



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA  
COORDENAÇÃO DE AGRONOMIA  
CAMPUS II - AREIA



DESLOCAMENTO VERTICAL DE NITROGÊNIO EM UM NEOSSOLO REGOLÍTICO  
ADUBADO COM ESTERCO BOVINO

VITAL ANTÔNIO LUCENA SILVA FILHO

AREIA-PARAÍBA  
JUNHO-2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA  
COORDENAÇÃO DE AGRONOMIA  
CAMPUS II - AREIA

VITAL ANTONIO LUCENA SILVA FILHO

DESLOCAMENTO VERTICAL DE NITROGÊNIO EM UM NEOSSOLO REGOLÍTICO  
ADUBADO COM ESTERCO BOVINO

Monografia apresentada à  
Coordenação do Curso de  
Agronomia do Centro de Ciências  
Agrárias da Universidade Federal  
da Paraíba, como parte dos  
requisitos para a obtenção do  
título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Vânia da Silva Fraga

AREIA – PB  
JUNHO – 2016

VITAL ANTONIO LUCENA SILVA FILHO

DESLOCAMENTO VERTICAL DE NITROGÊNIO EM UM NEOSSOLO REGOLÍTICO  
ADUBADO COM ESTERCO BOVINO

Monografia apresentada à  
Coordenação do Curso de  
Agronomia do Centro de Ciências  
Agrárias da Universidade Federal  
da Paraíba, como parte dos  
requisitos para a obtenção do  
título de Engenheiro Agrônomo.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Vânia da Silva Fraga

CCA/UFPB

Orientadora

Química Ms. Kalline de Almeida Alves Carneiro

CCA/UFPB

Examinadora

Cientista Agrário Maria Aparecida da Silva Barbosa

Examinadora

*A Deus nosso Pai e Jesus Cristo seu filho, por sempre me abençoar e me guiar;*

*A minha mãe, Cosma Alves da Silva e ao meu pai, Vital Antônio Lucena Silva, por terem investido e colocado como prioridade a educação na minha vida, e serem responsáveis pelo homem que me tornei; aos irmãos João José da Silva Neto e Adriana Aparecida Alves Silva pelo companheirismo e cumplicidade, a minha esposa Elen Lucena e minha filha Vívian Lucena por estarem sempre comigo, me apoiando e me motivando sempre a lutar e persistir na realização dos meus sonhos;*

*Também a todos, que de certa forma, amam-me, ajudaram-me, apoiaram-me e incentivaram-me;*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me tornar um homem livre e de bons costumes, pela força, energia e sabedoria que me proporciona, por ser fiel e justo.

A toda minha família, pois todos têm uma contribuição especial na minha formação pessoal;

À Universidade Federal da Paraíba pela oportunidade de realização do Curso de Agronomia; e aos meus colegas de trabalho que sempre estiveram a me incentivar ao meu crescimento.

A Professora Vânia da Silva Fraga, pela orientação, pelos ensinamentos, pela amizade e por ter acreditado no meu potencial e me motivado a buscar realizar meus objetivos;

Aos examinadores da banca de defesa Kalline de Almeida Alves Carneiro e Maria Aparecida da Silva Barbosa.

Ao meu irmão João José da Silva Neto, pelas dicas e sugestões para realização do meu Trabalho de Conclusão de Curso.

Ao colega Ewerton Gonçalves de Abrantes pela ajuda nas estatísticas do meu trabalho.

A todos os professores que passaram por minha vida acadêmica e contribuíram de alguma forma na minha formação profissional e científica;

Enfim, a todos que cooperaram para a minha formação, tanto pessoal quanto profissional, o meu sincero agradecimento.

## Sumário

Sumário.....	6
ABSTRACT.....	8
1. Introdução.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	10
2.1. Adubos orgânicos .....	10
2.2. Esterco bovino como fonte de nitrogênio .....	11
2.3. Neossolo Regolítico .....	11
2.4. Fatores que Influenciam na Lixiviação de N .....	12
2.5. Simulador De Chuva .....	13
3. MATERIAL E MÉTODO .....	14
3.1. Simulador de Chuva.....	16
3.2. Teste de infiltração.....	17
3.3 . Calibração e leitura da umidade do solo .....	17
3.4. Amostragem e análise do Solo .....	19
3.5. Cálculo do Volume de Poros.....	20
4. RESULTADO E DISCUSSÃO .....	21
5. CONCLUSÕES: .....	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27

## RESUMO

A mobilidade do N no solo ocorre em virtude a sua carga negativa quando na forma de  $\text{NO}_3^-$ , pois nitrato não é adsorvido aos coloides do solo, que na sua maioria possuem cargas também negativas. Além disso, as reações proveniente da atividade bacteriana que convertem o  $\text{NH}_4^+$  em  $\text{NO}_2^-$  e posteriormente em  $\text{NO}_3^-$  contribuem com a perda do N no solo, para as camadas mais profundas, por meio da lixiviação.

Buscando a compensação dessas perdas de N, alguns agricultores recorrem a adição de matéria orgânica no solo, onde na maioria das vezes a fonte utilizada é o esterco de animal da mesma propriedade. Quando aplicado em grandes quantidades, o excesso de esterco contribui para baixa adsorção do  $\text{NO}_3^-$  aos colóides do solo, o qual proporciona perdas de nitrogênio pela percolação de água no perfil do solo, principalmente em solos de textura arenosa". O objetivo do presente trabalho foi avaliar o deslocamento vertical de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  em amostras de NeossoloRegolíticoeutrófico com o uso de simulador de chuva, em área de agricultura familiar adubado com esterco bovino.

Palavras chaves: Manejo de solo, Mineralização e eutrofização.

## ABSTRACT

Nitrogen is an essential element for plant growth, however its high mobility makes it one of the most limiting factors to crop development. The nitrogen mobility in soil is mainly due to its negative charge, when in the  $\text{NO}_3^-$  form, because it is not adsorbed to soil colloids, which mostly have also negative charges. Furthermore, the reactions from the bacterial activity that convert the  $\text{NH}_4^+$  to  $\text{NO}_2^-$  and further in  $\text{NO}_3^-$ , thus contribute to decrease N in soil on the deeper layers, by leaching. Seeking compensation for such N losses, some agriculturist recur to adding organic matter in the soil, where most often the source used is the animal manure of the same property. In some cases, the manure that is not enough to cover the losses, and in others there is a surplus on the farm, and are applied in large amounts, in this latter case, the concern is even greater when the soil is sandy, as N losses intensify. The goal of this study is to evaluate the vertical displacement of  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$  in samples Entisol eutrophic using rainfall simulator in family farming area fertilized with cattle manure.

.

Key works: Soil Management, Mineralization And Eutrophication.

