

INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NOS SOLOS CULTIVADOS COM PALMA FORRAGEIRA E  
PASTAGEM NO IFCE CAMPUS CRATO

Aparecida Rodrigues Nery<sup>1</sup>, Luis Nery Rodrigues<sup>2</sup>, Antônia Geliane de Sousa<sup>3</sup>, Francisca  
Fabiana Costa dos Santos<sup>3</sup>, Douglas Emanuel Rodrigues Nere<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Prof. Dra. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *campus* Crato

<sup>2</sup> Prof. Dr. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *campus* Crateús

<sup>3</sup> Discente. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *campus* Crato

*cydanery@gmail.com, luis.nery@ifce.edu.br, agsifce@gmail.com,  
fabiana.tec.agrimensura@gmail.com, emanuelnere@gmail.com*

**RESUMO:** O conhecimento da infiltração da água no solo é importante para definir técnicas de conservação do solo, nos projetos de irrigação, bem como no cultivo adequado de plantas. Neste sentido, o trabalho objetivou determinar a Velocidade de Infiltração Básica, a equação de estimativa da Velocidade de Infiltração e a equação de estimativa da Infiltração Acumulada, utilizando o modelo de Kostiakov, através do método infiltrômetro de anel em dois sistemas de produção, palma forrageira cv. miúda (*Nopalea cochenillifera* - Salm Dyck) e pastagem (*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk) do IFCE Campus Crato. Os dados foram tabulados em planilhas eletrônicas de Excel. As equações de infiltração acumulada ( $I$ ) foram  $I = 5,4477T^{0,4474}$  e  $I = 15,234,0T^{0,674}$  nos solos cultivados com pastagem e palma, respectivamente. A velocidade de infiltração básica foi média com  $13,5 \text{ mm h}^{-1}$  na área com pastagem e muito alta com  $95 \text{ mm h}^{-1}$  na área cultivada com palma.

**Palavras-chave:** Velocidade de infiltração, Irrigação, Infiltrômetro de anel.

**ABSTRACT:** Knowledge of soil water infiltration is important for defining soil conservation techniques in, irrigation projects, as well as for proper plant cultivation.. In this sense, the objective of this work was to determine the Basic Infiltration Rate, the Infiltration Rate estimation equation and the Accumulated Infiltration estimation equation, using the Kostiakov's model, using the ring infiltrator method in two production systems, forage palm cv. girl systems forage cactus cv. miúda (*Nopalea cochenillifera* -Salm Dyck) and pasture cultivation (*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk) from the IFCE Campus Crato. Data was tabulated in Excel spreadsheets. The accumulated infiltration equations ( $I$ ) were  $I = 5.4477T^{0.4474}$  and  $I = 15.234.0T^{0.674}$  in the soils grow with pasture and palm, respectively. The basic infiltration velocity was average with  $13.5 \text{ mm h}^{-1}$  in the pasture area and very high with  $95.0 \text{ mm h}^{-1}$ , in the area cultivated with palm.

**Keywords:** Infiltration velocity, Irrigation, Ring infiltrometer.

## 1. INTRODUÇÃO

A infiltração é o nome dado ao processo pelo qual a água atravessa a superfície do solo. É um processo de grande importância prática, pois afeta diretamente o escoamento superficial, que é o componente do ciclo hidrológico responsável pelos processos de erosão e inundações.

O conhecimento da taxa de infiltração da água no solo é de fundamental importância para definir técnicas de conservação do solo, planejar e delinear sistemas de irrigação e drenagem, bem como auxiliar na composição de uma imagem mais real da retenção da água e aeração no solo.

A agricultura irrigada se desenvolve nas mais diferentes condições de meio físico, atendendo uma grande variedade de culturas e de interesses sociais e econômicos, de forma que é possível existir um sistema de irrigação ideal, capaz de atender da melhor maneira a todas as condições e objetivos envolvidos. Em consequência, deve-se selecionar o sistema de irrigação mais adequado a cada condição em particular, considerando-se os interesses envolvidos. O processo de seleção deve ser baseado em uma criteriosa análise das condições presentes, em função das exigências de cada sistema de irrigação (FRIZZONE, 2005).

A taxa de infiltração da água no solo é alta no início do processo de infiltração, particularmente quando o solo está inicialmente muito seco, mas tende a decrescer com o tempo, aproximando-se assintoticamente de um valor constante, denominado taxa de infiltração estável, muito conhecida por velocidade de infiltração básica da água no solo – VIB.

