



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**QUALIDADE DO SOLO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE USO NO SEMIARIDO  
PARAIBANO**

**Denízia Ribeiro da Silva**  
**(Dissertação de Mestrado)**

AREIA, PB  
ABRIL - 2013

DENÍZIA RIBEIRO DA SILVA

**QUALIDADE DO SOLO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE USO NO SEMIARIDO  
PARAIBANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Pereira de Oliveira

AREIA, PB  
ABRIL - 2013

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da  
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

S586q Silva, Denízia Ribeiro da.

Qualidade do solo em diferentes condições de uso no Semiárido  
paraibano. / Denízia Ribeiro da Silva. - Areia: UFPB/CCA, 2013.

55 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Centro de  
Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2013.

Bibliografia.

Orientador: Flávio Pereira de Oliveira.

1. Fertilidade do solo 2. Degradação do solo 3. Qualidade do solo I.  
Flávio, Pereira de Oliveira (Orientador) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 631.45(043.3)

DENÍZIA RIBEIRO DA SILVA

**QUALIDADE DO SOLO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE USO NO SEMIARIDO  
PARAIBANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós –  
Graduação em Ciência do Solo da Universidade  
Federal da Paraíba, como parte dos requisitos  
para obtenção do título de Mestre em Ciência do  
Solo.

Aprovada em: 30/04/2013

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. , Dr. Flávio Pereira de Oliveira  
DSER/CCA/UFPB  
Orientador

---

Prof, Dr. Walter Esfrain Pereira  
DCFS/CCA/UFPB  
Examinador

---

Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araújo  
CCTA/UAGRA/UFCG  
Examinador

*A minha família, em especial a minha mãe (Mária da Guia Ribeiro da Silva), que norteou minha vida para a busca de um futuro melhor, dando todo o apoio e suporte necessário para seguir em frente.*

*A meus irmãos e irmãs e a todas as pessoas que acreditaram sempre na minha capacidade de seguir em direção aos meus objetivos.*

**Dedicatória**

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, por Ele ter me permitido chegar até aqui, pela força e perseverança que me deu e pelo fortalecimento nas horas em que pensava em fraquejar;

A minha mãe, Maria da Guia, pelo exemplo de garra e determinação, por ensinar-me o sentido da família, do amor e da importância que a educação tem em nossas vidas;

À CAPES-Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela importante ajuda financeira por meio da bolsa de estudos;

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, à Coordenadora Profa. Vânia da Silva Fraga e à Secretária Rosa Cláudia;

Ao Professor Dr. Flávio Pereira de Oliveira, pela orientação constante, pela confiança depositada em mim, pelos conhecimentos compartilhados, pela disponibilidade, por saber ouvir pacientemente todas as dificuldades encontradas ao longo do curso;

Ao Prof. Walter Esfrain Pereira, pela valiosa ajuda nas análises estatísticas e pela paciência em ensinar a todos que o procuram. A todos os professores de Pós-Graduação em Ciência do Solo, meu muito obrigada, pela atenção pela paciência que dedicam aos estudantes;

Aos funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Rural que desempenham suas funções com competência e pela paciência que dedicam aos estudantes na condução de suas pesquisas, em especial a Robeval Santiago e Dona Marielza;

As minhas amigas Janielly e Patricia, que estiveram sempre presentes, me auxiliando compartilhando seus conhecimentos. A todas as minhas amigas e amigos em especial a Edvânia, Sherly, Fabiana, Talita, Eliane. Ao Leandro, Roberio, Franci, Elde, Gilson, Achilles, Lucas, Haron, Fábio.

Aos meus sobrinhos e sobrinhas, primos e primas, irmãos e irmãs, tios e tias; A todos que contribuiu mental, espiritual e materialmente para a realização deste desafio,

**Muito obrigada!**

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b>	viii
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	x
<b>RESUMO</b>	xi
<b>ABSTRACT</b>	xii
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	01
1.1. Hipóteses	02
1.2. Objetivos	02
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	04
2.1. Degradação do bioma caatinga	04
2.2. Desertificação de áreas agrícolas	05
2.3. Áreas agrícolas afetadas pelo processo de degradação	06
2.4. Indicadores de qualidade do solo relacionados com a desertificação	09
2.5. Fertilidade do solo no semiárido	11
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	13
3.1. Localização da área de estudo	13
3.2. Amostragem do solo	14
3.3. Caracterização física do solo	15
3.4. Caracterização química do solo	16
3.5. Fracionamento físico da matéria orgânica do solo	17
3.6. Análise estatística	18
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	19
4.1. Caracterização dos atributos físicos do solo	19
4.2. Caracterização dos atributos químicos do solo	26
4.3. Fracionamento físico da matéria orgânica do solo	32

<b>5. CONCLUSÕES</b>	35
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	36

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Análise granulométrica, argila dispersa em água, grau de flocculação e classificação textural para solo sob diferentes condições de uso	20
<b>Tabela 2.</b> Análise granulométrica, argila dispersa em água, grau de flocculação e classificação textural para as diferentes profundidades	20
<b>Tabela 3.</b> Macro e microagregados, obtidos por peneiragem via úmida, para solo sob diferentes condições de uso	21
<b>Tabela 4.</b> Macro e microagregados, obtidos por peneiragem via úmida, em diferentes profundidades	22
<b>Tabela 5.</b> Macro e microagregados obtidos por peneiragem seca, sob diferentes condições de uso e profundidades de amostragem	23
<b>Tabela 6.</b> Diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por peneiragem via seca (DMPAs) e úmida (DMPAu) e sua relação (DMPAu/DMPAs) sob diferentes condições de uso e profundidades de amostragem	25
<b>Tabela 7.</b> Densidade do solo, de partículas e porosidade total sob diferentes condições de uso e profundidades de amostragem	26
<b>Tabela 8.</b> Atributos químicos do solo sob diferentes condições de uso e profundidades de amostragem	28
<b>Tabela 9.</b> Atributos químicos do solo sob diferentes condições de uso	30
<b>Tabela 10.</b> Atributos químicos do solo avaliados em diferentes profundidades	30

<b>Tabela 11.</b> Índices do complexo sortivo do solo avaliado sob diferentes condições de uso	32
<b>Tabela 12.</b> Índices do complexo sortivo do solo avaliado em diferentes profundidades	32
<b>Tabela 13.</b> Carbono orgânico total, carbono orgânico particulado e carbono orgânico associado aos minerais sob diferentes condições de uso	34
<b>Tabela 14.</b> Carbono orgânico total, carbono orgânico particulado e carbono orgânico associado aos minerais para as três profundidades.	34

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização do Município de São João do Cariri (PB)  
([http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Paraiba\\_Municip\\_SaoJoaodoCariri.svg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Paraiba_Municip_SaoJoaodoCariri.svg)) 14
- Figura 2.** Áreas representativas sob diferentes condições uso Área com vegetação Nativa (I), Área cultivada (II) e Área em processo de degradação (III) selecionadas no município de São João do Cariri, PB 14
- Figura 3.** Coleta de amostras para caracterização física e química do solo 15

SILVA, DENÍZIA RIBEIRO da. **QUALIDADE DO SOLO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE USO NO SEMIARIDO PARAIBANO** <sup>1/</sup> Orientador: Prof. Dr. Flávio Pereira de Oliveira.