## 1. Introdução

Os solos da região do Agreste paraibano, em geral, são deficientes em N e P, conseqüentemente, a produtividade sem adubação é muito limitada. A utilização de esterco é uma alternativa amplamente adotada para o suprimento de nutrientes, principalmente de nitrogênio e fósforo, porém a produção de esterco nessa região é baixa, (Menezes & Salcedo, 2007). Além disso, os agricultores não possuem registros precisos relacionados com o manejo e doses de esterco aplicado, uma vez que as doses variam em função da disponibilidade financeira do agricultor e do preço desses insumos (Santos, 2011).

Observa-se, que aplicações contínuas de esterco estão sendo realizadas nesses solos, propiciando assim o acúmulo de nutrientes no solo (Silva et al., 2007) e, muito possivelmente, sua migração vertical.

O sincronismo entre o suprimento de N e sua demanda é um problema central nos sistemas agrícolas (BREMER & KUIKMAN, 1997), em que na ausência de adubação nitrogenada ou fixação biológica de di-nitrogênio, a principal fonte de N no solo para as plantas é a matéria orgânica, que contém aproximadamente 95% do N total do solo (VARENNES, 2003). No entanto, a maior parte desse N não está prontamente disponível para as plantas (URQUIAGA & ZAPATA, 2000), pois é necessário que seja liberado sob formas minerais (nitrato e amônio) para que possa ser absorvido.)

Dados de perda de nutrientes por lixiviação são escassos na região, mas têm sido relatados em países com frequentes adições de esterco (Sharpley et al., 2004). É possível que estas perdas aconteçam também na região do agreste, principalmente de N, devido a muitos dos solos que recebem esterco serem de textura arenosa (Galvão et al., 2005).

Diante do exposto, estudos relacionados a quantificação de perdas de N por lixiviação após chuva intensa é de extrema importância pois, possibilitará racionalizar as futuras adubações com esterco evitando o desperdício, a redução dos custos de produção e possíveis contaminações do lençol freático.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o deslocamento vertical de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  em amostras de Neossolo Regolítico eutrófico com o uso de simulador de chuva, em área de agricultura familiar adubado com esterco bovino. Para alcançar o objetivo proposto foi necessário alcançar também, os seguintes objetivos

específicos: Simular chuvas artificial, utilizando lâmina de água previamente determinada para lixiviar o N nas formas de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ ; Determinar os teores de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  extraível por cloreto de potássio (KCl), em amostras retiradas de cinco profundidades de um Neossolo Regolítico após a aplicação de laminas de água proveniente da chuva artificial.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Adubos orgânicos

O uso de adubos orgânicos interfere diretamente nos teores de matéria orgânica no solo, elevando sua fertilidade, refletindo em maiores concentrações dos macros e micros nutrientes requeridos pelas plantas (GARRIDO et al., 2008), desta forma a utilização de material orgânico para adubação de solos causam efeitos importantes nas propriedades do solo, gerando alterações na qualidade e conseqüentemente melhoria na produtividade das culturas (SILVA et al., 2012).

No semiárido do nordeste do Brasil, dentre os nutrientes que são essenciais para o crescimento das plantas, o N e P são os principais elementos limitantes para a nutrição das plantas (SAMPAIO et al., 1995). Com o aumento dos custos e a dificuldade de acesso a adubação mineral, o agricultor passou a ter uma nova visão sobre a utilização de insumos orgânicos, dando importância à utilização de esterco que, normalmente seriam descartados pela propriedade, passando a fazer uso desse material como agente modificador das condições físicas e químicas do solo e elevando o nível de fertilidade (SOUTO et al, 2005).

A utilização de esterco é uma solução amplamente adotada para o suprimento de nutrientes, tais como o N, P, e K nos solos da região semiárida (MENEZES & SILVA, 2008). Porém, devido à sua reduzida disponibilidade nas propriedades, em geral os agricultores necessitam comprá-los de regiões circunvizinhas, o que eleva os custos da produção. Alguns ainda vendem parte do esterco produzido na propriedade, para complementar a renda familiar (MENEZES & SAMPAIO, 2002; GALVÃO et al., 2008).

## 2.2. Esterco bovino como fonte de nitrogênio

Na região do agreste Paraibano o esterco bovino é uma das principais fontes de adubação orgânica empregada pelos agricultores, pela disponibilidade local e baixo custo de aquisição, em alguns casos é a única utilizada para fertilização de culturas (GALVÃO et al., 2008).

No geral, o esterco bovino é a fonte mais utilizada, especialmente em solos pobres em matéria orgânica (Filgueira, 2008); isso porque ele em virtude de atuar como poderoso agente beneficiador do solo, capaz de melhorar substancialmente muitas de suas características físicas e químicas, através da redução da densidade aparente, melhorando a permeabilidade, infiltração e retenção de água, minimizando o fendilhamento de solos argilosos e a variação de temperatura dos solos, proporcionando acúmulo de nitrogênio orgânico, auxiliando no aumento do seu potencial de mineralização e disponibilidade de nutriente para as plantas e reduzindo o uso de fertilizantes (Tejada et al., 2008).

O esterco bovino também eleva a CTC, proporciona retenção de umidade e de nutrientes, como o nitrogênio, elemento responsável pelo crescimento da parte aérea das hortaliças (Filgueira; 2000). Além de que, grande parte do nitrogênio encontrado nos resíduos orgânicos de origem animal já se encontra na forma mineral, fornecendo N às culturas, mas podendo ser perdido por volatilização e lixiviação, uma vez que o amônio é rapidamente transformado nitrato.

## 2.3. NeossoloRegolítico

Os NeossolosRegolíticos apresentam predomínio de características herdadas do material de origem, são pouco evoluídos, com menos de 20 cm de espessura e sem presença de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2006). Esses solos, devido a sua pequena profundidade efetiva, à grande pedregosidade e/ou rochiosidade e à presença de contato lítico próximo à superfície, possuem potencial de uso

fortemente influenciado pelo grau de intemperismo e pela presença de camada saprolítica no perfil (OLIVEIRA, 2001; PEDRON et al., 2009). Apresentam sequência de horizonte e, ou, camadas do tipo A-R ou A-Cr-R, com pequena profundidade efetiva, com contato lítico dentro de 50cm (Embrapa,2013) também são solos frequentemente associados a terrenos acidentados e pedregosos, mas podem ocorrer em áreas pouco movimentadas ou planas, dependendo das condições climáticas e geológicas. Esses solos apresentam baixa capacidade de adsorção de nutrientes, conseqüentemente baixo teor de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo (JACOMINE, 1996), possuem elevada permeabilidade e baixa capacidade de retenção de umidade, podendo ser eutróficos ou distróficos(EMBRAPA, 2006).

Na Paraíba os esse solos são encontrados principalmente no agreste da Borborema, apresentam saturação por bases (V%) baixa em decorrência, principalmente, do clima úmido, permitindo maior lixiviação destas. São solos intensamente cultivados, destacando-se como principais culturas: batatinha, mandioca, feijão e milho”.