Inicialmente, seu valor é elevado, diminuindo com o tempo, até se tornar constante no momento em que o solo fica saturado. Assim sendo, sob chuva ou irrigação contínuas, a taxa de infiltração se aproxima, gradualmente, de um valor mínimo e constante, conhecido por VIB. Dados de infiltração são imprescindíveis nos modelos utilizados para a descrição da infiltração de água no solo e dependem do selamento superficial provocado pelo impacto das gotas de chuva na superfície do solo (ALVES SOBRINHO *et al.*, 2003).

A determinação da infiltração de água deve ser feita por métodos simples e capazes de representar, adequadamente, as condições em que se encontra o solo, e baseia-se em condições àquelas observadas no processo ao qual o solo é submetido (PRUSKI *et al.*, 1997).

Segundo Bernardo, Soares & Mantovani (2008), a velocidade de infiltração depende diretamente da textura, estrutura, umidade, época de irrigação, temperatura e porosidade do solo, da existência de camada menos permeável ao longo do perfil e cobertura vegetal.

Em solos intensamente cultivados, as camadas compactadas determina a diminuição do volume de poros e o aumento na retenção de água. Em decorrência disto, diminuição da taxa de infiltração, aumento do escoamento superficial e de erosão. (BERTOL *et al.*, 2001).

O conhecimento do processo de infiltração da água no solo é de grande importância na hidrologia, nos projetos de irrigação, no manejo e conservação dos solos, bem como no cultivo adequado de plantas. Os prejuízos causados por alterações na infiltração de água no solo e subsolo, pelo gradativo processo da impermeabilização, seja por fatores naturais, quer seja por atividade antrópica, são incomensuráveis.

É percebido déficit hídrico no solo em alguns meses do ano na região cariri cearense, logo para potencializar a produção dos sistemas agrícolas se faz necessário o uso da irrigação. Para se projetar sistema de irrigação é de fundamental importância conhecer os fatores que intervêm na capacidade de infiltração dentre os quais destacam-se a velocidade de infiltração da água no solo, umidade inicial do solo, carga hidráulica, compactação do solo e tipo de solo.

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência de diferentes sistemas de manejo do solo em área cultivada com palma forrageira cv. miúda (*Nopalea*

*cochenillifera -Salm Dyck*) e pastagem (*Brachiaria decumbens cv. Basilisk*) sob a infiltração de água no solo.

## 2. REVISÃO TEÓRICA

### 2.1. Infiltração de água no solo

A infiltração de água no solo é o processo pelo qual a água atravessa a superfície do solo. É um processo dinâmico de penetração vertical da água através da superfície do solo (BRANDÃO *et al.*, 2006).

Para Brandão *et al.*, (2006), o conhecimento da taxa de infiltração da água é importante para definir técnicas de conservação, planejar sistemas de irrigação e drenagem e auxiliar na composição de imagens mais reais da retenção hídrica e aeração no solo.

A velocidade de infiltração de água em um solo (VI) é um fator importante na irrigação, já que ela determina o tempo em que se deve manter a água na superfície do solo ou a duração da aspersão (BERNARDO, SOARES & MANTOVANI, 2008).

A velocidade de infiltração auxilia na determinação da capacidade de suporte para definir a intensidade de aplicação do tipo de emissor. Deve ser levada em conta na escolha do emissor, principalmente nas irrigações por aspersão (MANTOVANI, BERNARDO & PALARETTI, 2009).

Segundo Reichardt (1990), o conhecimento desta variável é imprescindível para a elaboração de um projeto de irrigação com objetivo de obter maior rendimento das culturas.

Segundo Fagundes *et al.*, (2012) vários métodos de campo têm sido utilizados para determinar a VI de um solo, dentre eles pode-se destacar o método do infiltrômetro de anel, por ser simples e de fácil execução. É um método de baixo custo e prático, porém deve-se ter o cuidado de sincronizar a leitura de lâmina e o intervalo de tempo (fonte de erro).