## RESUMO

A degradação das terras é uma problemática que vem se instalando em vários países, principalmente com a redução da cobertura natural para a implementação de culturas agrícolas. No Brasil, essa degradação aparece mais acentuadamente no semiárido nordestino por apresentar características que favorecem esse processo. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar os atributos físicos e químicos do solo de áreas agrícolas sob diferentes condições de uso no município de São João do Cariri (PB) sob influencia do processo de degradação. Foram coletadas amostras de solo em três áreas agrícolas compostas por vegetação nativa, cultivada e degradada. Nessas áreas foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. As variáveis químicas (pH, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> Na<sup>+</sup>, acidez potencial e matéria orgânica) e físicas (densidade do solo e de partículas, porosidade total, estabilidade de agregados) e o fracionamento físico da matéria orgânica foram realizados. O carbono do solo está mais preservado na área sob vegetação nativa e menos preservado na área degradada. O diâmetro médio ponderado de agregados secos e úmidos foram maiores na área cultivada. Os resultados obtidos na determinação dos atributos físicos e químicos foram avaliados por meio de análise de variância. Comparações de médias foram efetuadas com aplicação do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi utilizado o procedimento MIXED com pseudo repetições, considerando a profundidade como medida repetida no espaço. As análises foram feitas com o software SAS/STAT (SAS, 2011).

Palavras – chave: Fertilidade do solo, Degradação, Qualidade do solo

---

<sup>1/</sup> Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia. (55 p.) Abril, 2013.

SILVA, DENÍZIA RIBEIRO da. **SOIL QUALITY IN DIFFERENT CONDITIONS OF USE IN THE PARAIBA SEMIARID.** Areia - PB, Center for Agricultural Sciences, UFPB, 2013. 55 p. Dissertation (master in soil science). Adviser: Prof. Dr. Flávio Pereira de Oliveira.

### ABSTRACT

In the semiarid, because of climate, soil, and vegetation peculiarities, added to human action without planning, it is necessary to conduct several studies attempting to identify management techniques for regional agricultural ecosystems focused on sustainability. The monitoring of soil quality attributes is an activity of great importance in the sustainability of agricultural ecosystems, because through it you can evaluate whether the management is adequate. Thus, the purpose of this study was to assess physical and chemical properties of soils in agricultural areas under different usage conditions in the town of São João do Cariri, in the state of Paraíba, under the influence of the desertification process. Three areas were selected: native vegetation, cultivated vegetation, and vegetation under degradation process. Soil samples were collected at depth levels between 0-5, 5-10 and 10-20 cm from the main type of soil identified in the region, classified as Alfisol. Analyses of chemical variables were performed (pH, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> Na<sup>+</sup>, potential acidity and organic matter) and physical variables (soil and particle density, total porosity, aggregate stability) and physical fractionation of organic matter. In the physical determinations, the results showed that despite the amounts of sand, silt and clay have differed among the areas, the textural classification of the soil was Sandy Loam. The amount of clay in the area of native vegetation was higher than in the cultivated area, while, in turn, the amount of sand was greater in the cultivated area and lower in the degraded and cultivated areas, respectively. Water dispersible or natural clay was higher in the area with native vegetation. The dried macroaggregates were higher in the area with native vegetation compared to the degraded area, although they did not differ statistically. In the chemical determinations, organic matter content in the area with native vegetation was higher than in the cultivated and degraded areas respectively. This result occurs due to the preservation and higher quantity of forest residue, as well as the absence of tillage. The values of Ca and Mg tended to be higher in the native vegetation area and lower in the cultivated area. The levels of P and K were also higher in the native vegetation area, but much lower in the degraded area. The longer the land was used, the more alterations there were in the physical and chemical properties of the soil.

Key - words: Soil fertility, Degradation, Soil Quality

## 1. INTRODUÇÃO

A região semiárida nordestina possui uma área de aproximadamente 1 milhão de km<sup>2</sup> e uma população de cerca de 20 milhões de habitantes sendo uma das maiores e mais densamente habitadas do mundo. Esta região ocupa 8,8% do território brasileiro e sua vegetação típica é o bioma Caatinga, constituído especialmente de espécies lenhosas e herbáceas, de pequeno porte (SAMPAIO et al., 1995).

A Caatinga brasileira tem uma diversidade maior que qualquer outro bioma do mundo sob as mesmas condições de clima e de solo, mas, está entre os biomas brasileiros mais degradados pelo homem.

No semiárido nordestino, a degradação dos recursos naturais e, especialmente, a diminuição da fertilidade do solo, têm sido provocadas pelo aumento da intensidade do uso do solo e redução da cobertura vegetal nativa. A retirada da Caatinga, aliada a longos períodos de estiagem, provoca acentuada degradação do solo, deixando-o descoberto e exposto por mais tempo à ação dos agentes climáticos, reduzindo, conseqüentemente, seu potencial produtivo, causando danos muitas vezes irreversíveis ao meio ambiente e afetando também a sua diversidade (SOUTO et al., 2005).

Os problemas de ordem ambiental e antrópica da Caatinga são agravados pela baixa fertilidade natural dos seus solos, que sofrem limitações tanto pela elevada pedregosidade como pela escassez de água, além da profundidade do perfil, geralmente raso e da dificuldade de drenagem. Os solos encontrados nessa região variam muito, especialmente em função do material de origem. Ocorrem desde solos com alto grau de intemperismo até solos jovens. As classes mais frequentes são Latossolos, Argissolos, Luvisolos, Planossolos, Vertissolos, Neossolos e Cambissolos (RIBEIRO et al., 2009).

Algumas classes de solo apresentam uma maior ou menor susceptibilidade ao processo erosivo, muitas vezes isto resulta em perda do solo através do processo erosivo, ocasionando a redução da fertilidade do solo. Que por sua vez, contribui para favorecer os processos de desertificação (RIBEIRO et al., 2009).

Nas últimas décadas vem ocorrendo significativo aumento do processo de desertificação no mundo. As principais áreas atingidas são: oeste da América do Sul, Oriente Médio, Sul da África, Noroeste da China, Sudoeste dos Estados Unidos, Austrália e Sul da Ásia. No Brasil, a desertificação vem aumentando, atingindo várias regiões do Nordeste, Pampas Gaúchos, Cerrado do Tocantins e o Norte do Mato Grosso e Minas Gerais (FILETTI,

2011). Dentre as regiões do Nordeste está o Estado da Paraíba, aproximadamente 70% do seu território estão susceptíveis ao processo de desertificação, considerado grave tanto pela abrangência da área, como pelos níveis de degradação. Os principais pontos de degradação estão localizados principalmente nas regiões do Sertão, Seridó e Cariri paraibano que abrange os seguintes municípios: Juazeirinho, São João do Cariri, Serra Branca, Cabaceiras e Camalaú sendo o Cariri a área mais seriamente ameaçada. No município de São João do Cariri, a vulnerabilidade ecológica associada às atividades antrópicas está contribuindo para acelerar o processo de degradação da terra.

A problemática da desertificação no município de São João do Cariri, como em outros no Cariri Paraibano é preocupante, as marcas do homem são tão fortes que os testemunhos da Caatinga original mais ou menos preservada são raros, dispersos ou praticamente inexistentes (VELLOSO et. al. 2002). Esse processo vem provocando mudanças na qualidade do solo, alterando suas características físicas, químicas e biológicas. “Qualidade do solo é a capacidade deste de funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde de plantas e animais (DORAN E PARKIN, 1994). O manejo inadequado do solo gera alterações nos atributos químicos e físicos dos solos que podem reduzir sua fertilidade, com impactos negativos nos agrossistemas e na produção.

### **1.1. Hipóteses**

O uso agrícola causa alterações nos atributos físicos e químicos e reduzem a boa estruturação do solo e a fertilidade em relação à área preservada, conduzindo a degradação do solo.