#### 2.4. Fatores que Influenciam na Lixiviação de N

O nitrogênio (N) é considerado elemento essencial para as plantas, pois está presente na composição das mais importantes biomoléculas, tais como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e inúmeras enzimas (MIFLIN & LEA, 1976; HARPER, 1994). Em muitos sistemas de produção, a disponibilidade de nitrogênio é quase sempre um fator limitante, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente. Dada a sua importância e a alta mobilidade no solo, o nitrogênio tem sido intensamente estudado, no sentido de maximizar a eficiência do seu uso.

Para tanto, tem-se procurado diminuir as perdas do nitrogênio no solo, bem como melhorar a absorção e a metabolização do N no interior da planta. A eficiência da utilização do nitrogênio adicionado ao solo se refere ao grau de recuperação desse elemento pelas plantas, considerando as perdas que geralmente ocorrem. Normalmente, menos de 50% do nitrogênio aplicado sob a forma de fertilizante é utilizado pelas culturas, os outros 50% são perdidos devido aos inúmeros processos aos quais o nitrogênio está sujeito.

O nitrogênio é perdido principalmente pela lixiviação de nitrato, volatilização de amônia e emissão de  $N_2$ ,  $N_2O$  e outros óxidos de nitrogênio (ANGHINONI, 1986).

Na região do Agreste nordestino, muitas perdas acontecem pelo fato dos solos serem de textura arenosa e receberem muito esterco (Galvão et al., 2005); além disso, as características edafoclimáticas de transição com pluviosidade anual de 820 mm (Silva et al., 1993), leva ao aumento das perdas por lixiviação. O tipo de solo pode ter grande influência na magnitude do processo de lixiviação. Solos argilosos possuem maior capacidade de retenção de nitrogênio, principalmente na forma de  $NH_4^+$ , do que solos arenosos.

A maior capacidade de armazenamento de água dos solos argilosos reduz a percolação da água pelo perfil e, conseqüentemente, o arraste de nitrato para camadas inferiores do solo (BORTOLINI, 2000; CAMARGO et al., 1989).

## 2.5. Simulador De Chuva

Estudos sobre o efeito das chuvas em atributos do solo são difíceis de serem realizados com chuva natural, pois não se tem controle sobre a duração, intensidade, distribuição e tipo de chuva. Uma alternativa que se apresenta é a utilização de simuladores de chuvas que permitem controlar as características das mesmas e têm a vantagem de poderem ser utilizados a qualquer tempo.

Este tipo de equipamento já vem sendo utilizado em estudos de manejo de solos há bastante tempo. Já foram construídos vários modelos e atualmente existem alguns totalmente controlados por computador. Os simuladores de chuva possibilitam a redução de trabalho e tempo necessário à obtenção dos resultados, e a eficiência da pesquisa é aumentada (Cassol & Guerra, 1978; Bertoni & Lombardi Neto, 2010).

Os simuladores de chuva podem ter dimensões variadas e características diferenciadas, mas o princípio de uso desses equipamentos torna os simuladores mais ou menos semelhantes entre si. Trata-se de aparelhos que, como o próprio nome sugere, simulam chuvas em intensidades e quantidades desejadas pelo pesquisador.

Eles devem estar a uma altura determinada do solo (geralmente cinco metros) para que as gotas de chuva possam atingir a velocidade terminal, ou seja, bem

semelhante à de uma chuva natural. São, em geral, construídos de madeira, com capilares de silicone e tubos de PVC, por onde a água passa antes de cair no alvo desejado (uma parcela no campo ou um flume em laboratório).

É preciso que seja controlada a pressão da água e que seja muito bem determinada a intensidade da chuva, antes do experimento. Os simuladores podem ser utilizados tanto no campo como em laboratório, ou em ambos. As críticas feitas ao uso de simuladores no campo estão relacionados à certa dificuldade de transporte e operação e ao suprimento de água (MORGAN, 1986, 2005; GUERRA, 1991).

O vento também pode ser um fator limitante na sua operação, além da possibilidade de ocorrer uma chuva natural, durante o experimento, o que resultaria na paralisação do ensaio. Apesar destas e outras críticas que possam ser feitas, em relação ao uso de simuladores como, por exemplo, as condições artificiais em que a chuva é produzida e, em especial, a simulação em laboratório, onde as condições são bastante artificiais, esses aparelhos vêm sendo cada vez mais usados por pesquisadores no mundo todo.

Suas principais vantagens são as de produzir chuvas com a intensidade desejada e possibilitar a replicagem dos experimentos, quantas vezes forem necessárias, além de independer da ocorrência de chuvas naturais, para realizar estudos que ampliem os conhecimentos sobre os processos erosivos.

### 3. MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi realizado em campo experimental, com propriedade de agricultura familiar no Sítio Lajêdo do Tetéu, Remígio-PB, Agreste da Paraíba, localizado geograficamente sob as coordenadas 06 ° 59'31'' de latitude Sul e 35° 47'50'' de longitude a Oeste do meridiano de Greenwich e a uma altitude de 495 m acima do nível do mar.

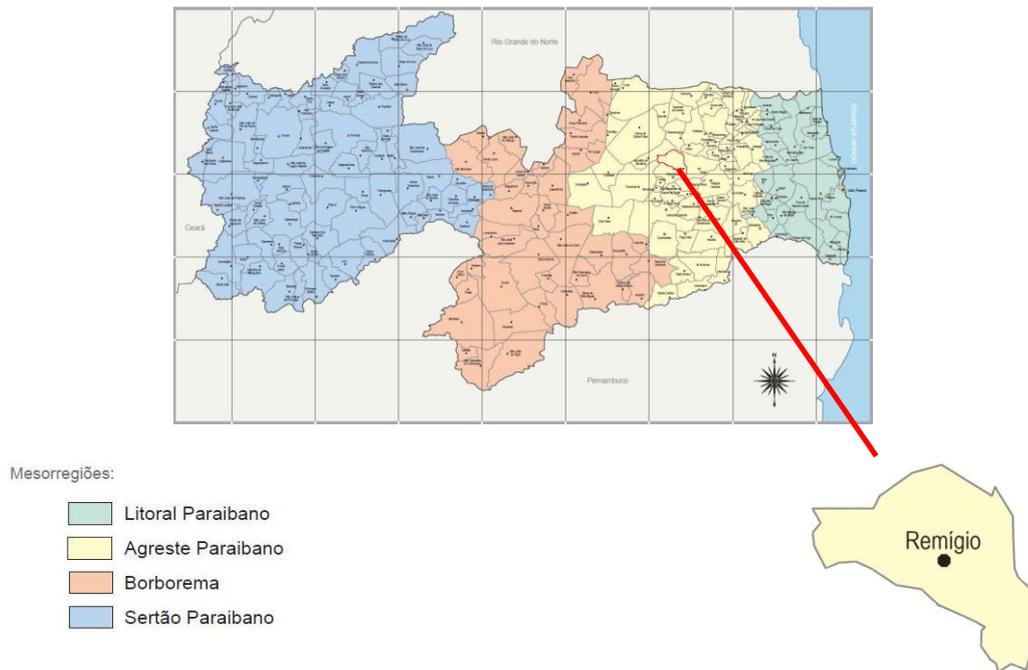


Figura 1. Localização do município de Remígio no Estado da Paraíba – Brasil



Figura 2. Área experimental

Foto: Juliana Zomazete-02.2013

O clima do município de Remígio se caracteriza como quente e úmido com período chuvoso concentrado de Março ou Abril até Julho ou Agosto (Brasil, 1972), com precipitação média anual de 1000 mm, temperatura média e umidade relativa do ar com valores da ordem de 25°C e 80%, respectivamente (Silva, 2003).