O processo de infiltração da água no solo pode ser descrito por diversas equações ou modelos, desenvolvidos a partir de informações físicas e empírica (ALVES SOBRINHO *et al.*, 2003)

### 2.2. Fatores que afetam a infiltração

Segundo Carvalho & Silva (2006) a infiltração é um processo que depende, em maior ou menor grau, de diversos fatores, dentre os quais destacam-se:

Condição da superfície: a natureza da superfície considerada é fator determinante no processo de infiltração. Áreas urbanizadas apresentam menores velocidades de infiltração que áreas agrícolas, principalmente quando estas têm cobertura vegetal.

Tipo de solo: a textura e a estrutura são propriedades que influenciam expressivamente a infiltração.

Condição do solo: em geral, o preparo do solo tende a aumentar a capacidade de infiltração. No entanto, se as condições de preparo e de manejo do solo forem inadequadas, a sua capacidade de infiltração poderá tornar-se inferior à de um solo sem preparo, principalmente se a cobertura vegetal presente sobre o solo for removida.

Umidade inicial do solo: para um mesmo solo, a capacidade de infiltração será tanto maior quanto mais seco estiver o solo inicialmente.

Carga hidráulica: quanto maior for a carga hidráulica, isto é a espessura da lâmina de água sobre a superfície do solo, maior deverá ser a taxa de infiltração.

Temperatura: a velocidade de infiltração aumenta com a temperatura, devido à diminuição da viscosidade da água.

Presença de fendas, rachaduras e canais biológicos originados por raízes decompostas ou pela fauna do solo: estas formações atuam como caminhos preferenciais por onde a água se movimentam com pouca resistência e, portanto, aumentam a capacidade de infiltração.

Compactação do solo por máquinas e/ou por animais: o tráfego intensivo de máquinas sobre a superfície do solo, produz uma camada compactada que reduz a capacidade de infiltração do solo. Solos em áreas de pastagem também sofrem intensa compactação pelos cascos dos animais.

Compactação do solo pela ação da chuva: as gotas da chuva, ou irrigação, ao atingirem a superfície do solo podem promover uma compactação desta, reduzindo a capacidade de infiltração. A intensidade dessa ação varia com a quantidade de cobertura vegetal, com a energia cinética da precipitação e com a estabilidade dos agregados do solo.

Cobertura vegetal: o sistema radicular das plantas cria caminhos preferenciais para o movimento da água no solo o que, conseqüentemente, aumenta a taxa de infiltração. A presença de cobertura vegetal reduz ainda o impacto das gotas de chuva e promove o estabelecimento de uma camada de matéria orgânica em decomposição que favorece a atividade microbiana, de insetos e de animais o que contribui para formar caminhos preferenciais para o movimento da água no solo. A cobertura vegetal também age no sentido de reduzir a velocidade do escoamento superficial e, portanto, contribui para aumentar o volume de água infiltrada.

Os resultados obtidos são ainda grandemente dependentes do método utilizado para sua determinação, apresentando todos eles problemas se utilizados para múltiplos fins (PRUSKI et al., 1997).

Sendo assim, o conhecimento dessas condições é de fundamental importância para a interpretação dos resultados.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no IFCE *Campus Crato*, no período de janeiro a março de 2017, utilizando o método do Infiltrômetro de anel. Neste trabalho foram consideradas duas áreas de estudo, cada uma de 150m x 50 m (7500 m<sup>2</sup>). Os solos estudados possuem texturas franco-arenosas na área vegetada com palma forrageira cv. miúda (*Nopalea cochenillifera* -Salm Dyck) e franco-areno-argilosa na área cultivada com pastagem (*Brachiaria decumbens* cv. *Basilisk*), cultivos contínuos, irrigados e adubados. Na área com pastagem, ocorre pastoreio de animais bovinos. Foram coletadas três amostras (3 determinações da VIB), de cada três pontos estabelecidos dentro de cada área acima avaliada (3 repetições).

Utilizou-se o infiltrômetro de anel para determinação da infiltração e velocidade de infiltração. O Infiltrômetro de anel é um equipamento composto por dois anéis (50 e 25 cm de diâmetro e 30 cm de altura), que foram instalados de forma concêntrica e enterrados 15 cm (Figuras 1 e 2). Após limpeza superficial do solo, cravaram-se no solo os cilindros externo e interno, ajustou-se um filme plástico para evitar a infiltração da água no solo antes da realização da leitura inicial. As medidas de infiltração foram feitas no anel interno, pois o anel externo tem a finalidade de bordadura, impedindo que a infiltração se processasse no sentido lateral do solo. Depois de instalados os anéis, colocou-se uma régua graduada na parede do anel interno e acrescentou-se água até uma altura de 10 cm, deixando assim pelo menos 5 cm da borda sem água. Após algum tempo de infiltração, repôs-se a água permitindo uma variação máxima de 2 cm na régua e marcando o tempo e o abaixamento do nível da água.

