



**UNILAB**

**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-  
BRASILEIRA**

**INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM GESTÃO DE RECURSOS  
HÍDRICOS, AMBIENTAIS E ENERGÉTICOS**

**ESIANA DE ALMEIDA RODRIGUES**

**INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO-  
LAVOURA- PECUÁRIA - FLORESTA NAS CONDIÇÕES DO  
SEMIÁRIDO**

**REDENÇÃO- CE**

**2018**

ESIANA DE ALMEIDA RODRIGUES

INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO-  
LAVOURA- PECUÁRIA - FLORESTA NAS CONDIÇÕES DO  
SEMIÁRIDO

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Cunha Costa

REDENÇÃO-CE

2018

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Sistema de Bibliotecas da UNILAB  
Catalogação de Publicação na Fonte.

---

Rodrigues, Esiana de Almeida.

R611i

Infiltração da água no solo em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta nas condições do semiárido / Esiana de Almeida Rodrigues. - Redenção, 2018.

29f: il.

Monografia - Curso de Especialização em Gestão De Recursos Hídricos, Ambientais E Energéticos, Instituto De Engenharias E Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Cunha Costa.

1. Solos - Conservação. 2. Análise físico-hídrica. 3. Infiltração básica. I. Título

CE/UF/BSCL

CDD 631.4

---

UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA  
AFRO-BRASILEIRA

ESIANA DE ALMEIDA RODRIGUES

INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO-  
LAVOURA- PECUÁRIA - FLORESTA NAS CONDIÇÕES DO  
SEMIÁRIDO

Monografia julgada e aprovada para obtenção do título de Especialista em da  
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Data: 26 / 07 / 2018

Nota: \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Alexandre Cunha Costa (Orientador)



Prof. Dra. Silvia Helena Lima dos Santos



Prof. Dr. George Leite Mamede

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e oportunidade deste momento;

Ao orientador professor Dr. Alexandre Cunha Costa, que mesmo distante sempre se colocou à disposição para qualquer esclarecimento e orientações;

Ao Dr. Natanael Santiago Pereira, responsável técnico pelo Laboratório de Solos, Água para fins de Irrigação e Tecidos Vegetais – LABSAT, pela sugestão do tema e orientação durante a realização desse trabalho;

Ao Professor Dr. Solerne Caminha Costa, pelo incentivo, apoio e sugestões durante a realização desse trabalho;

À professora Dra. Arilene Franklin Chaves pela amizade, apoio, incentivo e contribuições para realização deste trabalho;

Ao professor Dr. Rodrigo Gregório pela autorização do uso ILPF;

Ao Bolsista Alexandre Kaique, pela ajuda nas coletas das amostras;

À professora Dra. Andréa Fernandes Rodrigues Carvalho pela amizade, apoio e sugestões;

Ao amigo Harlan Carlos Holanda pela contribuição nas coletas das amostras;

Aos alunos do Curso de Agronomia do IFCE campus Limoeiro do Norte, Michelly, Karina e Francisco Claudino Júnior pelo auxílio nas coletas das amostras de solos;

À colega de trabalho Clarice da Silva Barros pelo apoio durante todo o curso de especialização;

Ao colega de trabalho Samuel Carvalho pelas muitas dúvidas esclarecidas em algumas disciplinas;

Aos colegas de curso, mesmo os mais distantes pelo apoio e ajuda durante o curso;

A Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB, pela modalidade de ensino a distância qual possibilita a formação de alunos de localidades distintas;

Agradeço ainda, aos profissionais da UNILAB, pelos esforços empenhados na efetivação concretização do curso.

Ao IFCE- Campus Limoeiro do Norte, pelo uso do Laboratório de Solos para realização dos ensaios e concessão de uso do ILPF;

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ilustração do permeâmetro de carga constante .....	17
Figura 2 Croqui da área experimental, com indicação da disposição dos tratamentos (Foto tirada com Drone Phantom 3) .....	19
Figura 3 Médias de condutividade hidráulica do solo saturado $K(0)$ nos diferentes tratamentos: F6, F14 e F28 ( faixas de cultivo de 6, 14 e 28 metros respectivamente) e MN1 e MN2 ( faixas de mata nativa). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey ( $p < 0,05$ ). .....	21

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Classificação da condutividade hidráulica em meio saturado $K_0$ (em $\text{cm h}^{-1}$ ). Fonte: Freire et al.(2003) .....	20
---	----

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

VIB- Velocidade de infiltração básica;

ILPF- Sistema de integração lavoura-pecuária- floresta;

FC- faixa cultivada;

MN- mata nativa;

UEPE- Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão do IFCE Campus Limoeiro do Norte, CE.

IFCE- Instituto Federal do Ceará

LABSAT- Laboratório de Solos, Água para fins de Irrigação e Tecidos Vegetais;

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>10</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>10</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Importância do solo para os cultivos .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Manejo do solo.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3 Erosão do solo.....</b>	<b>14</b>
<b>2.4 Infiltração de água no solo.....</b>	<b>15</b>
<b>2.5 Sistema de Integração lavoura – pecuária-floresta –ILPF .....</b>	<b>17</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>18</b>
<b>4 RESULTADO E DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>23</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>25</b>

# INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO-LAVOURA- PECUÁRIA - FLORESTA NAS CONDIÇÕES DO SEMIÁRIDO

Esiana de Almeida Rodrigues<sup>1</sup>  
Alexandre Cunha Costa<sup>2</sup>

## RESUMO

O objetivo com esse trabalho foi avaliar parâmetros físico-hídricos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e no ambiente natural, em condições de semiárido. Este trabalho foi desenvolvido em variações de um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta instalado e manejado na região semiárida sob condições de sequeiro há aproximadamente um ano e meio. As variações do sistema são correspondentes a três larguras de faixa de cultivo (cultura implantada: capim-buffel): 6, 14 e 28 m, intercaladas por faixas de vegetação nativa (Caatinga hiperxerófila) com largura aproximada de 7 m. Foi avaliada a velocidade de infiltração básica do solo coletando amostras nas faixas de cultivo (6, 14 e 28 m) e nas duas faixas de vegetação nativa (entre as faixas de 14 e 6 m; e entre as faixas de 28 e 6 m) na profundidade de 0-20 cm. Os resultados foram submetidos a análise de variância no delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo as médias comparadas pelo teste de tukey, a 5% de probabilidade. Os dados foram calculados utilizando planilha de cálculo e o programa computacional Sistema para Análise de Variância – SISVAR, versão 5.3. Os dados indicam que a faixa de vegetação nativa apresentou um maior valor de condutividade hidráulica, quando comparado com as faixas de plantio convencional, 27,92 cm h<sup>-1</sup> e 12,81 cm h<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Palavras-chave:** conservação do solo, análise físico-hídrica, infiltração básica

## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate soil physical-water parameters in crop-livestock-forest integration systems (ILPF) and in the natural environment, under semi-arid conditions. This work was developed in variations of a crop-livestock-forest integration system installed and managed in the semi-arid region under dry conditions for approximately a year and a half. The variations of the system correspond to three cultivation widths (implanted culture: buffel grass): 6, 14 and 28 m, interspersed by bands of native vegetation (hyperoxerophophic caatinga) with a width of approximately 7 m. The soil infiltration velocity was evaluated by collecting samples in the cultivation ranges (6, 14 and 28 m) and in the two bands of native vegetation (between the 14 and 6 m bands and between the 28 and 6 m bands) in the depth of 0-20 cm. The results were submitted to analysis of variance in the completely randomized design (DIC), and the means were compared by the tukey test, at 5% probability. The data were calculated using the spreadsheet and the computer program System for Analysis of Variance - SISVAR, version 5.3. The data indicate that the native vegetation range presented a higher value of hydraulic conductivity, when compared to conventional planting, 27.92 cm h<sup>-1</sup> and 12.81 cm h<sup>-1</sup>, respectively.

**Keywords:** soil conservation, physical-water analysis, basic infiltration

---

<sup>1</sup> Estudante do Curso de Especialização em Gestão de Recursos – Hídricos ambientais e energéticos pela Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira e Universidade Aberta do Brasil, polo Limoeiro do Norte.

<sup>2</sup> Titulação: Doutor em Ciências Naturais.

# 1 INTRODUÇÃO

Infiltração de água no solo é o processo pelo qual a água atravessa a superfície do solo, sendo que a camada superficial é a primeira a saturar. A infiltração ocorre das camadas superficiais para as mais profundas. Após infiltrar no solo, a água pode deixar a bacia hidrográfica de forma rápida através do processo de escoamento superficial (uma parcela da água não infiltra e escoar superficialmente, caracterizando o escoamento Hortoniano), ou seja, a precipitação ocorre sobre áreas impermeáveis e/ou precipitação superior à capacidade de infiltração do solo, ou percola em direção ao aquífero, ou faz parte do reservatório do solo tornando-se disponível à absorção pelas plantas. (BRADY e WEIL 2012).

A velocidade de infiltração varia de acordo com o tipo de solo, por sua estrutura, a sua cobertura, o seu uso e decresce de acordo com o tempo e também pode aumentar à medida que a camada superficial do solo inicia processo de secagem e aumenta a capacidade de infiltração. No início ela é alta, mas vai diminuindo gradativamente até valores constantes no momento em que o solo fica saturado. Vários fatores influenciam a velocidade de infiltração da água no solo, a saber: teor de umidade do solo, porosidade do solo e existência de camadas menos permeáveis, ao longo do perfil, entre outros (BRANDÃO, 2006).

Desta forma, o conhecimento do processo de infiltração é importante para o manejo e a conservação do solo e da água, pois determina o balanço de água na zona radicular e, por isso, a compreensão do processo e de suas relações com as propriedades do solo é fundamental para os sistemas de produção agrícola.

O sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) pode ser entendido como Agrossilvipastoril, pois compreende componentes de culturas agrícolas, produção pecuária e componente florestal integrados. A integração entre estas atividades pode ocorrer em rotação, consórcio ou sucessão, o que possibilita a diversificação da produção agrícola no espaço e no tempo (FRANCO, 2017).

O bioma Caatinga é relativamente sensível à ação antrópica, sendo de forma geral susceptível ao processo de desertificação, que é um dos principais fatores relacionados com a redução de áreas agricultáveis em todo o mundo. Nesse aspecto, o sistema tem grande potencial de utilização, por permitir a integração de culturas com a vegetação nativa, contribuindo para a manutenção da qualidade ambiental do sistema, além de ser de simples execução.

Segundo Alvarenga et al. (2010), ocorre intensificação da produção em um ILPF e neste as melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas do solo são perceptíveis influenciando o aumento da infiltração da água no solo. Os autores afirmam que o aumento da infiltração, conseqüentemente aumento da água no solo, é favorecido pela ciclagem e a eficiência de utilização dos nutrientes.

Pelo exposto, o objetivo do trabalho é avaliar parâmetros físico-hídricos do solo em sistemas de ILPF e no ambiente natural, em condições de semiárido, para se avaliar comparativamente a variação da infiltração da água no solo, nestes sistemas considerados conservacionistas. Neste sentido, o trabalho testará a hipótese de que os diferentes arranjos que possam ser feitos quando se integram às atividades agrícola, pecuária e florestal, favorecem o aumento da infiltração da água no solo e conseqüentemente, o armazenamento da zona radicular.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Importância do solo para os cultivos**

O solo é um dos recursos naturais mais importante para a vida do homem e para a sustentabilidade dos sistemas naturais, por possuir múltiplas funções nos ciclos de nutrientes e da água para os vegetais (WADT, 2003). O Solo pode ser compreendido como um meio poroso e heterogêneo (CAUDURO e DORFMAN, 1988), com atributos biológicos, químicos e físicos que se entrelaçam em uma rede porosa compreendendo as fases sólida, líquida e gasosa.