Na área selecionada o solo dominante é o NeossoloRegolíticoeutrófico (EMBRAPA, 2006), de textura arenosa a franco-arenosa. O histórico levantado junto aos agricultores revela que, a área foi cultivada com mandioca por mais de 20 anos

e que recebia anualmente doses de esterco bovino. As quantidades anuais de esterco curtido (15% de umidade) aplicadas variam entre 12 e 20 Mg ha<sup>-1</sup>. Atualmente a área encontra-se em pousio e pastejo do gado. Para a escolha da área será adotado como critério o elevado teor de P, decorrente da aplicação de elevadas doses de esterco, as quais variam de 12 a 20 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

### 3.1. Simulador de Chuva

Para a realização desse estudo, instalou o simulador de chuva semelhante ao descrito por Humphry et al., (2002) com um bico aspersor tipo HH50WSQ descrito por Shelton et al. (1985) com diâmetro interno de 13 mm situado a 3,0 m acima da superfície do solo, operando com uma pressão constante de 28 kPa na saída de água do bico. A intensidade média das chuvas aplicadas foi de 90 mm h<sup>-1</sup>, sendo que para a calibração do simulador foram realizados ensaios e utilizados pluviômetros, para determinar o volume de precipitação e a uniformidade da chuva. O simulador foi abastecido por uma bomba “tipo sapo”, disponibilizando água, de uma caixa de 1000 L para a formação da chuva. Apesar das chuvas terem um volume definido, não terá tempo pré-determinado para aplicação.

O simulador de chuva foi posicionado sobre a parcela e, para evitar a interferência do vento no deslocamento das gotas, instalou-se um aparato de lona em torno do aparelho. Após o início dos testes toda a parcela será coberta com o objetivo de manter a uniformidade da área experimental durante a realização dos testes. Amostras de solo a cada 10 cm de profundidade foram coletadas até a camada de 50 cm antes da implantação do experimento, para determinar a densidade de partículas (Dp), do solo (Ds) e o volume de poros (Vp) (Tabela 1).



Figura 3. Simulador de chuva instalado em NeossoloRegolíticoeutrófico adubado com esterco bovino.

Tabela 2: Propriedades Químicas do solo em área plana de agricultura familiar adubadas com esterco bovino.

Prof Cm	pH	COT	Nt mg kg <sup>-1</sup>	Pext	Pw
10	7,26	8,78	0,80	55,8	4,22
20	7,64	7,56	0,68	27,8	2,91
30	7,69	6,13	0,55	22,5	2,05
40	7,53	5,82	0,52	61	2,68
50	7,00	4,94	0,44	24	2,51

Prof -Profundidade; pH; COT- carbono orgânico total; Nt – Nitrogênio total; Pext - Fósforo extraível por Mehlich-1; Pw -fósforo solúvel em água;

### 3.2. Teste de infiltração

Em cada parcela foram realizados testes de infiltração de água em 4 pontos aleatórios, com utilização de cilindros infiltrômetros com altura e diâmetro de 15 cm, conforme a metodologia de Beerkan(ano), descrito por Souza et al. (2008). O teste foi realizado para calcular a taxa de infiltração final do solo e, assim determinado o volume de água a ser colocado por hora e o tempo previsto para a coleta da amostra de solo para cada volume de poros. Adicionalmente a este teste serão realizadas leituras de umidade do solo pelo diviner 2000®.

### 3.3. Calibração e leitura da umidade do solo

Para acompanhar o deslocamento da água até a camada de 50 cm de profundidade, foram coletadas amostras de solo entre cada lâmina aplicada sendo avaliada a umidade do solo medida pela a técnica da refletometria no domínio da frequência (FDR) com uma sonda de capacitância de baixa frequência modelo diviner 2000®, SentekPtyLtd, Austrália. Este equipamento consiste de um display com teclado e coletor de dados (datalogger) acoplado, via cabo, a uma sonda que, ao ser inserido no tubo de acesso no solo, provê automaticamente leituras do conteúdo da água a cada 10 cm de profundidade até 1 m.

A frequência de oscilação (MHz) é armazenada pelo datalogger durante um tempo fixo (1s), resultando em uma contagem que pode variar próximo a 120000 (água) e 160000 (ar), dependendo das condições de umidade do solo. Uma vez que não há exatidão nos valores de frequência (F) nas leituras realizadas por sondas diferentes, dada uma condição particular como, por exemplo, água e o ar (Sentek, 2000), então o fabricante optou por fazer uma normalização das medidas; então, primeiro se registram as leituras dentro de um tubo de PVC exposto separadamente ao ar e à água (26°C). A saída dos dados fornecida pelo datalogger foi então denominada frequência relativa (FR), definida pela seguinte equação:

$$FR = (F_a - F_s)/(F_a - F_w) \quad (3)$$

em que,

F<sub>a</sub> - leitura da frequência no tubo de PVC totalmente suspenso no ar;

F<sub>s</sub> - leitura da frequência no tubo de PVC no solo;

F<sub>w</sub> - leitura da frequência no tubo de PVC imerso em água;

Nesta calibração, os valores de F<sub>a</sub> e F<sub>w</sub> serão fixos para todas as medidas realizadas.

Seis tubos de acesso feitos de PVC (diâmetro externo = 56,5 mm, diâmetro interno = 51 mm e comprimento de 50 cm), com um cap colocado na extremidade superior do tubo, realizando-se, também, a vedação na extremidade inferior de cada tubo, foram instalados com o mínimo de perturbação no perfil do solo e esperado alguns dias para a acomodação do solo e o tubo.

Conforme recomendado pelo fabricante (Sentek, 2001), três níveis de umidade foram utilizados para cobrir toda a amplitude nos valores do conteúdo de água no solo, denominados saturado, úmido e seco. Para cada nível de saturação foi aplicado 42 L de água com a ajuda de um anel de infiltração (0,5 m de diâmetro) até que a frente de molhamento atingisse 50 cm de profundidade; no dia seguinte à

aplicação de água, foi realizada a leitura com a sonda e a coleta das amostras de solo, para o nível úmido.