Os atributos físicos (densidade, porosidade, estabilidade de agregados) e químicos (pH, cálcio, magnésio, matéria orgânica) são parâmetros eficazes na indicação da qualidade do solo, porque estão relacionados diretamente com qualquer alteração que ocorra no solo.

### **1.2 Objetivos**

#### **1.2.1 Geral**

Avaliar os atributos físicos e químicos do solo de áreas agrícolas sob diferentes usos no município de São João do Cariri sob influencia do processo de degradação.

### **1.2.2 Específicos**

Avaliar a fertilidade do solo em diferentes profundidades em solo sob diferentes usos;

Caracterizar os atributos físicos do solo, tais como, densidade, porosidade e estabilidade de agregados, indicadores de qualidade de solo fundamentais;

Caracterizar os atributos químicos do solo, relacionados diretamente com a fertilidade do solo, como pH, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> e Matéria Orgânica;

Comparar os atributos físicos e químicos dos solos sob condições degradada, cultivada e preservada.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Degradação do bioma Caatinga

Aproximadamente 70% da região Nordeste do Brasil é representada pela região semiárida, com uma extensão de 969.589,4 km<sup>2</sup>, coberta por uma vegetação de Caatinga (BRASIL, 2008), que ocupa praticamente toda a área dos Estados do Ceará e do Rio Grande do Norte, o sudeste do Piauí, a maior parte da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e o interior da Bahia; e uma porção do extremo norte de Minas Gerais (BERNARDES, 1999). No Estado da Paraíba, 90% da área encontra-se sob o domínio deste bioma (ANDRADE et al., 1999).

A diversidade deste bioma é grande, estima-se que existam pelo menos 932 espécies vegetais, das quais 318 são endêmicas (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2002). As famílias mais representativas são Caesalpinaceae, Mimosaceae, Euphorbiaceae e Fabaceae sendo os gêneros *Senna*, *Mimosa* e *Pithecelobium* os mais abundantes (DRUMOND et al., 2004). As plantas da caatinga têm potencialidades variadas, destacando-se como espécies medicinais, madeireiras, frutíferas e forrageiras.

O bioma Caatinga desenvolve-se em solos cujas características físicas nem sempre permite a retenção de água por um longo período de tempo. Além disto, há elevada taxa de evapotranspiração, que faz com que a água disponível às plantas seja proveniente apenas das chuvas, que apresentam distribuição muito irregular (FERNANDES, 1992).

O clima, as práticas agrícolas, as queimadas e o desmatamento são os principais fatores que contribuem para instabilidade da Caatinga. São encontradas neste ambiente, áreas degradadas, com solos completamente descobertos e sujeitos aos processos erosivos e, conseqüentemente, ao empobrecimento da sua fertilidade e redução do seu potencial produtivo, causando danos muitas vezes irreversíveis ao meio (TREVISAN et al., 2002). Existem áreas de vegetação rala que possuem pouca estabilidade e que estão sujeitas à degradação e áreas de cobertura vegetal densa, com grande diversidade de espécies que proporcionam boa cobertura ao solo protegendo-o contra as ações climáticas e antrópicas (CHAVES et al., 2002).

O manejo inadequado dos solos do semiárido tem se apresentado como um dos principais problemas da região, podendo ocasionar degradação dos seus atributos físicos, químicos e biológicos, essenciais para a manutenção da vegetação (SALCEDO, 2004). No semiárido nordestino, a degradação dos recursos naturais e especialmente a diminuição da

fertilidade do solo, têm sido provocadas pelo aumento da intensidade do uso do solo e a redução da cobertura vegetal nativa (MENEZES E SAMPAIO, 2002).

A eliminação sistemática da cobertura vegetal e o uso indevido das terras têm acarretado graves problemas ambientais, entre os quais se destacam a redução da biodiversidade, a degradação dos solos, o comprometimento dos sistemas produtivos e a desertificação de extensas áreas na maioria dos Estados que compõem a região (BRASIL, 1995).

## **2.2. Desertificação de áreas agrícolas**

A degradação dos recursos naturais, principalmente do solo e da água, vem crescendo significativamente, atingindo hoje, níveis críticos que se refletem na deterioração do meio ambiente, como por exemplo: assoreamento dos cursos d'água e poluição das fontes de água; menor disponibilidade de água para irrigação e abastecimento; redução da produtividade agrícola; diminuição da renda líquida dos agricultores e, conseqüentemente, empobrecimento do meio rural (MANZATTO et al., 1988).

O solo é um recurso natural que tem papel destacado dentro dos ecossistemas. Estando nesta posição, recaem sobre ele as mais variadas formas de degradação, assim dependendo do tipo de manejo agrícola adotado, o mesmo poderá influenciar em maior ou menor grau de ruptura do equilíbrio natural do ecossistema, alterando atributos físicos, químicos e biológicos, bem como a produtividade das culturas (OLIVEIRA, 2006).

Dentre as causas de redução da capacidade produtiva dos solos e da degradação do meio ambiente, a erosão hídrica é uma das formas mais prejudiciais de degradação do solo, uma vez que reduz a capacidade produtiva das culturas, além de causar sérios danos ambientais, sendo por isso necessários programas de controle da erosão hídrica para que uma agricultura estável possa ser praticada (HICKMANN et al., 2008; COGO et al., 2003; ZARTL et al., 2001).

É consenso mundial que a erosão acelerada é um sério problema global, sendo difícil avaliar precisamente a sua extensão, a sua magnitude e a sua taxa, bem como as conseqüências econômicas e ambientais. Segundo Oldeman (1994), a erosão hídrica é a principal forma de degradação do solo.

De acordo com o United Nations Environmental Program (1991) e Higgitt (1991), grandes áreas de terras cultivadas podem se tornar improdutivas, ou pelo menos,

economicamente inviáveis, se a erosão não se mantiver em níveis toleráveis. Os dados de degradação dos solos no Brasil nas áreas agrícolas são alarmantes, sendo que, em diversos, Estados a situação é grave.

No semiárido Nordeste a erosão é a mais grave das causas de degradação dos solos, por sua irreversibilidade. Ela pesa ainda mais pela grande extensão de solos já excessivamente rasos, pelo regime de chuvas com elevado potencial erosivo e pela agricultura praticada em áreas de alta declividade e sem qualquer medida de prevenção. As áreas consideradas mais desertificadas, no Nordeste, são as que conjugam solos descobertos e evidências marcantes de erosão (SÁ et al., 1994). Apesar deste conhecimento, as medidas de erosão na região, são extremamente deficientes e sua ligação com desertificação continua subjetiva. Desta forma, os prejuízos sociais e ambientais advindos da erosão também são bastante elevados, pois a erosão do solo reduz a capacidade produtiva das terras, refletindo no aumento dos custos de produção e, conseqüentemente, no lucro obtido pelos agricultores.

Vasconcelos Sobrinho (1983) relata que a principal característica do fenômeno da desertificação no semiárido nordestino é a presença de manchas de solo exposto, apresentando solos rasos, sem capacidade de retenção de água, e com limitações físicas e químicas, que aumentam a vocação ecológica para a desertificação.