O conceito de solo como corpo natural organizado tem uma importância prática muito grande, pois estabelece relações entre os fatores ambientais e os diferentes tipos de solos, o que permite mapear a sua distribuição geográfica, avaliar o potencial de uso das terras para diversos fins e prever os efeitos da intervenção humana (RAMALHO FILHO e BEEK, 1995).

Diante do exposto, percebe-se que o solo é a principal fonte de água e sais minerais para a maioria das plantas, sendo ainda o substrato para o crescimento de seus extensos sistemas de raízes, garantindo-lhes a fixação. Ele é um complexo conjunto físico-químico, composto de partículas minerais que se originaram da decomposição de rochas. A essas partículas estão associados microorganismos, vivos e mortos, havendo ainda uma ampla rede de canalículos e câmaras, ocupados por água e ar (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

Nesse contexto, os atributos físicos do solo, compreendem o meio de sustentação, condução e desenvolvimento das culturas, e que podem ser modificados naturalmente ou pela ação antrópica, com o tempo e com o sistema de manejo. Desta forma um solo para ser considerado fisicamente ideal para o bom crescimento e desenvolvimento das plantas deve apresentar algumas características, a saber: boa retenção de água, bom arejamento, bom suprimento de calor e pouca resistência ao crescimento radicular, adequada permeabilidade e estrutura, ou seja, possuir agregados estáveis possibilitando uma boa formação de rede porosa, originando boa infiltração de água no solo (REINERT e REICHERT, 2006).

### **2.2 Manejo do solo**

O processo de degradação dos solos gera um enorme prejuízo socioeconômico para as gerações atuais e um enorme risco para as gerações futuras. A falta de manejo do solo é a principal causa de degradação, tendo como

consequência a diminuição da matéria orgânica e alterações nos atributos físico, químico e biológico dos solos (JAKELAITIS et al., 2008).

A degradação do solo consiste em tudo aquilo que está relacionado à sua destruição. Ao degradar-se, o solo perde sua capacidade de produção, esta destruição pode ser ocasionada por fatores químicos (perda de nutrientes, acidificação, salinização), físicos (perda de estrutura, diminuição da permeabilidade) ou biológicos (diminuição da matéria orgânica) ( MARTINS e FERNANDES,2017).

A mecanização da agricultura, apesar dos grandes benefícios para a produção agrícola, foi realizada de forma não adequada em algumas áreas, degradando-o pela ação da desagregação das partículas do solo, erosão e a compactação resultante do tráfego de tratores e da ação das máquinas e implementos agrícolas (MORAES et al.,1995).

O excesso de aração e gradagem, desestruturam as partículas do solo que são arrastadas pelas águas das chuvas, ocorrendo assim o processo de compactação logo abaixo da camada arável, diminuindo a capacidade e a velocidade de infiltração (GOLLA, 2006).

A capacidade de infiltração tende a aumentar, em solos que são preparados mecanicamente, por ocorrer a quebra da estrutura da camada superficial. No entanto se as condições de preparo e manejo forem inadequadas, sua capacidade de infiltração poderá torna-se inferior à de um solo sem preparo, principalmente se a cobertura vegetal presente sobre o solo for removida (BRANDÃO et al., 2006)

### **2.3 Erosão do solo**

Entende-se por erosão do solo a desagregação das partículas primárias do solo (areia, silte e argila), o transporte e a deposição em áreas mais baixas do relevo, acarretando comprometimento na estrutura original do solo que foi removido, bem como significativa redução de sua fertilidade, química, física e biológica (CARVALHO et al., 2007).

A ocorrência da erosão do solo está intimamente ligada à atividade agrícola mal manejada. Desta forma, a atividade agrícola apresenta vários riscos para o meio ambiente. A exemplo, tem-se nos últimos anos, o desenvolvimento agrícola no Brasil, caracterizado pelo uso intensivo dos recursos naturais, sem o manejo adequado, o que acarreta grandes perdas de solo por erosão (SANTOS, 2011).

A erosão pode ser evitada preservando a vegetação de cobertura, pois diminuem o impacto das gotas das chuvas sobre o solo e ocorre também um

incremento de matéria orgânica, melhorando as propriedades física do solo (MARTINS et al., 2013; CÂNDIDO et al.,2014)

O processo erosivo é evitado com o manejo que priorize o incremento da matéria orgânica do solo, pois, forma agregados estáveis, o que favorece a porosidade total do solo, aumentando desta forma a infiltração da água, o que evita a enxurrada.

Como o solo é considerado um sistema, entende-se que o aumento da infiltração está interligado com o movimento da água no solo. Ressalta-se que o movimento da água no solo é extremamente importante pois controla a dinâmica dos elementos químicos que intervêm nos processos de formação e evolução dos solos, na disponibilidade de nutrientes para as plantas e na satisfação da demanda hídrica. Esse movimento depende dos atributos físico e químico do solo, como: textura, estrutura e teor de matéria orgânica (MACIEL NETO, 2000).

#### **2.4 Infiltração de água no solo**

Infiltração é um processo físico, que é caracterizado pela entrada de água no solo pela sua superfície. A mesma ocorre quando o solo recebe água por chuva ou através de irrigação. A taxa de infiltração de água no solo influencia o escoamento superficial. A taxa de infiltração decresce com o tempo em função do umedecimento do solo, tornando-se constante no momento em que o solo fica saturado, denominando taxa de infiltração básica.