Seis leituras de FR foram realizadas para cada camada de solo (10 - 50 cm), gerando-se uma média de FR para cada uma das camadas; imediatamente após a realização das leituras, procedeu-se à coleta do solo para as determinações da umidade gravimétrica e densidade, as amostras foram então pesadas ( $\pm 0,01$  g), secas em estufa (105 °C) e pesadas novamente, após 48 hs. A umidade volumétrica ( $\theta_v$ ,  $m^3 m^{-3}$ ) em cada camada de solo foi determinada multiplicando-se a umidade gravimétrica pela média da densidade do solo ( $kg m^{-3}$ ). Para quantificar as variações na umidade do solo, as medidas foram realizadas diariamente.

#### 3.4. Amostragem e análise do Solo

Na primeira amostragem de solo realizada antes da aplicação da primeira chuva simulada foi realizada a caracterização química (Tabela 2) e física do solo (Tabela1) da área experimental: pH em água (1:2,5); teores de P e K extraídos por meio da solução extratora de Melhlich-1 sendo quantificados por colorimetria e fotometria de chama respectivamente; Ca e Mg trocáveis (Embrapa, 1997). Granulometria pelo método do densímetro, densidade do solo ( $D_s$ ) de terra fina seca ao ar pelo método da proveta e densidade das partículas ( $D_p$ ) pelo método do balão volumétrico (Embrapa, 1997).

Tabela 1: Propriedades Físicas do NeossoloRegolíticoeutrófico adubado com esterco bovino.

Prof (cm)	Ds g (g cm <sup>-3</sup> )	Dp (g cm <sup>-3</sup> )	Pt (%)	Área útil (m <sup>2</sup> )	Vs (m <sup>3</sup> )	Vp (m <sup>3</sup> )	Argila (g kg <sup>-1</sup> )
10	1,44	2,82	49	1,50	0,15	0,0736	55
20	1,43	2,81	49	1,50	0,15	0,0740	41
30	1,37	2,75	50	1,50	0,15	0,0753	42
40	1,36	2,70	50	1,50	0,15	0,0746	47
50	1,36	2,72	50	1,50	0,15	0,0752	65

Profundidade (Prof), Densidade do solo (Ds), Densidade de partículas (Dp), Volume do solo (Vs) e Volume de poros (Vp). (Fonte: Pesquisa Direta, 2012/2013)

Foram coletadas amostras de solo a cada 10 cm de profundidade: 0 - 10 (1); 10 - 20 (2); 20 - 30 (3); 30 - 40 (4); 40 - 50 cm(5), antes da aplicação da primeira lâmina de água e entre a aplicação de cada lâmina (L1, L2, L3 e L4) para a quantificação e avaliação do gradiente de acúmulo de N. Portanto, foram 5 camadas de solo e 5 condições de umidade com 3 repetições, totalizando 75 amostras de solo. As amostras simples, após secas ao ar e passadas por peneira de 2 mm, foram extraídas com KCl a 1 mol L<sup>-1</sup> e analisados pelo aparelho FIAlab-2500 system .

### 3.5. Cálculo do Volume de Poros

Foram aplicadas lâminas de água, baseadas no volume de poros. Quatro lâminas de precipitação foram aplicadas e analisados, estes foram baseados no volume de poros do solo e classificados como 1 (L1), 2 (L2), 3 (L3) e 4 (L4). O volume de poros foi calculado de acordo com a porosidade total do solo e do volume de solo (área de 1,0 x 1,5 m e a profundidade de 50 cm), mas para este caso considerou apenas o volume para a camada de 10 cm. A porosidade total foi calculada utilizando-se a densidade de partículas e do solo, obtida em laboratório, da seguinte forma:

$$Pt = [(Dp - Ds) / Dp] \times 100, \text{ onde: (1)}$$

Pt = porosidade total (%)

Ds = densidade do solo (g mL<sup>-1</sup>)

Dp = densidade de partículas (g mL<sup>-1</sup>)

Sendo a área útil de 1,0 x 1,5 m terá 1,5 m<sup>2</sup>, e multiplicando-se pela profundidade (0,5 m) obtêm-se o volume (V) (1,5 m<sup>2</sup> x 0,5 m = 0,75 m<sup>3</sup>). O produto da porosidade total (Pt) e o volume de solo, obtêm-se o volume total de poros, o qual é:

$$Pt \times V \text{ (cm}^3\text{)} = \text{volume de poros totais (cm}^3\text{ ou mL)} \quad (2)$$

A lâmina aplicada foi obtida baseada no volume de poros totais dividido pela área útil. Foi aplicada uma lâmina 243mm por dia em período de 4 dias, totalizando 972mm. As lâminas foram classificadas em: L1= 243mm ; L2= 486mm ; L3= 729mm ; L4 = 972mm.

#### 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Na correlação entre o teor de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e as lâminas de água aplicadas, em um NeossoloRegolíticoeutrófico, adubado com esterco bovino, foi observado que na camada superficial de 0-10 cm, os teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, não foram influenciados pelas lâminas de água aplicadas, permanecendo o valor de 1,232 mg .Kg<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup> constante (Figura 4). Provavelmente o NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mineralizado foi lixiviado para as camadas mais profundas, uma vez que não poderia ser adsorvido as cargas negativas dos minerais de argila desta camada (Tabela 2), e a própria matéria orgânica que apresenta principalmente cargas negativas, e que podem ser aumentadas com o aumento do pH, no caso do solo em estudo o pH ficou em torno de 7,0 a 7,65 (Tabela 2). O mesmo ocorreu nas camadas de 10-20 e 20-30 cm, nas quais também houve diminuição dos teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a medida que as lâminas de água foram aumentando. Provavelmente o aumento da lâmina de água contribuiu com a mineralização da matéria orgânica dessas camadas, que apresentaram o teores de COT semelhantes a camada 0-10 cm (Tabela 2), mas por possuírem menos teor de argila (Tabela 2), retiveram menos o NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. O Nitrato lixiviado das camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm foi retido pelas camadas mais inferiores de 30-40 e 40-50 (Figura 4), que apresentaram teores de argila, mais altos que as primeiras camadas.