### **2.3. Áreas agrícolas afetadas pelo processo de degradação**

Conforme a Organização das Nações Unidas (ONU), a desertificação resulta da degradação do solo, que o torna estéril, e vem sendo provocada principalmente pelo homem, por meio de práticas como desmatamento de extensas áreas de floresta, da agropecuária intensiva e da mineração desordenada. Essas atividades destroem a cobertura vegetal natural do solo, contribuindo para o surgimento de terrenos arenosos, impermeáveis à absorção de água. Na década de 90, o manejo agrícola inadequado foi responsável pela degradação de 562 milhões de hectares de terra, ou seja, 38% do total da área plantada no mundo (ONU, 1994). Isso é resultante também da erosão hídrica, por ser uma das principais causas de esgotamento das propriedades do solo. Conforme relata Oldeman (1992), grandes áreas da superfície do globo são afetadas pela erosão hídrica. Da área terrestre habitada 24% já foram atingidas pela degradação do solo induzida por ação antrópica. Os valores para cada continente mostram que para América Central são pouco significantes, já para América do Norte as áreas afetadas chega a 12%. Para América do Sul - 18%, Oceania - 19%, Europa - 26%, África - 27% e a Ásia - 31%.

Ainda segundo dados das Nações Unidas, este processo vem reduzindo a área de produção, anualmente, em cerca de 6 milhões de hectares devido ao sobre pastoreio, salinização dos solos por irrigação, uso intensivo e sem manejo adequado na agricultura. As perdas econômicas anuais devido à desertificação giram em torno de 1 bilhão de dólares e o custo de recuperação das terras em todo o mundo pode chegar a 2 bilhões de dólares por ano (UNEP, 1992).

No Brasil, o Plano Nacional de Combate à Desertificação (PNCD), que é um acordo de cooperação técnica entre o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, e o Governo Brasileiro consideraram que a grande maioria das terras com níveis de susceptibilidade à desertificação de moderada a muito alta se encontram nas áreas semiáridas e subúmidas do Nordeste. O PNCD estima que cerca de 181.000Km<sup>2</sup>, que corresponde a 20% da área semiárida do Nordeste, encontra-se em processo de desertificação. As áreas onde os problemas de degradação são mais acentuados foram definidas como Núcleos de Desertificação. No mapeamento feito pelo Ministério do Meio Ambiente foram definidos quatro núcleos de desertificação (BRASIL, 1998). O Núcleo do Seridó, localizado nas regiões do Rio Grande do Norte e Paraíba, envolvendo os municípios de Parelhas, Jardim do Seridó, Carnaúba dos Dantas, Acari, Currais Novos e Equador, no Rio Grande do Norte, e os municípios de Frei Martinho, Picuí, Nova Palmeira e Pedra Lavrada, na Paraíba. Outras áreas do Estado como dos Cariris Velhos e do Curimataú, na região da Borborema Central, e a Depressão de Patos, no Sertão de Piranhas, também estão em processo de desertificação (RIBEIRO et al., 2009). No cariri o Município de São João do Cariri é um dos mais afetados por este processo (BARBOSA et al, 2007).

De acordo com Velloso et al. (2002) o Cariri Paraibano, em função das adversidades climáticas e da baixa resiliência do ecossistema, está entre as áreas de mais alta prioridade para estudo e conservação no bioma Caatinga.

Todas as áreas submetidas a processos de degradação muito intensos no semiárido do Nordeste estão, relacionadas com quatro subordens de solos: Luvissolos Crômicos, Planossolos Nátricos, Planossolos Háplicos e Neossolos Litólicos, que apresentam caracteristicamente alta suscetibilidade a erosão e, ou, baixa disponibilidade de água (RIBEIRO et al., 2009).

O manejo inadequado de solos agrícolas tem proporcionado aumento significativo de terras degradadas. O desconhecimento de práticas conservacionistas e a ausência de planejamento do uso do solo aliada ao aumento da demanda de alimentos podem ser considerados como fatores decisivos para o estabelecimento desse cenário (DIAS E

GRIFFITH, 1998).

Portanto, nessas condições, as práticas agrícolas têm ocasionado elevado grau de impacto ambiental, devido à remoção da vegetação nativa, queimadas, exposição do solo às forças erosivas da chuva e uso de insumos químicos, situação essa que se potencializa nas condições de semiaridez onde os ecossistemas são naturalmente mais frágeis. Os principais fatores que comprometem a capacidade de manutenção dos sistemas agrícolas em longo prazo são o uso e manejo inadequado do solo. Nas grandes extensões de áreas agricultáveis no Brasil, principalmente na região semiárida, devido às suas condições edafoclimáticas, ocorrem sérios problemas de degradação do solo, muitas vezes, resultantes da falta de informação sobre as potencialidades e limitações de uso e um bom manejo desse recurso (CORREIA et al., 2004).

A deterioração do ambiente ou os impactos provocados a partir da produção, transformação, distribuição de alimentos e produtos agrícolas, tem sido historicamente considerada inerente ao desenvolvimento das atividades do setor primário. Atualmente, no contexto mundial, com o crescimento das atividades agrícolas, devem-se propor iniciativas e criar estruturas para que se possam considerar todas as dimensões de um manejo eficiente, a fim de garantir a manutenção dos recursos naturais e que também atenda as necessidades sociais no uso do ambiente (TOMÉ, 2004).

Nas últimas décadas as práticas agrícolas inadequadas vêm ocasionando a degradação dos solos principalmente em áreas agrícolas, em razão de diversos processos que levam ao depauperamento das características físicas, químicas e biológicas, sendo apontados como principais, a mobilização excessiva do solo e o superpastejo. Esses processos são responsáveis por diversos fatores que têm contribuído para a diminuição do potencial produtivo do solo, o que tem afetado a sustentabilidade do sistema (AZEVEDO E SVERSUT, 2007).

Para conduzir explorações agrícolas com bases conservacionistas, sem descuidar dos interesses financeiros dos agricultores, é necessária a planificação racional do uso do solo a ser dados a cada gleba de terra, considerando o conjunto das suas principais características físicas, químicas, ecológicas e econômicas (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1990). Do ponto de vista socioeconômico, deve-se acrescentar que, grande parte destas áreas coincide com os maiores bolsões de pobreza nos países de terceiro mundo, fazendo dos processos de perda da produtividade agrícola e da qualidade de vida resultantes em um quadro dramático (OLIVEIRA, 2000).

A ausência de um manejo ambientalmente correto nas extensas áreas ocupadas por cultivos agrícolas é preocupante. Contudo, as pesquisas desenvolvidas podem contribuir com

uma produção, que contemple os valores éticos como forma de planejar e praticar o manejo responsável em qualquer agroecossistema (TOMÉ, 2004).

#### **2.4 Indicadores de qualidade do solo relacionados com a desertificação**

A qualidade do solo, almejada em sistemas agrícolas sustentáveis, tem recebido bastante atenção na pesquisa em ciência do solo. Os atributos químicos, físicos e biológicos podem ser empregados como indicadores de qualidade do solo por estarem intimamente relacionados ao desenvolvimento de plantas e à conservação dos recursos naturais. Houve intensificação nas discussões sobre a qualidade do solo, a partir de 1990, com a preocupação da comunidade científica foi relacionar a qualidade do solo à sustentabilidade agrícola, levando em consideração o fator tempo. Nesse sentido, para o Serviço de Conservação dos Recursos Naturais do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, a qualidade do solo é conceituada como a capacidade do solo em desempenhar as suas funções no momento atual e a preservação dessas funções para uso futuro (USDA – NRCS, 2011). Assim, um determinado tipo de solo pode ser considerado com boa qualidade quando apresentar a capacidade, dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, de manter a produtividade e a biodiversidade vegetal e animal, melhorando a qualidade do ar e da água. Para isso, é fundamental respeitar a capacidade de uso das terras e proporcionar manejo adequado aos solos explorados.

Segundo Sans (2000), o entendimento da qualidade do solo é fundamental tendo em vista a necessidade de adoção de estratégias para um manejo sustentável dos diversos sistemas de produção, sendo uma meta a ser perseguida aos dias atuais.