A partir da leitura inicial da altura de água, com régua graduada, o filme plástico foi retirado e iniciou-se a contagem de tempo para a infiltração da água no solo, com reposição da água sempre que o nível de água nos anéis chegar 5 cm de altura da borda. O teste foi finalizado quando o gasto de água em função do tempo estabilizou, momento em que o solo atingiu a velocidade de infiltração básica. Considerou-se infiltração constante quando o valor da leitura se repetiu pelo menos três vezes no mesmo intervalo de tempo.

Na Tabela 1 se encontra uma Planilha modelo de um teste com o infiltrômetro de anel para tabulação dos dados.

Figura 1. Esquema de instalação do cilindro infiltrômetro ou infiltrômetro de anel.

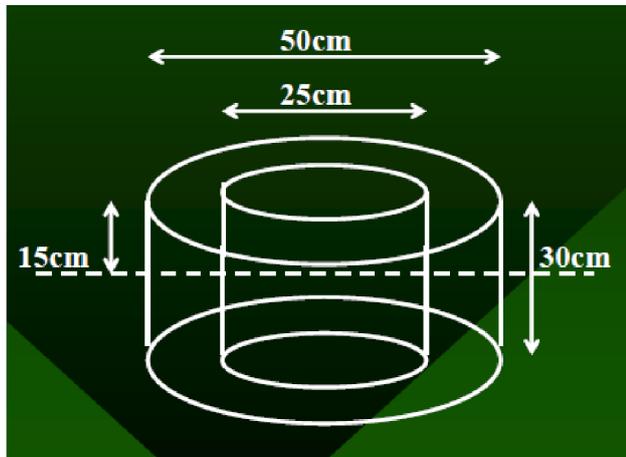


Figura 2. Cilindro infiltrômetro ou infiltrômetro de anel instalado no campo



Tabela 1. Planilha para Determinação da infiltração acumulada (I) e da velocidade de infiltração (VI) pelo método do infiltrômetro de anel.

TEMPO		RÉGUA		INFILT. ACUMULADA	VELOC. DE INFILTRAÇÃO	
Hora	Acumulad	Leitur	Varição:	I	Vim	Via
	T (min.)	(mm)	Δ (mm)	(mm)	(mm/h)	(mm/h)

Anotaram-se os dados em planilha eletrônica de Excel, onde foram obtidas as curvas de infiltração acumulada (I) e Velocidade de infiltração (VI), plotando-se os dados de I e VI versus o tempo acumulado, conforme citado por Bernardo, Soares & Mantovani (2008).

No cilindro externo também se teve o cuidado de manter uma carga hidráulica semelhante à do cilindro interno. A velocidade de infiltração é dada pela variação entre duas leituras consecutivas, de acordo com o intervalo de tempo entre as mesmas.

Optou-se em utilizar o modelo de Kostiakov ou potencial, para determinação da infiltração (I) em função do tempo (T) e a velocidade de infiltração básica (VIB).

A infiltração acumulada foi ajustada pela equação potencial (equação 01).

$$I = a T^n \quad (01)$$

Em que:

I - infiltração acumulada, em mm;

a - constante dependente do solo;

T - tempo de infiltração, em minutos;

n - constante dependente do solo, variando de 0 a 1.

A velocidade de infiltração foi determinada também por equação potencial (equação 02).

$$VI = 60 a.n.T^{n-1} \quad (02)$$

Em que:

VI - velocidade de infiltração, em mm h<sup>-1</sup>;

a - constante dependente do solo;

T - tempo de infiltração, em minutos;

n - constante dependente do solo, variando de 0 a 1.