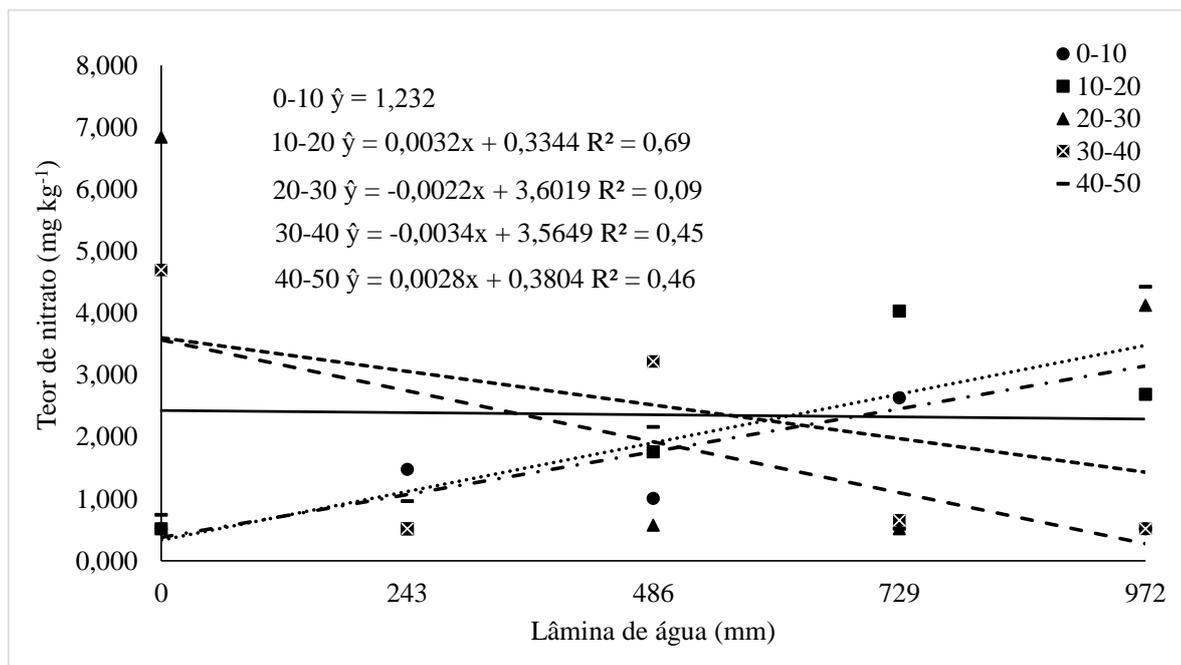


Figura 4. Correlação entre o teor de  $\text{N-NO}_3^-$  e lâminas de água em um NeossoloRegolíticoeutrófico adubado com esterco bovino

Na correlação do teores de  $\text{NH}_4^+$  com as lâminas de água aplicadas, os teores de  $\text{NH}_4^+$  permaneceram constantes, nas camadas 0-10 cm e 10-20 cm, independente da lâmina de água aplicada (Figura 5). Para as camadas de 20-30, 30-40 cm as perdas foram semelhantes e diminuíram com o aumento da lâmina de água. Na camada 40-50 cm foram encontrados os menores teores de  $\text{NH}_4^+$  com o aumento da lâmina de água, ao contrário do que aconteceu com o  $\text{NO}_3^-$ , discutido no parágrafo acima, o que provavelmente está associado a nitrificação do  $\text{NH}_4^+$  (Figura 5).

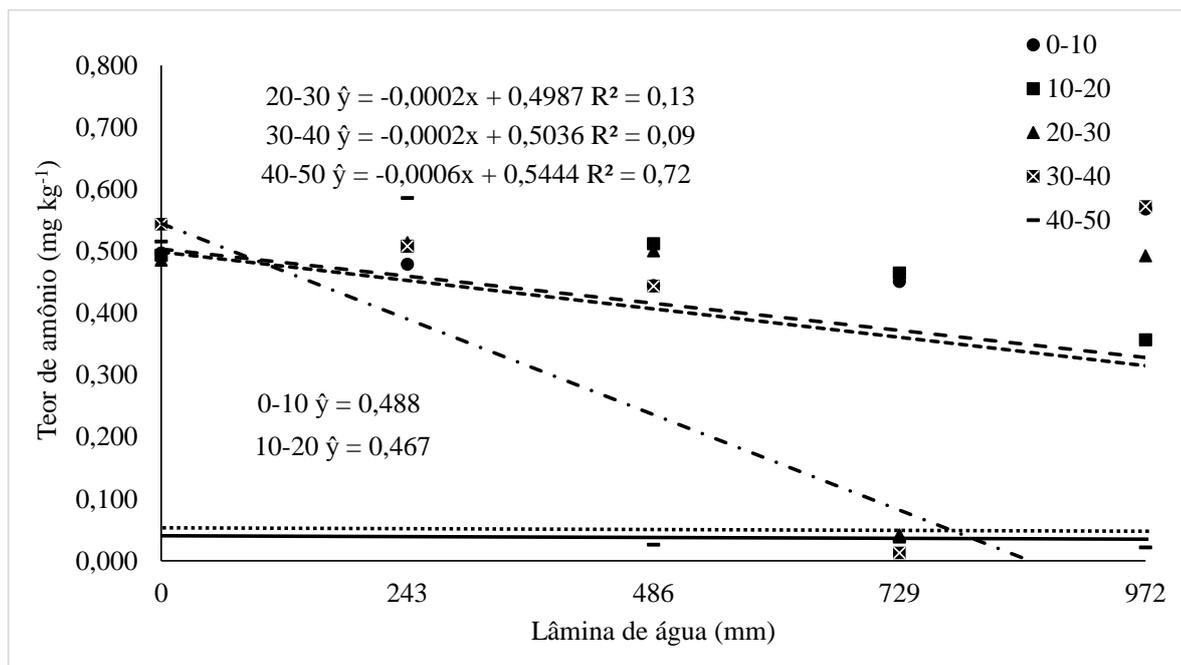


Figura 5. Correlação entre o teor de  $\text{N-NH}_4^+$  e lâminas de água em um NeossoloRegolíticoeutrófico adubado com esterco bovino

Na correlação entre os teores de Nitrato e Amônio com os teores de matéria orgânica do solo, observa-se que só houve correlação positiva significativa com os teores de amônio, onde 72% desses teores podem ser explicados pelos teores de matéria orgânica. A matéria orgânica em pH alcalino, como no caso do solo do presente trabalho (Tabela 2), apresenta carga predominantemente negativa, que vai adsorver o  $\text{N-NH}_4^+$ .