A avaliação quantitativa da qualidade do solo é fundamental na determinação da sustentabilidade dos sistemas de manejo utilizados. Um dos conceitos de qualidade do solo mais difundido, proposto por Doran e Parkin (1994) que considera a qualidade do solo como sendo a capacidade deste de funcionar dentro dos limites do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde de plantas e animais.

Considerando que a qualidade do solo envolve uma série de processos físicos, químicos e biológicos que fornece subsídios para o funcionamento do solo, o monitoramento adequado da qualidade do solo deverá ser feito utilizando-se atributos que reflitam a capacidade de produção e a sua sustentabilidade (DORAN E ZEISS, 2000). Esses atributos devem representar indicadores capazes de mostrar mudanças ocorridas na qualidade do solo,

transformações em suas condições frente ao uso da terra e sistemas de manejo.

Para ser de utilidade prática, os indicadores de qualidade devem ser sensíveis às variações de manejo, correlacionar-se com as funções do solo, ser de fácil mensuração e de baixo custo, que possibilitem o entendimento dos processos do ecossistema e que sejam compreensíveis e úteis para o agricultor (DORAN E ZEISS, 2000).

Portanto, a determinação de indicadores de qualidade de solo se faz necessária para, possibilitar, a identificação de áreas problemas utilizadas na produção, fazer estimativas realistas de produtividade, monitorar mudanças na qualidade ambiental e auxiliar agências governamentais a formular e avaliar políticas agrícolas de uso da terra (LIMA, 2007).

Há três tipos principais de degradação do solo: física, química e biológica. A degradação física refere-se a perdas de condições estruturais do solo (densidade do solo, porosidade, capacidade de infiltração, aeração, estabilidade dos agregados); são sintomas claros desse tipo de degradação. Assim como a elevada resistência à penetração, limitações de aeração e a elevada suscetibilidade à erosão. A degradação química é o reflexo da retirada de nutrientes do solo ou do acúmulo de elementos tóxicos, que são prejudiciais ao crescimento de plantas. Enquanto a degradação biológica está associada à redução de matéria orgânica e da atividade e diversidade de organismos no solo (DORAN E PARKIN, 1994).

Existe uma grande quantidade de indicadores, relacionados com os principais tipos de degradação do solo: indicadores visuais, que podem ser obtidos através de observação direta ou interpretação fotográfica (exposição do subsolo, mudanças na cor do solo, ocorrência de voçorocas); indicadores físicos que estão relacionados com o arranjo das partículas sólidas e poros e ocorrência de erosão; indicadores químicos incluem medidas de pH, salinidade (condutividade eletrolítica, teor de sais, saturação por sódio), matéria orgânica, concentrações de fósforo, capacidade de troca de cátions, e concentrações de elementos que podem ser contaminantes potenciais ou aqueles que são necessários ao crescimento e desenvolvimento das plantas; indicadores biológicos incluem medidas de macro e microrganismos, sua atividade, seus subprodutos, composição e diversidade da flora e fauna (populações de minhocas, térmitas e nematóides); teor de matéria orgânica, cátions, biomassa microbiana, atividade enzimática (BAUTISTA et al., 2004).

Do ponto de vista das atividades agrícolas, os indicadores físicos assumem importância por estabelecerem relações fundamentais com os processos hidrológicos, tais como a taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Possuem também função essencial no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo. Entre os principais indicadores físicos de qualidade de solo sob o ponto de vista

agrícola, está à textura, estrutura, resistência à penetração, profundidade de enraizamento, capacidade de água disponível, percolação ou transmissão da água e sistema de cultivo (GOMES E FILISOLA, 2006; SILVA E RIBEIRO, 1997).

A estrutura do solo é um dos atributos de grande importância para o crescimento das plantas, uma vez que influi diretamente nas condições de adensamento, compactação, encrostamento, infiltração de água e suscetibilidade do solo à erosão (CAMPOS et al., 1995). Ainda de acordo com o autor, a estrutura pode ser avaliada por meio da densidade do solo, macro e microporosidade, estabilidade de agregados, resistência à penetração e infiltração da água no solo. Estes atributos indicam o efeito do manejo do solo, sendo de fácil mensuração, com respostas rápidas e de razoável precisão.

A matéria orgânica, que se relaciona com muitos atributos do solo, também é considerada um dos melhores indicadores de qualidade do solo (REICHERT et al., 2003). Por que várias funções e processos biológicos, físicos e químicos que ocorrem no solo estão relacionados diretamente com a presença de matéria orgânica (KARLEN et al., 1992). Também é um componente indispensável na recuperação de solos degradados, pois além de melhorar as características físicas e químicas do solo é fonte de energia para a manutenção da fauna do solo.

## **2.5. Fertilidade do solo no semiárido**

A fertilidade do solo está relacionada ao poder de fornecimento de nutrientes pelo solo às plantas em quantidades suficientes e equilibradas. A análise química do solo é o método mais utilizado para avaliar sua fertilidade.

No semi-árido brasileiro, a economia é basicamente dependente de sistemas agrícolas tradicionais, praticados de forma itinerante, com corte e queima da vegetação existente e, em geral, sem adubação. Após poucos anos de cultivo, as terras são abandonadas em razão da grande queda da produção (TIESSEN et al., 1992). A irregularidade das chuvas nesta região e nenhuma aplicação de fertilizante resultam em produtividade muito baixa comparada com a do resto do Brasil, para a maioria dos alimentos básicos (IBGE, 1995).

Atualmente, na região semiárida, o aumento contínuo do desmatamento para a introdução da agricultura e pecuária vem reduzindo a vegetação em torno de 2,7% ao ano (ARAÚJO FILHO E BARBOSA, 2000). As áreas desmatadas em função do corte de lenha, anualmente, atingem aproximadamente  $1 \times 10^6$  ha, apenas para os estados do CE, RN, PB e PE (SAMPAIO E SALCEDO, 1997). Assim, a redução da fertilidade dos solos sob Caatinga

está intimamente relacionada com o desmatamento e substituição da vegetação nativa por outra cultivada de porte ou ciclo de vida diferente. O solo desnudo ou com cobertura deficiente fica mais suscetível aos processos erosivos. O cultivo, a retirada de produtos agrícolas sem reposição dos nutrientes perdidos leva a perda da fertilidade (SAMPAIO E ARAÚJO, 2005).

A desertificação é acelerada pela ação do homem, através da utilização de práticas inadequadas, trazendo conseqüências danosas para a terra e para quem dela tira o sustento (BARBOSA et al., 2005b), explorando a terra intensivamente até a exaustão da sua fertilidade natural, e sem qualquer prática de reposição dessa fertilidade e de preservação do solo (LEMOS, 1995).

Os problemas de ordem ambiental e antrópica da Caatinga são agravados pela baixa fertilidade natural dos seus solos que sofrem limitações tanto pela presença de pedregosidade como pela escassez de água (PAES-SILVA, 2002), além da profundidade do perfil, geralmente raso, da dificuldade de drenagem e do excesso de Na trocável (SILVA, 2000). Nestes ambientes são encontradas áreas degradadas, com solos desnudos, mais sujeitos aos processos erosivos e ao empobrecimento da sua fertilidade, áreas de vegetação rala, que possuem pouca estabilidade e estão sujeitas à degradação, como também áreas de cobertura vegetal densa, com grande diversidade de espécies que proporcionam boa cobertura ao solo, protegendo-o das ações climáticas e antrópicas (CHAVES et al., 2002).

