16,0 cm h⁻¹, respectivamente.

Modelo empírico de Horton

As médias dos valores provenientes do modelo do cilindro de anel e do modelo de Horton originaram as curvas de velocidade de infiltração de água no solo (Figura 1). Observou-se que curvas de tais modelos eram bastante semelhantes, apenas no início e final, inclusive com *VBI* exatamente iguais a 16,32 cm h⁻¹, porém, no intervalo entre os tempos de 10 e 150 minutos, a diferença se acentuava, mostrando que o modelo pode ser utilizado para este tipo de tratamento. O que é comprovado ao se aplicar o teste de Tukey a 5 % de probabilidade (Tabela 4), e constatar que não houve diferença significativa entre os dois modelos. Estes resultados são diferentes dos obtidos por Simões (2005), que, estudando a *VIB* em Cambissolos com cargas de 5 cm encontrou velocidades

de infiltração básica de $10,44 \text{ cm h}^{-1}$ e $14,43 \text{ cm h}^{-1}$ respectivamente.

Para confirmação destes resultados foi construída a Figura 3, que mostra os valores médios da velocidade de infiltração calculados pelos modelos matemáticos versus os valores médios das velocidades observadas em campo. Por essa figura, pode-se verificar o melhor desempenho do modelo de Kostiakov quando comparado com os

demais, como se pode observar pela melhor aderência dos pontos a reta ideal, Paixão (2004). Semelhante desempenho foi encontrado para a regressão não linear. Quando se compara com o modelo de Horton e Kostiakov-Lewis entre si, verifica-se desempenho diferente entre os modelos no cálculo da velocidade de infiltração (Figura 3).

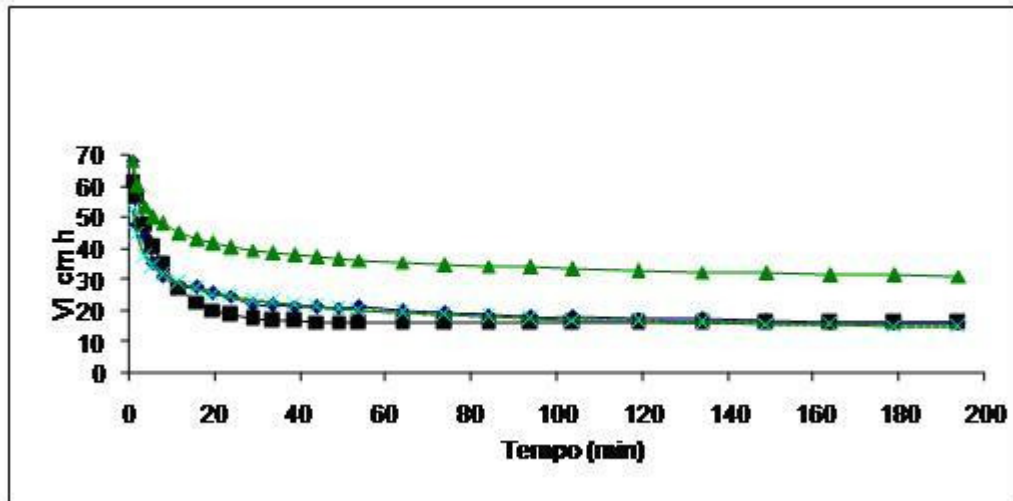


Figura 2. Velocidade de infiltração de água no solo pelo método do infiltrômetro de anel e os modelos matemáticos de Kostiakov, Kostiakov-Lewis e Horton.