A estimativa da velocidade de infiltração básica (VIB) foi obtida a partir da equação 03, proposta por Reichardt & Timm (2004).

$$VIB = 60 . a . n . \left[ \frac{-0,1}{60 . a . n . (n-1)} \right]^{\frac{(n-1)}{(n-2)}} \quad (03)$$

Em que:

VIB - velocidade de infiltração básica em mm h<sup>-1</sup>;

a - constante dependente do solo;

n - constante dependente do solo, variando de 0 a 1.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A infiltração acumulada demonstra relação inversa entre a velocidade de infiltração e a infiltração acumulada, assim, a velocidade de infiltração tende a diminuir e se estabilizar com o tempo enquanto o valor da infiltração acumulada aumenta, pois trata-se da lâmina acumulada.

##### 4.1. Infiltração acumulada

As equações de infiltração acumulada (I), ajustadas pela equação 01, foram  $I = 15,234,0T-0,674$  e  $I = 5,4477T^{-0,4474}$  nos solos cultivados com palma (Figura 3) e Pastagem (Figura 4), respectivamente. Ao final dos testes as lâminas infiltradas foram 528 mm e 85 mm, no solo cultivado com palma e no solo cultivado com pastagem, respectivamente.

Figura 3. Infiltração acumulada de água em função do tempo no cultivo de palma forrageira.

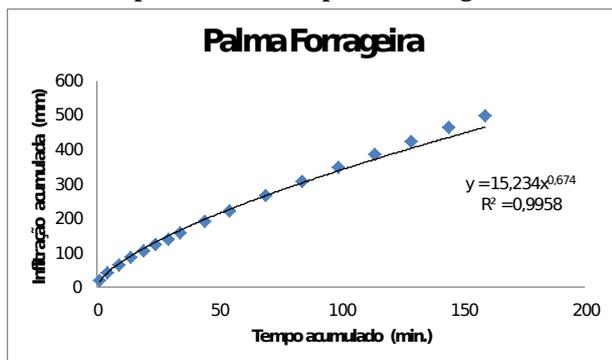
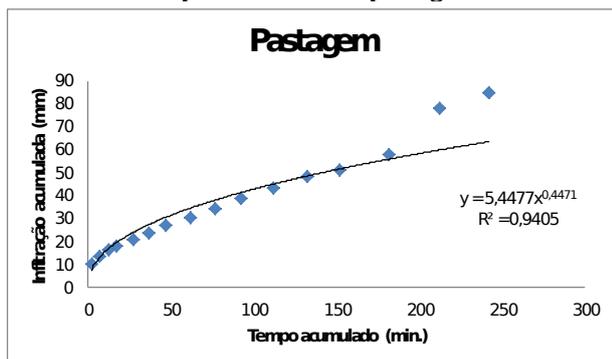


Figura 4. Infiltração acumulada de água em função do tempo no cultivo de pastagem.



##### 4.2. Velocidade de infiltração

A velocidade de infiltração inicial observada no cultivo de Palma foi  $1050 \text{ mm h}^{-1}$  (Figura 5). Enquanto que na área de pastagem foi  $300 \text{ mm h}^{-1}$  (Figura 6). As sucessivas velocidades de infiltração básica, estimadas a partir da

equação 03 proposta por Reichardt & Timm (2004), foram  $95 \text{ mm h}^{-1}$  e  $13,5 \text{ mm h}^{-1}$ .

Conforme Bernardo, Soares & Mantovani (2008) o solo pode ser classificado em: a) VIB muito alta quando  $VIB > 30 \text{ mm h}^{-1}$ ; b) VIB alta quando  $15 \text{ mm h}^{-1} < VIB < 30 \text{ mm h}^{-1}$ ; c) VIB média quando  $5 \text{ mm h}^{-1} < VIB < 15 \text{ mm h}^{-1}$  e d) VIB baixa quando  $VIB < 5 \text{ mm h}^{-1}$ .

Portanto, o valor da VIB do solo com sistema de cultivo de palma forrageira ( $95 \text{ mm h}^{-1}$ ) apresentou-se muito alta (Figuras 5), e no solo cultivado com pastagem, VIB de  $13,5 \text{ mm h}^{-1}$  é considerada média (Figura 6).

Figura 5. Velocidade de infiltração de água em função do tempo no cultivo de palma forrageira.