Em geral, os solos da região semiárida do Nordeste do Brasil são pouco férteis devido principalmente, à baixa disponibilidade de N e P; a região é caracterizada pela predominância de pequenas propriedades com mão-de-obra familiar, cultivos agrícolas de subsistência e pecuária baseada no pastoreio da vegetação nativa. Os fertilizantes minerais comerciais são pouco utilizados em virtude do seu alto custo, do baixo poder aquisitivo da maioria dos agricultores e do risco proporcionado pela variabilidade do regime de chuvas, por este motivo, a fertilidade dos solos depende, sobretudo, do manejo da matéria orgânica (TIESSEN et al., 1994; SALCEDO, 2004).

Deste modo, a variabilidade, a escassez das chuvas e a baixa fertilidade dos solos são consideradas como os principais fatores limitantes para a atividade agropecuária na região semi-árida (Campos, 2004).

Diversos estudos estão sendo realizados na região semiárida, no entanto, a compreensão dos recursos naturais regionais ainda não está totalmente elucidada, restando diversas lacunas a serem esclarecidas.

Para o semiárido nordestino há poucas publicações com uma abordagem geral sobre a fertilidade dos solos. As publicações são pontuais de determinada área irrigada, fazendas ou lotes de terra. Carece de uma avaliação abrangente da fertilidade dos solos nessa região, a qual servirá como referência pelos agricultores, dando suporte aos mesmos durante o emprego de práticas de manejo, principalmente por ocasião da adubação e correção dos solos (BRITO, 2010).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Localização da área de estudo

A área em estudo compreende o território municipal de São João do Cariri (Figura 1), localizado na zona fisiográfica denominada de Planalto da Borborema, parte da Microrregião do Cariri Oriental ou antigo Cariri Velho. O município situa-se entre as coordenadas geográficas 07°23'27" de latitude sul e 36°31'58" de longitude oeste, com uma altitude média de 458m e uma área territorial de 700,6 km<sup>2</sup>, representando 1,24% da área do Estado. Limita-se ao norte com o município de Gurjão; a oeste com os municípios de São José dos Cordeiros, Serra Branca e Congo; ao sul com o estado de Pernambuco e a leste com os municípios de Cabaceiras e Barra de São Miguel. Sua população em 2003 foi estimada em 5.000 habitantes.

O município esta inserido na mesorregião da Borborema e microrregião do Cariri Oriental, na Superfície Aplainada do Planalto da Borborema, sob a litologia cristalina e contempla uma das principais classes identificadas na região, Luvissole Crômico Vértico (CHAVES E CHAVES, 2000).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Bsh semiárido quente, com chuvas de verão e o bioclima 2b de Gaussen variando de 9 a 11 meses secos, denominado subdesértico quente de tendência tropical. A temperatura média mensal máxima de 27,2°C e mínima de 23,1°C e umidade relativa do ar de 70 % (BRASIL, 1972). A precipitação pluviométrica da área é de 522,6 mm ano<sup>-1</sup>.

O estudo foi realizado em áreas agrícolas localizadas no município de São João do Cariri, considerado uma das regiões afetadas pelo processo de desertificação no Estado da PB. Foram coletadas amostras de solos durante o período seco, e transportadas para os Laboratórios para realização das análises, em seguida foram analisadas nos Laboratórios de Física, Química e Fertilidade do Solo, do Departamento de Solo e Engenharia Rural, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba - DSER/CCA/UFPB.



**Figura 1.** Localização do Município de São João do Cariri (PB) ([http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Paraiba\\_Municip\\_SaoJoaodoCariri.svg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Paraiba_Municip_SaoJoaodoCariri.svg))

### 3.2. Amostragem do solo

Foram selecionadas três áreas: Área com vegetação nativa, Área cultivada e uma Área em processo de degradação (Figura 2). As coletas foram realizadas durante o período seco.

As amostras de solo obtidas em campo foram destorroadas manualmente e colocada para secagem à sombra e ao ar. Após secagem, as amostras de solo foram submetidas a análises físicas e químicas no Departamento de Solos e Engenharia Rural (DSER) do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba - CCA/UFPB.



(I)

(II)

(III)

**Figura 2.** Áreas representativas das diferentes condições de uso: Vegetação nativa (I), cultivada (II) e em processo de degradação (III) selecionadas no município de São João do Cariri, PB.

As amostras de solos foram coletadas nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade (Figura 3) principal ordem de solo identificada na região, Luvissole Crômico Vértico (CHAVES E CHAVES, 2000).



(a)



(b)

**Figura 3.** Coleta de amostras para caracterização física e química do solo.

### 3.3. Caracterização física do solo

A separação dos agregados secos e o diâmetro médio ponderado dos agregados por via seca (DMPAs) foram obtidos conforme SILVA & MIELNICZUK (1997a), utilizando-se amostras com aproximadamente 50 g de agregados com diâmetro inferior a 9,52 mm passadas em peneiras com diâmetro médio de, 2,00; 1,00; 0,50; 0,250; 0,106 e 0,053 mm de malha, com auxílio de um vibrador Produtest, durante um minuto.

A separação dos agregados por via úmida e a determinação do diâmetro médio ponderado por via úmida (DMPAu), seguiu a metodologia de Tisdall et al. (1978), modificado por Carpenedo e Mielniczuk (1990), Foram pesadas subamostras de aproximadamente 50 g, sendo transferidas para recipientes plásticos perfurados em sua parte inferior contendo algodão e papel de filtro, colocados no interior de uma bandeja com água, para facilitar o umedecimento dos agregados por capilaridade, durante um período de 24 horas.

Após o umedecimento, as subamostras foram transferidas para tubos plásticos de 21,0 cm de comprimento e 9,5 cm de diâmetro, contendo 500 ml de água e agitados por 2 minutos a 16 rpm em agitador rotativo. Em seguida, o conteúdo de cada tubo foi colocado em um conjunto de peneiras de 2,00; 1,00; 0,50; 0,250; 0,106 e 0,053mm de diâmetro de malha, o

qual foi agitado em água por 15 minutos em agitador de oscilação vertical, para verificação da distribuição de tamanho de agregados úmidos.

Os agregados retidos em cada peneira foram submetidos à secagem por 24 horas em estufa a 105° C. Após secagem, pesado e descontado a umidade gravimétrica, calculou-se a massa e a percentagem de agregados estáveis em cada classe de tamanho de agregado.

O índice de estabilidade das unidades estruturais do solo obtidas por via úmida foi calculado através da relação entre o diâmetro médio ponderado dos agregados úmidos e o diâmetro médio ponderado dos agregados secos (DMPAu/DMPAs) (SILVA & MIELNICZUK, 1997a).

Após análise do tamanho de agregados por via seca e úmida e da estabilidade estrutural, amostras de solo foram destorroadas e passadas em peneira de 2,00 mm de diâmetro de malha, para as demais determinações físicas conforme procedimentos contidos em EMBRAPA (1997).

A análise granulométrica foi realizada pelo método de Bouyoucos (Hidrômetro) utilizando-se como dispersante o NaOH a 1 mol L<sup>-1</sup>, cujas leituras foram procedidas em provetas de 1000 ml. As determinações de silte e argila foram feitas em função do tempo de sedimentação, enquanto, a fração areia foi obtida por peneiragem. Já a argila dispersa em água também foi determinada por densimetria, com exceção do uso do dispersante (EMBRAPA, 1997). O grau de floculação foi obtido com uso da seguinte expressão:

$$GF = \frac{Arg - Arg_{H_2O}}{Arg} \times 1000$$

onde GF é o grau de floculação (g/kg). Arg é a fração de argila dispersa em hidróxido de sódio (NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>) (g kg<sup>-1</sup>), e Arg<sub>H<sub>2</sub>O</sub> é a fração da argila dispersa em água (g kg<sup>-1</sup>).