O processo de infiltração de água no solo ocorre em três processos interdependentes: entrada de água no topo do solo, armazenamento dentro do solo e transmissão de água através do solo (REICHARDT, 1990).

Em solos que apresentam a camada superficial compactada, as taxas de infiltração são menores, pois apresenta maior dificuldade de a água penetrar na superfície. Isso ocorre por que em solos compactados há um aumento da densidade e redução da porosidade total, principalmente dos macroporos, alteração da distribuição do tamanho dos agregados e diminuição na capacidade de adsorção de água pelos solos. (MAIA et al.,2005; REIHERT et al.,2009).

Para Bertol et al.(2000), a taxa de infiltração de água é considerada um bom indicativo da qualidade física do solo, sendo uma característica que melhor reflete a qualidade estrutural do solo. Em solos compactados, as raízes das plantas se desenvolvem superficialmente, reduzindo a infiltração de água e aumentando o risco de erosão (MORAIS et al.,1995).

Para Brandão et al.(2006), o processo de infiltração é de fundamental importância para o manejo e a conservação do solo e da água, por ser determinante da ocorrência do escoamento superficial, responsável por processos indesejáveis, como a erosão e as inundações. A taxa de infiltração depende de alguns fatores como: conteúdo de água no solo, permeabilidade, temperatura do solo e da profundidade da camada impermeável, grau de compactação e cobertura vegetal (AVILA. B. C. et al., 2014).

Para Brandão et al.(2006), a escolha do método para a avaliação de infiltração de água no solo deve ser um método simples e capaz de representar, as condições em que se encontra o solo. Por isso, é necessário adotar métodos cuja determinação se baseia em condições semelhantes aquelas que se quer representar. Além disso, o solo apresenta alta variabilidade espacial, o que se reflete nos valores de infiltração.

Existem vários métodos para a determinação da condutividade hidráulica saturada. Entre eles destacam-se o método do infiltrômetro de anéis, o simulador de chuva ou infiltrômetro de aspersão e o permeâmetro de carga constante (ESPRÍTO SANTO, 2011). Para essa pesquisa o método escolhido para calcular os valores de condutividade hidráulica foi o método do permeâmetro de carga constante, por ser um método de fácil execução e rapidez na obtenção dos resultados.

Em permeâmetro de carga constante (Figura 1), a pressão do fluido percolante na entrada e na saída do corpo de prova mantém-se constante. Assim, o gradiente hidráulico permanece constante e medindo a vazão, pode-se calcular a condutividade hidráulica por meio da equação de Darcy (DOURADO, 2003). Este procedimento é um método direto, realizado em laboratório, cujo princípio consiste em ter um bloco de solo com estrutura não-deformada (amostras preservadas), sobre o qual se mantém uma lâmina constante de água, coletando-se, na parte inferior do bloco de solo, o volume de água drenada em intervalos de tempos conhecidos (JOAQUIM, et al., 2008).

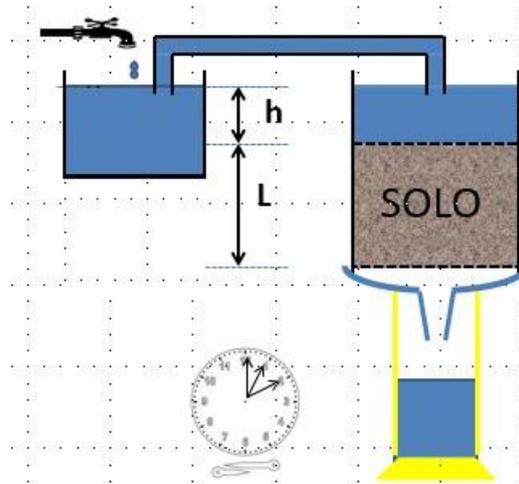


Figura 1 Ilustração do permeâmetro de carga constante

Fonte: Felipe Corrêa V. dos Santos, Universidade Católica de Goiás, 2015 (Nota de aula)

## 2.5 Sistema de Integração lavoura – pecuária-floresta –ILPF

Com a finalidade de manter a qualidade física, química e biológica do solo e suas implicações no rendimento das culturas, práticas conservacionistas têm recebido ênfase nos últimos anos (ARGENTON et al., 2005).

Atualmente vem-se buscando sistemas alternativos de produção, que seja fundamentado na sustentabilidade, de modo que os sistemas produtivos se tornem ambientalmente mais adequados, socialmente justos e economicamente viáveis (MOREIRA,2014).

Com o objetivo de preservar a camada superficial do solo do impacto direto das gotas da chuva, muitos trabalhos vêm ressaltando a importância de práticas conservacionistas do solo como a manutenção de cobertura vegetal, que também favorece o aumento da macroporosidade na camada superficial (BRANDÃO, 2003).

Estudos mostram que a produção em sistemas de ILPF traz melhorias tanto para o produtor rural quanto para o meio ambiente, pois melhora as condições físicas, químicas e biológicas do solo; aumenta a ciclagem e a eficiência na utilização dos nutrientes; reduz custos de produção da atividade agrícola e pecuária; diversifica e estabiliza a renda na propriedade rural; viabiliza a recuperação de áreas com pastagens degradadas, promovendo maior biodiversidade (ALVARENGA et al.,2010).

Apesar do ILPF mostrar-se promissor, sabe-se pouco sobre os efeitos das relações dentro desse sistema sobre parâmetros relacionados com a qualidade do solo e destes sobre a produtividade do próprio sistema, particularmente nas condições do ambiente semiárido. Acrescenta-se a isto que variantes do próprio sistema (como

diferentes larguras de faixa, composição da faixa de floresta, sistema de culturas, etc.) podem influenciar diferentes parâmetros do solo e com diferentes intensidades, com consequente impacto no resultado do sistema.