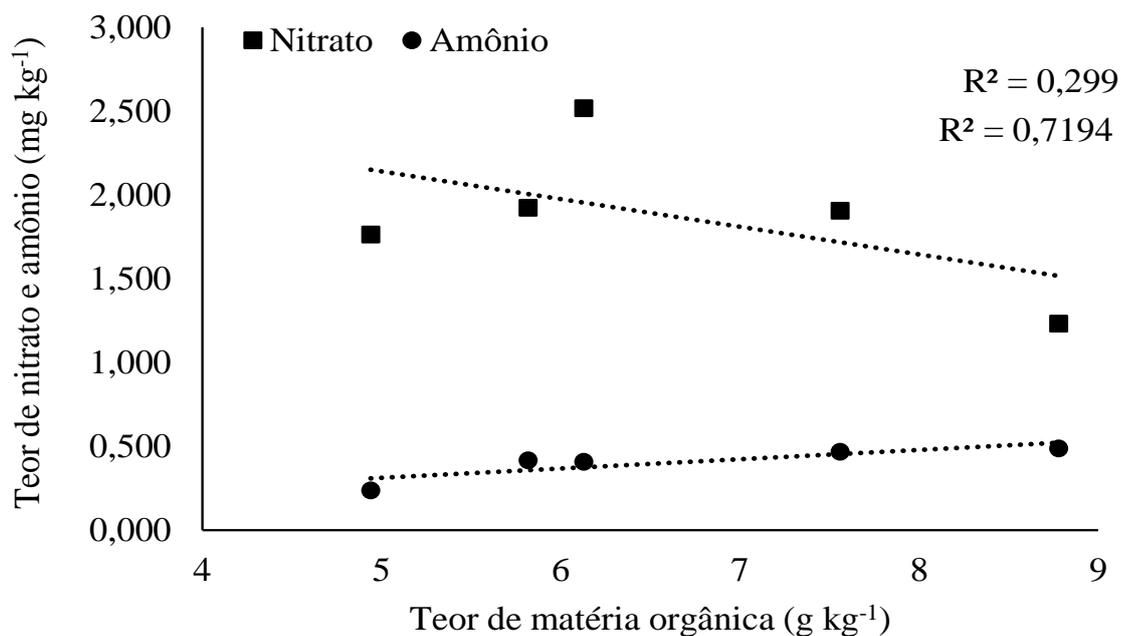


Figura 6. Correlação entre o teor de N-  $\text{NO}_3^-$  e N- $\text{NH}_4^+$  e o teor de Matéria Orgânica em um NeossoloRegolíticoeutrófico adubado com esterco bovino

Na correlação entre os teores de N-  $\text{NO}_3^-$  e N- $\text{NH}_4^+$  e o teor de argila, observa-se que os teores de amônio se correlacionaram negativamente com os teores de argila. Provavelmente esse resultado está associado aos baixos teores de argila do solo, sendo a matéria orgânica a responsável pela retenção do amônio, como já discutido no parágrafo acima.

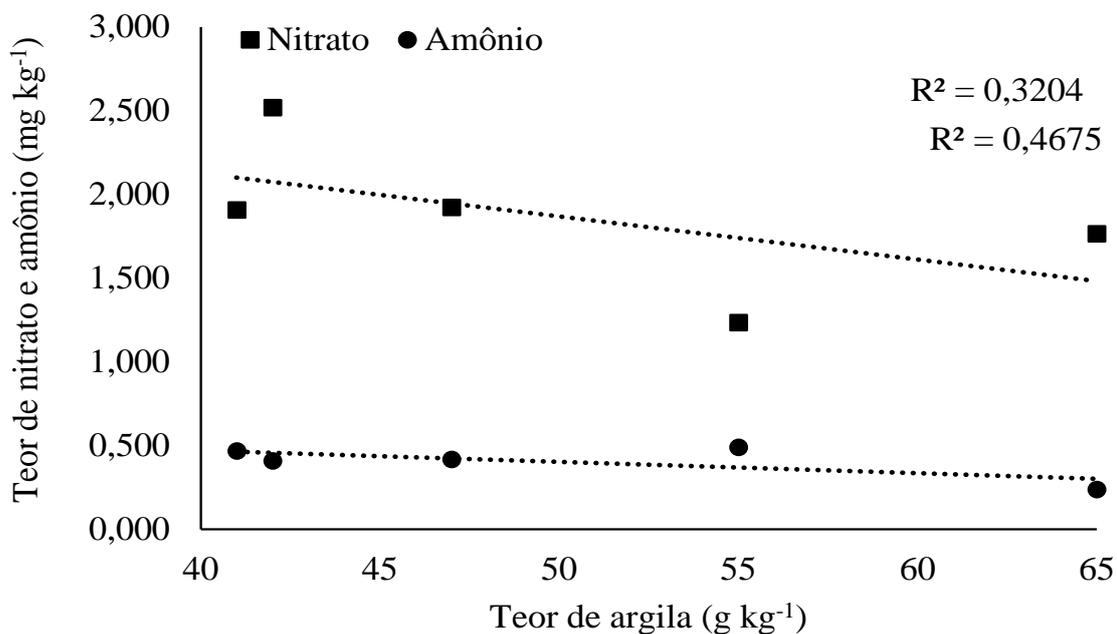


Figura 7. Correlação entre o teor de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e o teor de Argila em um NeossoloRegolíticoeutrófico adubado com esterco bovino

Na comparação dos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> encontrados em cada camada de solo por profundidade, independente da lâmina de água aplicada, observa-se que só houve diferença significativa na camada de 0-10 cm. No entanto, é notório que a forma de Nitrogênio presente no solo em maior quantidade é a de Nitrato, em todas as camadas (Figura 7). A nitrificação do NH<sub>4</sub><sup>+</sup> para as formas de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> é a principal causa das perdas do Nitrogênio do solo, principalmente nos solos arenosos, como o do presente trabalho, devido a macro porosidade e a predominância de cargas negativas permanentes no solo, e as dependentes do pH, que devido ao pH alcalino do solo ficam em maior quantidade (Tabela 2).

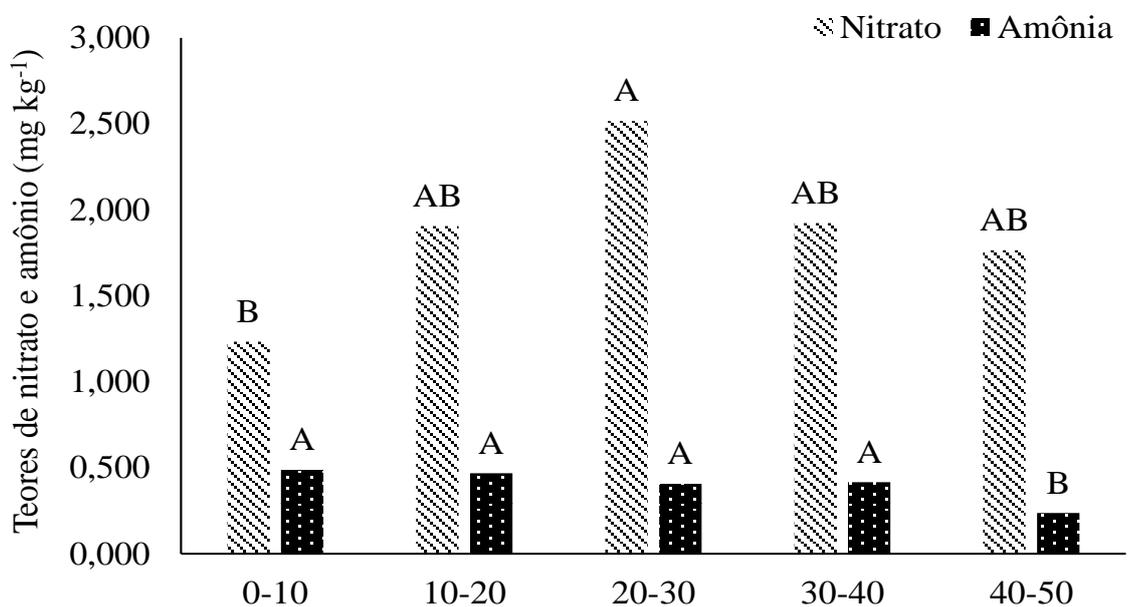


Figura 8. Teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, em cinco camadas de um NeossoloRegolíticoeutrófico adubado com esterco bovino