A densidade do solo foi obtida pelo método do torrão parafinado. Já para determinação da densidade de partículas empregou-se o método do balão volumétrico de 50 ml com água fervida (EMBRAPA 1997).

A porosidade total foi estimada por meio da expressão: Pt = (1 – ds/dp) x 100, onde Pt é a porosidade total (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>), ds é a densidade do solo e dp densidade de partículas (g cm<sup>-3</sup>).

### 3.4. Caracterização química do solo

As análises dos atributos químicos do solo foram realizadas segundo os procedimentos descritos em EMBRAPA (2009), em amostras de solo destorroadas e passadas em peneira de

2,00 mm de diâmetro de malha para as seguintes determinações:

pH (H<sub>2</sub>O): utilizou-se suspensão de solo-água na proporção 1:2,5, utilizando 10 cm<sup>3</sup> de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) e 25 ml de água destilada.

Fósforo (P): extraído com solução Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>) e determinado por espectrofotometria.

Potássio (K<sup>+</sup>) e sódio (Na<sup>+</sup>): extraídos com de Mehlich-1 e determinado por fotometria de chama.

Acidez Potencial (H + Al<sup>+3</sup>): utilizou-se como solução extratora o Acetato de cálcio a pH 7,0, titulados com hidróxido de sódio a 0,025 mol L<sup>-1</sup> e a fenolftaleína a 10 g L<sup>-1</sup> como indicador.

Alumínio (Al<sup>+3</sup>): extraído com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, titulado com hidróxido de sódio a 0,025 mol L<sup>-1</sup>, e como indicador azul-de-bromotimol.

Cálcio (Ca<sup>+2</sup>) e magnésio (Mg<sup>+2</sup>): extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e determinados por complexometria com EDTA 0,0125 mol L<sup>-1</sup>, usando como indicador negro-de-ericromo-T. Já para a determinação do Ca<sup>+2</sup> trocável, utilizou-se indicador o ácido calgon carbônico.

Carbono orgânico (C.O.): obtido por oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio 0,167 mol L<sup>-1</sup> em meio sulfúrico, titulado com sulfato ferroso amoniacal 0,4 mol L<sup>-1</sup>, com difenilamina a 10 g L<sup>-1</sup>, como indicador de mudança de coloração (YEOMANS E BREMNER, 1988).

Foram obtidos também os valores de soma de bases, capacidade de troca de cátions; porcentagem de saturação de base e saturação por alumínio e sódio.

### **3.5. Fracionamento físico da matéria orgânica do solo**

A avaliação da magnitude da proteção física da matéria orgânica (M.O) é realizada através da quantificação da matéria orgânica particulada (MOP) contida em agregados, após dispersão mecânica (por agitação ou sonicação) e separação por tamanho de partículas (método granulométrico).

A metodologia adotada foi descrita em Cambardella & Elliott (1992). Foram pesados 20 gramas de agregados, obtidos proporcionalmente das classes maior e menor que 2 mm, colocados em frascos de plástico e adicionados 60 mL de hexametáfosfato de sódio (5 g L<sup>-1</sup>). As amostras foram agitadas durante quatro horas em agitador horizontal e a suspensão passada em peneira de 0,053 mm em água corrente. O material retido na peneira foi seco em

estufa a 50°C em seguida, foi pesado macerado e peneirado em peneira de 100 mesh, para determinar o teor de carbono orgânico particulado (COP). O carbono do material que ficou na peneira correspondeu ao COP. O C associado aos minerais (CAM) foi obtido por diferença entre o carbono orgânico total (COT) e COP.

### **3.6. Análise estatística**

Os resultados obtidos na determinação dos atributos físicos e químicos foram avaliados por meio de análise de variância. Comparações de médias foram efetuadas com aplicação do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi utilizado o procedimento MIXED com pseudo repetições, considerando a profundidade como medida repetida no espaço. As análises foram feitas com o software SAS/STAT (SAS, 2011).

O delineamento experimental empregado para a análise dos resultados pode ser considerado inteiramente casualizado (DIC), constando de três áreas (consideradas como tratamentos), cada qual com dez pseudo-repetições (HURLBERT, 1984).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização dos atributos físicos do solo

Como não houve interação entre os locais e as profundidades para alguns atributos, por isso, foram analisadas separadamente. O teor de argila na área sob vegetação nativa foi superior em relação à área cultivada, porém não diferiu da área degradada (Tabela 1). O teor de areia, por sua vez, foi maior na área cultivada e menor nas áreas, degradada e sob vegetação nativa, respectivamente. Apesar das quantidades de areia, silte e argila ter diferido entre áreas, a classificação textural foi franco arenosa. Essa diferença nos teores de argila e areia entre áreas sob vegetação nativa e cultivada deve-se à menor proteção oferecida ao solo, pois Schaefer et al. (2002) perceberam que no tratamento com menor proteção oferecida ao solo, os teores de argila foram reduzidos e os teores de areia aumentaram.

A argila dispersa em água, ou natural, foi maior na área sob vegetação nativa. Valores elevados de argila dispersa em água indicam que esta argila pode ser carregada pelos processos erosivos, causando um empobrecimento do solo, e acarretando a degradação da área, bem como pode ser eluviada do perfil do solo, e produzir horizontes mais ricos em argila, ou pode obstruir os microporos reduzindo a aeração e a infiltração de água (MEURER et al., 2004). Neste caso, percebe-se um acúmulo de argila nas camadas inferiores, principalmente na profundidade de 10 - 20 cm.

Segundo SOUZA (2010) é importante salientar que a condição de uso do solo contribui para o carregamento da camada superficial mais arenosa, expondo dessa forma um horizonte subsuperficial mais argiloso. Além disso, a implementação de práticas agrícolas inadequadas favorece a redução da cobertura vegetal, deixando o solo praticamente desnudo.

Em relação ao grau de flocculação não observou-se diferenças entre áreas, nem entre profundidades. A área de vegetação nativa apresentou menor teor de areia em relação à área cultivada, o que se deve provavelmente ao uso excessivo do solo. A área de vegetação nativa e degradada apresentou maiores valores de silte e de argila em relação a área cultivada, o mesmo ocorreu para a argila dispersa em água e para o grau de flocculação. O grau de flocculação não diferiu entre as áreas, como também não houve diferença nas profundidades, para este atributo (Tabela 2).

**Tabela 1.** Análise granulométrica, argila dispersa em água, grau de floculação e classificação textural para solo sob diferentes condições de uso

Área	Classe Textural			Argila Dispersa	Grau de Floculação	Classificação Textural
	Areia	Silte	Argila			
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
Vegetação Nativa	593b	287a	120a	45a	610a	Franco Arenoso
Cultivada	724a	214b	62b	27b	551a	Franco Arenoso
Degradada	634b	270a	96ab	29b	657a	Franco Arenoso
C.V. (%)	0,16	0,48	1,64	5,72	0,38	

Médias seguidas de mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os teores de argila e argila dispersa em água aumentaram com a profundidade (Tabela 2). O teor de silte não diferiu entre as profundidades estudadas, enquanto o teor de areia foi maior na camada de 0-5 cm, e diminuindo em profundidade. Este comportamento já era esperado tendo em vista tratar-se de um Luvissole crômico.