Pode-se observar que mesmo quando não se obtém resultados diferentes no sentido elevação da qualidade do solo em sistemas integrados, quando estes (faixas de cultivo) apresentam os mesmos valores que a mata nativa, já pode-se considerar um avanço, tendo em vista o revolvimento inerente a própria atividade agrícola.

### **3 METODOLOGIA**

Este trabalho foi desenvolvido em um ILPF sob condições de sequeiro, instalado a um ano e meio na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE) do Instituto Federal do Ceará, IFCE, na Chapada do Apodi, no município de Limoeiro do Norte, CE (5°10'56.82" S e 38°0'46.33" O), altitude de 146 m.

O solo da área onde se realizou o presente trabalho foi classificado e descrito por Alencar (2002), de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (1999), como Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico por mediante a descrição de perfil situado aproximadamente a 500m da área de implantação do experimento. Esse solo é derivado de calcário arenítico e arenito calcífero da formação Jandaíra, do Grupo Apodi, referidos ao período do Cretáceo Superior (Brasil, 1973).

O clima na região caracteriza-se por ser quente e semi-árido, com temperatura superior a 18°C no mês mais frio, classificado como BSw.h segundo Köppen, caracterizada por uma estação chuvosa, nos meses de janeiro a maio, sendo janeiro e abril os mais chuvosos, e outra, seca, de julho a dezembro.

O ILPF onde este trabalho foi conduzido consiste de faixas de cultivos de diferentes larguras intercaladas com faixas de vegetação nativa (aproximadamente 7 m de largura) e faz parte de um projeto de longo prazo de avaliação do potencial de exploração desse tipo de sistema para produção agrossilvipastoril na região semiárida. Na referida área existem três diferentes larguras de faixas de cultivo: 6, 14 e 28 m, correspondentes respectivamente a 45%, 26% e 15% de cobertura vegetal nativa (Figura 2). A escolha da largura das faixas baseia-se no aspecto do bem estar animal, quanto ao sombreamento e também quanto a densidade de plantio, ou seja,

o quanto de mata pode ser deixado que não comprometa a produtividade da cultura agrícola.

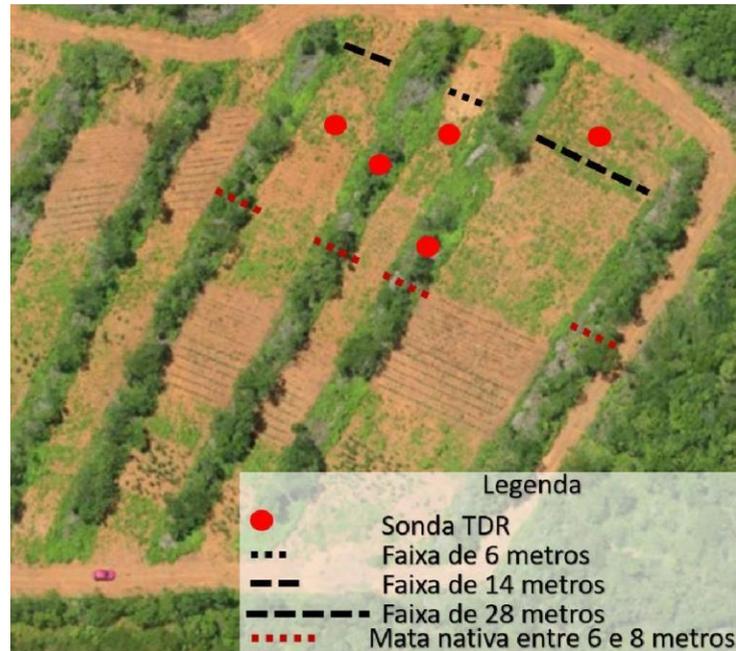


Figura 2 Croqui da área experimental, com indicação da disposição dos tratamentos (Foto tirada com Drone Phantom 3)

O presente trabalho foi conduzido no cultivo do capim-buffel, coletando-se amostras de solo nas três diferentes larguras de faixa cultivada – FC (6, 14 e 28 m), bem como de duas faixas de mata nativa, que se encontra entre as faixas de 6 e 14 m (MN1) e entre 6 m e 28 m (MN2).

As amostras para o teste de infiltração foram coletadas semanalmente, com amostrador do tipo Uhland, na profundidade de 0-20CM, nas três faixas de plantio e em duas faixas de mata nativa, totalizando três amostras e cinco repetições.

Na coleta, removeu-se o excesso de solo no cilindro usando espátula ou faca, de modo que o volume do solo seja igual ao volume do cilindro. Foi protegido uma das faces do anel volumétrico, com a amostra, com tecido e liga de borracha. Após este procedimento as amostras coletadas foram acondicionadas em latinhas de alumínio para posterior transporte ao laboratório de Análises de Solos, Água para fins de Irrigação e Tecidos Vegetais LABSAT, onde foram realizados os testes de infiltração pelo método do permeâmetro de carga constante.

Em laboratório, as amostras foram preparadas conforme descrição abaixo:

Primeiramente, as amostras foram saturadas por um período de 24 horas em um bandeja plástica contendo uma lâmina de água de aproximadamente 3 cm de

modo que a saturação ocorresse de baixo para cima. Passado o tempo estabelecido para a saturação, as amostras eram acopladas em um outro cilindro de igual diâmetro e espessura, e fixado, com fita adesiva impermeável, na parte superior do cilindro com uma amostra. Feito este procedimento, foi colocado o conjunto sobre o suporte para funil de vidro. Depois de estabilizado o nível da água, anotou-se o tempo e mediu-se o volume de água percolada a intervalos de 5 minutos, num período de duas horas consecutivas ou até a constância do volume percolado.