## 5. CONCLUSÕES:

- 1) O aumento das chuvas simuladas aplicadas no NeossoloRegolítico influenciaram nos teores de  $\text{NO}_3^-$  perdidos do solo, sendo que essas perdas foram mais intensas nas camadas superficiais.
- 2) O teor de  $\text{NH}_4^+$  diminuiu com o aumento das chuvas simuladas, principalmente na camada de 40-50 cm do solo.
- 3) Os teores de Amônio aumentaram significativamente com os teores de Matéria orgânica do solo, o mesmo não foi observado para o Nitrato.
- 4) O Nitrato foi a forma de Nitrogênio mais abundante no solo, independente da profundidade do solo avaliada.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGHINONI, I. **Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** In: SANTANA, M.B.M. Adubação nitrogenada no Brasil. Ilhéus : CEPLAC/SBCS, 1986. Cap.I. p.1-18.

BREMER, E. & KUIKMAN, P. **Influence of competition for nitrogen in soil on net mineralization of nitrogen.** Plant and Soil, 190:119-126, 1997.

BORTOLINI, C.G. **Eficiência do método de adubação nitrogenada em pré-semeadura do milho implantado em semeadura direta após aveia preta.** 2000. 48f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CASSOL, E.A. & GUERRA, M. **Calibração do primeiro aparelho simulador de chuvas de braços rotativos do estado do Rio Grande do Sul.** In: **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO**, 2., Passo Fundo, 1978. Anais... Passo Fundo, 1978. p.29-39.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FILGUEIRA, F. A. R. Manual de Olericultura: **Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa, 2000, 402 p.

GALVÃO, R.S.; SALCEDO, I.H. **Formas e disponibilidade de fósforo em solos do agreste paraibano adubado com esterco**. In: MENEZEZ, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. (eds.). **Fertilidade do solo e Produção de Biomassa no semi-árido**. Editora Universitária UFPE. 2008, p. 157-171.

GALVÃO, S. R. S.; SALCEDO, I. H. & OLIVEIRA, F. F. **Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.43, n.12, p.99-105. 2008.

GALVÃO, S.R. da S; SALCEDO, I.H. **Soil phosphorus fractions in sandy soils amended with cattle manure for long periods**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v, 33, p. 613-622, 2009.

GARRIDO, M. S.; SAMPAIO, E. V. S. B.; MENEZES, R. S. C. **Potencial de adubação orgânica com esterco no nordeste do Brasil**. IN: MENEZES, R .S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO I. H. (org). **Fertilidade do solo e produção de biomassa no semi-árido**. Editora Universitária, UFPE. Recife, 2008. P. 123-140.

GARRIDO, M. S.; SAMPAIO, E. V. B.; MENEZES, R. S. C. **Potencial de adubação orgânica com esterco no Nordeste do Brasil**. In MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B, SALCEDO , I. H. **Fertilidade e produção de biomassa no Semi-Árido**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2008. p.123-132.

JACOMINE, P.K.T. Solos sob caatinga: Características e uso agrícola. In: ALVARZ V., V. H.; FONTES, M.P.F.; eds. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG, SBCS/UFV/DPS, 1996. p. 95-111.

GUERRA, A.J.T. (1991). **Soil characteristics and erosion, with particular reference to organic matter content**. Tese de Doutorado, Universidade de Londres. 441p.

MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. Mudanças na fertilidade de um NeossoloRegolítico após seis anos de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v 12, p 251-257, 2008.

MORGAN, R.P.C. (1986). **Soil erosion and conservation**. Longman Group, Inglaterra. 298p.

MORGAN, R.P.C. (2005). **Soil erosion and conservation**. Blackwell Publishing, Inglaterra, 3.ed. 304p.

MURPHY, J. & RILEY, J.P. **A Modified single solution method for determination of phosphate in natural waters**. Anal. Chem. Acta, Oxford, v.27, n.1, p.31-36, 1962.

OLIVEIRA, J.B. **Pedologia aplicada**. Jaboticabal, FUNEP, 2001. 414p.

OLIVEIRA, F. F; SALCEDO, I. H. **Diagnóstico de fertilidade do solo das áreas cultivadas com batatinha (*Solanumtuberosum*)** no Município de Esperança, PB. In: MENEZES, R. S. C; SAMPAIO, E. V .S. B; SALCEDO, I. H. **Fertilidade do solo e produção de biomassa no semi-árido**. Recife, Editora universitária da UFPE, p.173-188. 2008.

SANTOS, J. S. **Heterogeneidade na distribuição do esterco em plantio de agricultura familiar: Efeito na dinâmica de nutrientes no solo e na planta de mandioca**. 2011. 31p.( Dissertação de mestrado)-: Centro de ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2011.

SHELTON CH, VON BERNUTH RD, RAJBHANDARI SP. **A continuous application rainfall simulator**. TransAmSocAgricEng, 28 (4):1115–9. 1985.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C.; TIESSEN, H.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SILVEIRA, L. M. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, Crotalariajuncea. I. Produtividade vegetal e estoque de nutrientes no solo em longo prazo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.1 p.39-49, 2007.

SOUZA, E.S.; ANTONINO, A.C.D.; ANGULO-JARAMILLO, R.; MACIEL NETO, A. Caracterização hidrodinâmica de solos: aplicação do método Beerkan. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.128-135, 2008.

SILVA, V. M.; RIGO, M. M.; MARTINS, C. A. S.; MENDONÇA, E. S. **Impacto da adubação orgânica sobre os estoques de carbono e nitrogênio e a qualidade da matéria orgânica do solo**. Enciclopedia Biosfera, 8:654-664,2012.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, J. H.; SILVA, F. B. R. **Fertilidade de solos do Semi-árido do Nordeste**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1995, Petrolina. Anais...Petrolina: SBCS, p. 51-71,1995.

SOUTO, P. C. et al **Decomposição de esterco disposto em diferentes profundidades em áreas degradadas no semiárido da Paraíba**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 29, p. 125-130, 2005.

TEJADA, M.; Gonzalez, J. L.; García-Martínez, A. M.; Parrado, J. **Effectsofdifferentgreenmanuresonsoilbiologicalpropertiesandmaizeyield**. **Bioresource Technology**, v.99,p.1758-1767, 2008.

URQUIAGA, S. & ZAPATA, F. **Fertilización nitrogenada em sistemas de producción agrícola**. In: URQUIAGA, S. & ZAPATA, F., eds. **Manejo eficiente de lafertilización nitrogenada de cultivos anuales em América Latina y el Caribe**. Porto Alegre, Gênese, 2000. p.77-88.