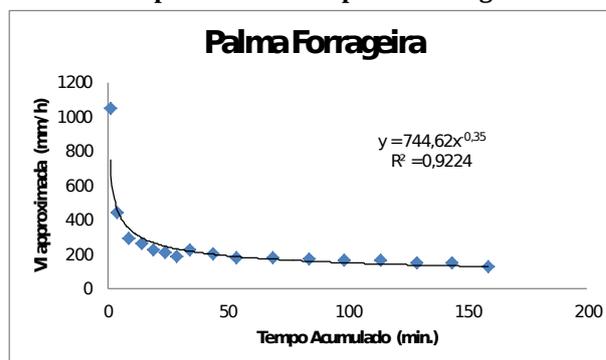
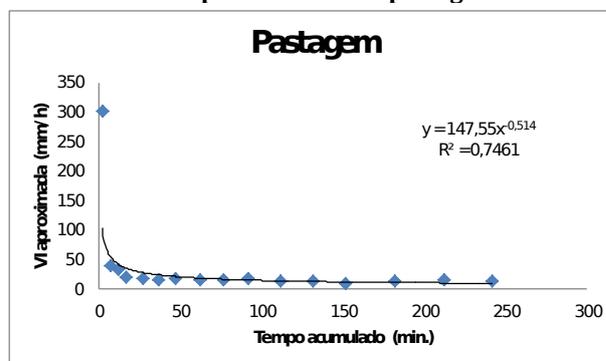


Figura 6. Velocidade de infiltração de água em função do tempo no cultivo de pastagem.



Os valores de VIB podem variar conforme a textura do solo: 25 a  $250 \text{ mm h}^{-1}$  (arenosa); 13 a  $76 \text{ mm h}^{-1}$  (franco-arenosa); 5 a  $20 \text{ mm/h}$  (franco-arenosa-argilosa) e 2,5 a  $5 \text{ mm h}^{-1}$  (franco-argilosa) (BERNARDO, SOARES & MANTOVANI, 2008).

Provavelmente a presença da cobertura vegetal fez com que houvesse uma maior facilidade de infiltração da água no solo, nos caminhos preferenciais formados pelas raízes, possibilitando uma maior velocidade de infiltração. A diferença de estrutura física pode ocorrer além da presença de raízes, também pela presença de matéria orgânica, que serve como estabilizador dos agregados, formando assim agregados maiores e mais estáveis.

## INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NOS SOLOS CULTIVADOS COM PALMA FORRAGEIRA E PASTAGEM NO IFCE CAMPUS CRATO

---

O solo do sistema de pastagem apresentou velocidade de infiltração menor, provavelmente pela compactação do pastoreio de animais.

### 5. CONCLUSÕES

As VIBs dos solos cultivados com palma forrageira e pastagem foram 95 mm h<sup>-1</sup> e 13,5 mm h<sup>-1</sup>, respectivamente.

O solo do sistema de pastagem apresentou velocidade de infiltração menor, provavelmente pela compactação do pastoreio de animais, bem como pela textura mais argilosa.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; CARVALHO, D. F. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.191-196, 2003.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Atual. e Ampl. Viçosa: UFV, 2008. 625 p.

BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D.; RUIZ, H. A.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MARTINEZ, M. A.; MENEZES, S. J. M. C. Resistência hidráulica da crosta formada em solos submetidos a chuvas simuladas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p. 13-22, 2006.

BERTOL, I.; BEUTLER, J. F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um cambissolo húmico afeta-

das pelo tipo de manejo solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.555-560, 2001.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Hidrologia: Infiltração**. Rio de Janeiro. UFRRJ, 2006. 21p.

FAGUNDES, E. A. A.; KOETZ, M.; RUDEL, N.; SANTOS, T. S.; PORTO, R. Determinação da infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel em solo de cerrado no município de Rondonópolis-MT. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.14; p. 369-378, 2012.

FRIZZONE, J. **A Irrigação Por Superfície**. Série Didática n° 16. Piracicaba: ESALQ- DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL, 2005. 160 p.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação – Princípios e métodos**. 3ª. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, UFV, 2009. 355p.

PRUSKI, F. F.; VENDRAME, V.; OLIVEIRA, E. F.; BALBINO, L.C.; FERREIRA, P.A.; WERLANG, L.; CARVALHO, L.T. Infiltração de água no Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.1, p. 77-84, 1997.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, Planta e atmosfera. Conceitos, Processos e Aplicações**. Barueri: Manole, 2004, 478p.

REICHARDT, K. **A Água em Sistema Agrícolas**. Universidade de São Paulo-USP – Piracicaba- São Paulo. 1990. 186 p.