Para o cálculo da condutividade hidráulica do solo saturado ( $K_o$ ) foi utilizada a Equação de Darcy (Equação 1), como descrito por DUARTE et al. (2015):

$$K_o = \frac{Q.L}{A(L+h)} \quad (1)$$

Em que:

Q é a vazão, em  $\text{cm}^3 \text{h}^{-1}$

L é a altura do cilindro com o solo, em cm

h é a altura da carga de água, em cm,

A é área da superfície do solo pela qual a água percola, em  $\text{cm}^2$

Os resultados foram submetidos a análise de variância no delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo as médias comparadas pelo teste de tukey, a 5% de probabilidade. Os dados foram calculados utilizando planilha de cálculo e o programa computacional Sistema para Análise de Variância – SISVAR, versão 5.3 (Ferreira, 2010).

A média da condutividade hidráulica saturada obtida nesse trabalho foram classificada de acordo com (FREIRE et al.; 2003), conforme tabela abaixo:

Tabela 1 Classificação da condutividade hidráulica em meio saturado  $K_0$  (em  $\text{cm h}^{-1}$ ).  
Fonte: Freire et al.(2003)

<b>Classificação</b>	<b>Intervalo</b>
Muito rápido	> 25 $\text{cm h}^{-1}$
Rápida	12,5 - 25 $\text{cm h}^{-1}$
Moderadamente rápida	6,25 – 12,5 $\text{cm h}^{-1}$
Moderada	2 – 6,5 $\text{cm h}^{-1}$
Moderadamente lenta	0,5 – 2 $\text{cm h}^{-1}$
Lenta	0,125 – 0,5 $\text{cm h}^{-1}$
Muito Lenta	< 0,125

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificam-se na Figura 3 os dados das médias de condutividade hidráulica do solo saturado  $K(0)$ , (dados do autor), nos diferentes tratamentos (faixas de cultivo e mata nativa).

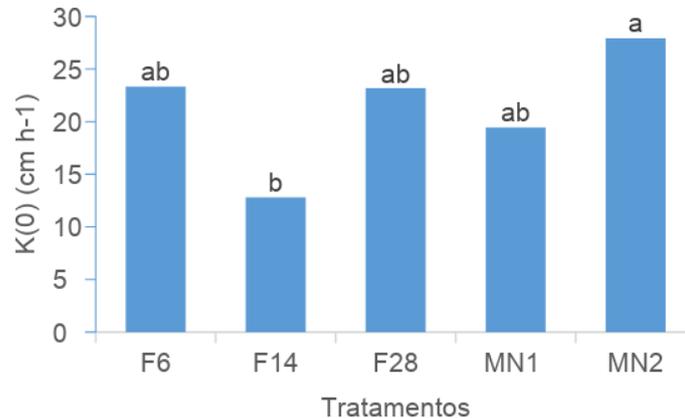


Figura 3 Médias de condutividade hidráulica do solo saturado  $K(0)$  nos diferentes tratamentos: F6, F14 e F28 ( faixas de cultivo de 6, 14 e 28 metros respectivamente) e MN1 e MN2 ( faixas de mata nativa). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey ( $p < 0,05$ ).

A variabilidade espacial do solo pode ter contribuído para a não verificação de diferenças significativas entre os demais tratamentos. A variabilidade na condutividade hidráulica não tem relação com as faixas de cultivos e mata nativa, e sim a variabilidade espacial destes solos, reportada em alguns trabalhos (LEMOS, et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2009; COSTA et.al., 2011).

Segundo Oliveira et al. (2009), apesar da chapada do Apodi ser recoberta por Cambissolos, estes apresentam características físicas, químicas e mineralógicas bem distintas. Ressalte-se que estas distinções, implicam em manejos diferentes.

Souza et al. (2006), em estudos sobre a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, ressaltam que alterações de micro relevo, podem alterar a dinâmica hídrica nos solos de uma área condicionando a uma distribuição diferenciadas de seus atributos.

Nesse contexto, a área a qual foi coletada as amostras foi submetida aos mesmos fatores de formação do solo (rocha matriz, clima, relevo, tempo e organismos), porém as variações observadas *in situ* (cor do solo, cobertura, textura, estrutura), são provenientes, provavelmente, pelo micro relevo da região o que

interfere nos fluxos diferenciais de água (horizontais, verticais, superficiais e subsuperficiais)

De acordo com os resultados obtidos, em uma das faixas de mata nativa (MN2) ocorreu um maior valor de condutividade hidráulica em comparação com a faixa de cultivo (FC14), de 27,92 cm h<sup>-1</sup> e 12,81 cm h<sup>-1</sup>, respectivamente. Este fato pode estar associado a presença de raízes das árvores na área. Viana et al. (2015), estudando velocidade de infiltração de água do solo, em solos sob diferentes manejos, afirmam que altas taxas de infiltração de água no solo na área de Mata Nativa estão relacionadas com os caminhos preferenciais formados pelas raízes, bem como pela ação dos microrganismos no solo que melhoram sua estrutura e, conseqüentemente, sua infiltração.

Bertoni e Lombardi Neto (1990), em estudos sobre conservação do solo afirmam que a cobertura vegetal é um elemento fundamental para drenagem da água ao subsolo, visto que suas raízes abrem espaço que se tornam caminho para que a água possa ser infiltrada. Apesar de não tão bem elucidada, a informação do referido autor, a cobertura vegetal pode ser de serapilheira (mata nativa) ou o extrato herbáceo (capim buffel).

Estudando o impacto do pastejo na condutividade hidráulica em Latossolos, Oliveira (2005), afirma que a cobertura vegetal é responsável pelo o aumento da macroporosidade da camada superficial e pela proteção dos agregados ao impacto direto das gotas de chuva e com isso sendo capaz de manter altas taxas de infiltração e diminuir consideravelmente as perdas de água e de solo.

Trabalhando em condições de cerrado virgem, Silva e Kato (1997), observaram que a condutividade hidráulica saturada foi cerca de vinte vezes maior do que a encontrada na área de plantio direto e três vezes maior na área com plantio convencional. Indicando que pequenas alterações na macroporosidade do solo podem gerar grandes diminuições da taxa de infiltração.