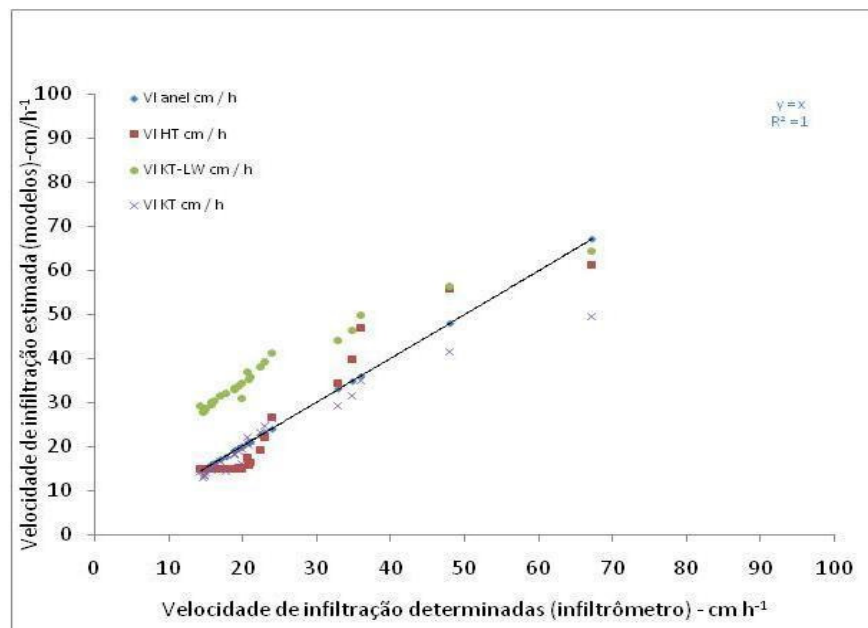


Figura 3. Valores médios das taxas de infiltração medidos e calculadas pelos modelos matemáticos e o anel infiltrômetro.

Na Figura 3, verifica-se que o modelo de Kostiakov apresenta valores que mostraram a melhor coerência com os demais modelos, e a elevada aderência no final da reta, com as velocidades distribuídas entre 15 e 25 cm h^{-1} , e dispersando-se quando as velocidades se distanciavam além de 30 cm h^{-1} . Já o modelo de Horton é perfeitamente

aderente à reta no momento em que a curva tende a estabilizar-se, mostrando discreta dispersão nas proximidades de 20 a 35 cm h^{-1} , apesar de apresentar uma razoável distribuição ao longo da reta. Enquanto o modelo de Kostiakov-Lewis apresentava pequena aderência no

início da aplicação do teste em campo, e distanciando-se à medida que se aproxima da *VIB*.

CONCLUSÕES

1 – Na mesma área agrícola, os diferentes os diferentes modelos empíricos de Kostiakov e Horton foram iguais, do ponto de vista estatístico, entre si e ao modelo do anel, porém o modelo empírico de Kostiako-Lewis foi diferente de todos os eles.

2 – No sistema de plantio direto o modelo empírico de Kostiakov pode ser utilizado para determinar a velocidade de infiltração de água, para este tipo de solo e solos que apresentem atributos físicos similares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bernardo, S.; Soares, A.A.; Mantovani, E.C. Manual de irrigação. 7. ed. Viçosa: UFV, 2005. 611p

Bradão, V.S., Cecilio, R.A., Prusk, F.F. & Silva, D.D. Infiltração de Água no Solo, Viçosa, MG: UFV, 2006. 47p. Universidade Federal de Viçosa, 2006.

Carvalho, H. O. G. *Física dos solos*. ed. Campina Grande: UFPB, 2000. 173p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1999.

Hillel, D. Applications of soil physics. California: Academic Press, Inc. 1980, 385p.

Lisboa, Heitor; Timm, Luiz Carlos; Reisser Junior, Carlos; Tavares, Vitor Emanuel Quevedo Manke, Gilnei; Tavares, Lizandro Ciciliano; Lemos, Frederico Dekker; Prestes, Rodrigo. XVI CIC Determinação das Curvas de VI de Água de Três Solos Representativos da Persicultura Irrigada na Região de Pelotas-RS. Nov. 2007.

Merriam, J. L.; Shearer, M. N.; Burt, C. M. Evaluating irrigation systems and practices. In: Jesen, M. E. (ed). Design and operations of form irrigation systems. St Joseph: ASAE, 1983. P. 721-60. (Monography Series,3).

Prevedello. C. L.; Física do Solo com problemas resolvidos. Curitiba: C. L. Prevedello, 1996. 446p.

Paixão, F. J. R.; Andrade, A. R. S.; Azevedo, C. A. V.; Silva, J. M.; 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 Ciência da Terra, v. 5 – n. 1 – 1º Semestre 2004.

Reichardt, K. Água em sistemas agrícolas. São Paulo: Manole, 1987. 188p.

Reichardt, K. & Timm, L.C. Solo, planta e atmosfera: processos de aplicações. Barueri: Manole, 2004. 478 p.

Sidiras, N.; Roth, C. H.; Infiltration measurements with Double-ring infiltrometers and a rainfall Simulator under different surface conditions on an oxisoil, soil Tillage Research, Amsterdam, v. 9, p. 161-168, 1984.

Simões, W. L.; Figueredo, V. B.; Silva, E. L. do.; Uso do cilindro filtrômetro único em diferentes solos. Revista de Engenharia Agrícola, Jaboticabal, V. 25, n. 2, p. 359-366, maio/agosto. 2005.