Pelo exposto, esperava-se que a taxa de infiltração em função da cobertura formada pudesse ser determinante para altos valores de  $K(0)$ , porém neste trabalho, não se pôde afirmar essa inferência. Outro aspecto a ser considerado é a própria variabilidade da determinação da condutividade hidráulica, onde muitas vezes são necessárias várias coletas, para minimizar este efeito. Segundo Mesquita e Moraes (2004), a variabilidade espacial dos poros do solo e a possível existência de megaporos são fatores capazes de influenciar os resultados de testes realizados em permeâmetro de carga constante. Esses fatores não seriam suficientes, muito

provavelmente para influenciar os resultados de condutividade hidráulica saturada em grandes áreas, mas podem ser importantes fontes de dispersão de medidas se considerados nos limites de área de uma amostra diminuta como a do anel volumétrico utilizado nos experimentos para esse método.

Segundo Klar (1984) e Reichardt (1978), a condutividade hidráulica  $K(0)$  não permanece constante no mesmo solo, devido às variações contínuas dos processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem continuamente, como por exemplo, as alterações do complexo de íons trocáveis e a migração de partículas de argila durante o fluxo. Portanto, a condutividade hidráulica  $K(0)$  é um atributo de alta variabilidade espacial, podendo em alguns casos chegar a apresentar valores de coeficiente de variação acima de 300% para solos argilosos (OLIVEIRA, 2005).

Foi constatado, pelo coeficiente de variação (22,7%) uma alta variabilidade da condutividade hidráulica determinada neste trabalho, classificação esta preconizada por Pimentel Gomes (1985).

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esperava-se com essa pesquisa obter uma diferença significativa no valor da condutividade hidráulica dos dois ambientes estudados: faixa de mata nativa e faixa plantio convencional. Os resultados podem ser associados ao número insuficiente de amostras para o método utilizado.

Apesar do método para calcular a condutividade hidráulica em laboratório ser de fácil aplicabilidade, o mesmo apresenta a desvantagem de apresentar uma alta variabilidade, dificultando a obtenção de um valor representativo, particularmente em se tratando de áreas em que a variabilidade espacial do solo é maior, demandando várias medidas de condutividade hidráulica saturada para um resultado mais consistente e/ou mudança da forma de realizar as medições da mesma.

Apesar dos resultados obtidos, a hipótese de que os diferentes arranjos que integram as atividades agrícola, pecuária e florestal influenciam a infiltração da água no solo não pode ser descartada, haja vista que foi verificada uma condutividade hidráulica saturada variando entre “muito rápido” e “moderadamente rápido”, embora existam outros fatores que possam ter influenciado o presente estudo, como já discutido. Além disso, o sistema ILPF onde foi realizado o estudo é relativamente recente, havendo menos de dois anos de sua implantação, podendo não ser possível ainda detectar alterações significativas na estrutura do solo.

Recomenda-se para trabalhos futuros, envolvendo condutividade hidráulica, realização das análises caracterizando atributos químicos e físicos, principalmente macroporosidade, densidade do solo, determinação da CTC do solo, o tipo de manejo, gradiente hidráulico, redistribuição e infiltração da água no solo para uma discussão aprofundada do comportamento da condutividade hidráulica em solos submetidos a sistemas integrados.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, E.L.L. de. Química e mineralogia de três pedons originário de calcário da Chapada do Apodi-CE/Fortaleza, 2002. 83p.

ALVARENGA, R. C.; SILVA, V. P. da; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; VILELA, L. Sistema integração lavoura-pecuária-floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. Informe agropecuário, Belo Horizonte, v. 31, n. 257, p. 59-67, jul/ago. 2010.

AMARAL FILHO, J.; JÚNIOR, R. N. A.; MOTA, J.C.A. Física do solo Conceito e Aplicações. Fortaleza: Imprensa Universitária, 290p.:il, 2008.

ARGENTON, J. ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. do P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 425-435, Junho 2005 . Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832005000300013&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832005000300013&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 06 maio 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000300013>.

ÁVILA, B.C.; CRUZ, C.J.; Variação da infiltração devido a alterações de uso do solo: estudo de caso de implantação de floresta em bioma pampa. Dissertação (mestrado)/Universidade Federal de Santa Maria ,RS. 2014.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J.A. de; ALMEIDA, E.X. de; KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem capim elefante anão cv. Mott. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:1047-1054, 2000.

BERTONE, J. & LOMBARDI, NETO, F. Conservação Do Solo. Piracicaba, Livro Ceres, 1990. p. 355.

BRANDÃO, V.S. Infiltração de água no solo sujeito a encrostamento. Tese de doutorado. Viçosa: UFV, 2003. 68p.

BRANDÃO, V. S. Infiltração da água no solo, 3. ed. Atual. e ampl. Viçosa, MG: Editora UFV. 98 p. 2006.

BRASIL. Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Recife, Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. Convênios MA/DNPA – SUDENE/DRN, MA/CONTAP/USAID/ETA, 1973. 502P. (Boletim Técnico, 28).

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 716p.

CAUDURO, F.A. & DORFMAN, R. Manual de ensaios de laboratório e campo para irrigação e drenagem. Brasília, PRONI/MA, 1988. 216p.

CARVALHO, R.; SILVA, M.L.N.; AVANZI, J.C.; CURI, N.; SOUZA, F.S. de. Erosão hídrica em Latossolo Vermelho sob diversos sistemas de manejo do cafeeiro no sul de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, p.1679-1687, 2007. DOI:10.1590/S1413-70542007000600012.

CÂNDIDO, B.M.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; BATISTA, P.V.G. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na bacia do rio Paraná, no leste do Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.38, p.1565-1575, 2014. DOI: 10.1590/S0100-06832014000500022.

COSTA, M. C. G. *et al.* Profundidade do solo e micro-relevo em bananais irrigados: impactos na nutrição mineral e potencial produtivo. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 3, p. 567-578, 2011.

DOURADO, K. A. (2003). Condutividade Hidráulica De Materiais De Baixa Permeabilidade: Desenvolvimento, Construção E Teste De Um Sistema De Medida. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 89p.

DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; MIRANDA, J. H.; MEDEIROS, J. F.; COSTA, R. N. T.; GHEYI, H. R. 2015. Fundamentos de drenagem agrícola. Campina Grande: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade (INCT Sal). 356 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999. 412p.

ESPRÍTO SANTO, A.F. Condutividade hidráulica saturada em função do tipo e uso do solo e método de determinação. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2011, 48p. Dissertação de Mestrado.

FERREIRA, D. F. Sistemas de análises de variância para dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos. SISVAR Versão, v. 4, 2010.

FREIRE, Maria B. G. dos S. et al. Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. Rev. bras. eng. agríc. ambient. [online]. 2003, vol.7, n.1, pp. 45-52.

FRANCO, F. O. Disponibilidade de fatores de produção e desempenho agrônomo de culturas em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. Tese (doutorado)/Universidade Estadual Paulista-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP. 123 p.: il. 2017.

GOLLA. AMARÍLIS RÓS. Práticas conservacionistas na agropecuária. Pesquisa e & tecnologia, Vol.3, n.1 Jan-Jun 2006.

JAKELAITIS, ADRIANO, SILVA, ANTONIO ALBERTO DA, BARBOSA DOS SANTOS, JOSÉ, VIVIAN, RAFAEL, Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. Pesquisa Agropecuária Tropical [en linea] 2008, 38 (Junio-Sin mes) : [Fecha de consulta: 20 de maio de 2018] Disponible em: <http://www..redalyc.org/articulo.oa?id=253020441008> ISSN 1517-6398.

LEMOS, M. S. S. *et al.* Evaluation of characteristics of cambisols derived from limestone in low tabelands in northeaster Brazil: Implications for management. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 32, n. 08, 1997.

MESQUITA, M. G. B. F.; MORAES, S. O.; A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. Ciência Rural, v. 34, n.3, 2004.

MAIA, C. M. B. F.; DEDECER, R. A.; MALUCELLI, C. S. Identificação de repelência à água em solos sobre plantios florestais. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 6p ( Embrapa florestais. Comunicado técnico, 147) .

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.; MARQUES, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, p. 395-403, 2003. DOI: 10.1590/S0100-06832003000300001.

MARTINS, J. C.; FERNANDES, R. Processos de degradação do solo – medidas de prevenção. Dossier técnico. Instituto nacional de investigação agrária e veterinária. Vida Rural, 2017 p. 34-36.

MOREIRA, G. M. Qualidade do solo em sistemas de integração lavoura, pecuária e floresta em sinop – MT. Dissertação de mestrado/ Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.

MACIEL NETTO, A.; ANTONIO, A. C.; AUDRY, P., CARNEIRO, C. J. G.; DALL’OLIO, A. Condutividade hidráulica não saturada de um podzólico amarelo da zona da mata norte de Pernambuco. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1221-1228, 2000.

MORAES, M. H.; BENEZ, S. H.; LIBARDI, P. L. Efeitos da compactação em algumas propriedades físicas do solo e seu reflexo no desenvolvimento das raízes de plantas de soja. Bragantia, 54:393-403, 1995.

KLAR, A. E. A água no sistema solo-planta-atmosfera. São Paulo. Nobel, 1984. 408p.

OLIVEIRA, P. C. G. *et al.* Variabilidade espacial de propriedades químicas do solo e da produtividade de citros na Amazônia Oriental. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 13, n. 6, p. 708-715, 2009.

OLIVEIRA, F. A. Impacto do partejo na condutividade hidráulica de Latossolo sob pastagens e cerrado nativos. Brasília. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2005, 75p. Monografia de Graduação.

PEREIRA, F.A.C.; FONSECA, A.A.O.; ALMEIDA, E.C.; MOREIRA, S.C.; MACEDO, D.J.B. ; CRUZ, J.D. Comparação entre condutividade saturada determinada em campo e laboratório. *Magistra*, Cruz das Almas-BA, v.13, n.1, p.1-4, 2001.

PIMENTEL-GOMES, Curso de Estatística Experimental, 1985. Piracicaba-SP. ESALQ/USP.

RAMALHO FILHO, A. & K.J. Beek. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Propriedades físicas do solo. Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 18p.

RECHARDT, K. A água na produção agrícola. Piracicaba: Fundação Cargill, 1978. 79p.

RECHARDT, K. A água na produção agrícola. São Paulo. Ed. Monole Ltda. São Paulo, 1990. 188p.

SANTOS, K.S.; Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos em solos de vale aluvial no semi-árido de Pernambuco. 2011. 109 f.: il. Dissertação de mestrado.

SOUZA, Z. M. *et al.* Small relief shape variations influence spatial variability of soils chemical attributes. *Scientia Agricola*, v. 63, n. 2, p. 161-168, 2006.

SILVA, C.L.; KATO, E. Efeito do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.32, p.213-220, 1997.

VIANA, J.L.; ZOLIN, C. A.; BACCIN, G. N.; SANTOS, R. Infiltração e água do solo em latossolo vermelho-amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejos. V jornada Científica, 2015.

ZWIRTES, A. L.; SPOHR, R. B.; BARONIO, C. A.; ROHR, M. R.; MENEGOL, D. R. Caracterização físico-hídrica de solos submetidos a diferentes manejos. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, v. 4, n. 3, p. 51-66, 2011.

WADT, G.S. Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2003. 29p. Il. (Embrapa Acre. Documentos, 90)