**Tabela 2.** Análise granulométrica, argila dispersa em água, grau de floculação e classificação textural para as diferentes profundidades

Profundidade	Classe Textural			Argila Dispersa	Grau de Floculação	Classificação textural
	Areia	Silte	Argila			
cm	----- g kg <sup>-1</sup> -----					
0 - 5	670a	249a	81b	28b	652a	Franco Arenoso
5 - 10	655ab	257a	88b	35ab	568a	Franco Arenoso
10 - 20	640b	257a	103a	37a	587a	Franco Arenoso
C.V. (%)	0,16	0,48	1,64	5,72	0,38	

Médias seguidas de mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A agregação do solo funciona como indicativo dos outros atributos físicos do solo, pois uma agregação mais estável é sinônimo de melhores propriedades físicas do solo. Na Tabela 3 pode-se observar que os macroagregados úmidos foram maiores na área cultivada, porém não diferindo da área sob vegetação nativa. A área degradada apresentou um menor valor para esta variável, no entanto não diferiu da vegetação nativa. Six et al. (2000) relatou que a formação de macroagregados é maior onde há maiores teores de matéria orgânica. A matéria orgânica tem efeito na estruturação dos solos e formação de agregados. A quantidade

e qualidade de matéria orgânica presente no solo é que condiciona a melhoria das condições físicas (STALLINGS, 1957). Além desse aspecto, ela está relacionada com a atividade de muitos organismos que atuam na agregação do solo, reduzindo a erosão (TROEH et al, 1980).

A estabilidade de agregados é um indicador da resistência do solo à erosão e à pressão mecânica do tráfego de máquinas e de implementos.

A área sob vegetação nativa apresenta grande quantidade, de macroagregados úmido devido, provavelmente, ao maior teor de argila (Tabela 1) e matéria orgânica (Tabela 8). Esse resultado mostra a estabilidade e resistência aos processos erosivos, que estão relacionados à quantidade de argila e matéria orgânica presente nesses solos.

Observa-se maior instabilidade dos agregados principalmente na área degradada, onde observa-se a maior quantidade de microagregados, indicando maior facilidade de destruição desses agregados quando submetidos à ação da água, ou seja, a destruição dessas unidades estruturais em unidades menores (Tabela 3).

Conforme as Tabelas 3 e 4, após a separação por peneiramento via úmida, verificou-se que a percentagem de macroagregados foi menor que a % de microagregados, isso pode ser observado tanto nas áreas como nas profundidades. A área cultivada apresentou maior quantidade de macroagregado seguida da vegetação nativa. Em relação à microagregação, a área que apresentou maior quantidade foi à degradada, enquanto a área cultivada apresentou o menor valor. Nas profundidades, os valores não variaram.

**Tabela 3.** Macro e microagregados, obtidos por peneiragem via úmida, para solo sob diferentes condições de uso

Área	Agregação úmida	
	Macro	Micro
	----- % -----	
Vegetação Nativa	31,30ab	68,70ab
Cultivada	32,29a	67,71b
Degradada	27,81b	72,19a
C.V. (%)	3,20	1,41

Médias seguidas de mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

**Tabela 4.** Macro e microagregados, obtidos por peneiragem via úmida, em diferentes profundidades

Profundidade	Agregação úmida	
	Macro	Micro
cm	----- % -----	
0 - 5	30,25a	69,75a
5 - 10	30,51a	69,49a
10 - 20	30,97a	69,03a
C.V. (%)	3,20	1,41

Médias seguidas de mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A porcentagem de macro ( $> 0,250$  mm) e microagregados ( $< 0,250$  mm), através de separação por peneiramento via seca, podem ser observados na Tabela 5. A porcentagem de macroagregados variou de 72,25 a 89,91 %, nas áreas cultivada e vegetação nativa, respectivamente. Enquanto a porcentagem de microagregados variou de 10,09 a 35,60 %, na vegetação nativa e cultivada, respectivamente. Na distribuição de macro e microagregados secos e úmidos, verificou-se que na comparação dos valores, há redução dos macroagregados e aumento dos microagregados, demonstrando que estes agregados secos ao serem umedecidos, desintegram-se e aumenta a porcentagem de microagregados úmidos. Observou-se ainda que as maiores mudanças de macroagregados secos para microagregados úmidos foi na área degradada e as menores para a área cultivada. Harris et al. (1966) e Baver et al. (1973) mencionam que o solo quando seco desenvolve a desidratação de seus colóides e a desidratação da cimentação orgânica, favorecendo conseqüentemente a tendência de maiores valores dos macroagregados secos.

A vegetação nativa apresentou os maiores valores de macroagregados por via seca, houve variação significativa tanto entre as áreas, como também entre as profundidades. A área degradada apresentou maiores valores de macroagregados nas camadas de 5-10 e de 10-20 cm, diferindo da camada de 0-5 cm. Em relação aos microagregados, a área cultivada superou os valores da vegetação nativa, como também, foi superior que a área degradada em todas as profundidades. A camada de 0-5 cm apresentou maior valor de microagregados, tanto na área cultivada como na degradada.

**Tabela 5.** Macro e microagregados obtidos por peneiragem seca, sob diferentes condições de uso e profundidades de amostragem

Área	Profundidade	Agregação seca	
		Macro	Micro
	cm	-----%-----	
Vegetação Nativa	0 – 5	89,50Aa	10,50Ac
	5 – 10	88,39Aa	11,61Ab
	10 – 20	89,91Aa	10,09Ab
Cultivada	0 – 5	64,40cC	35,60Aa
	5 – 10	72,25Bb	27,75Ba
	10 – 20	77,43Ab	22,57Ca
Degradada	0 – 5	75,87Bb	24,13Ab
	5 – 10	82,79Aa	17,21Bb
	10 – 20	83,44Aab	16,56Bab
C.V. (%)		1,24	4,94

Média seguida da mesma letra maiúscula na coluna compara profundidades dentro da área, e minúscula, compara profundidades dentro de cada área, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os valores referentes ao diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por peneiragem via seca (DMPAs) e úmida (DMPAu), encontram-se na Tabela 6. Observou-se que para os valores de DMPAs e DMPAu houve diferença significativa. A peneiragem via seca é utilizada com a finalidade de se ter uma idéia de como se encontra a agregação do solo antes de ser submetida à peneiragem via úmida (Silva, 1993). Essa metodologia não faz distinção entre agregados recentemente formados daqueles que já sofreram algum tipo de estabilização (Silva e Mielniczuk, 1998).

O diâmetro médio ponderado de agregados secos (DMPAs) e úmidos (DMPAu) foram maiores na área sob vegetação nativa, exceto o DMPAu que não diferiu entre a área cultivada e degradada. Esta maior estabilidade dos agregados ocorre pela presença de maiores teores de argila e de matéria orgânica, assim como pela presença de raízes.

A estabilidade dos agregados constitui um aspecto de grande importância, pois o arranjo das partículas primárias do solo em agregados e a distribuição do tamanho destes indicam o estado de estruturação do solo. Portanto, a redução dos agregados, em tamanho, pela exposição do solo as chuvas e práticas de manejo inadequadas resultam em modificações que podem afetar o desenvolvimento das plantas (SANTOS, 2009). A relação

DMPAu/DMPAs, ou índice de estabilidade de agregados (IEA) expressa a maior ou menor condição de estruturação e estabilidade do solo (SILVA & MIELNICZUCK, 1997b).

De modo geral, houve variação nos valores da relação DMPAs/DMPAu entre as áreas, sendo que, na área cultivada, os valores foram maiores quando comparados as demais condições de uso. Na área cultivada os valores de DMPAs aumentou com a profundidade. Na área degradada o maior valor foi obtido na camada de 5-10 cm, porém não diferindo das demais. Em relação ao DMPAu foi observado o inverso, ou seja, a medida que aumentava a profundidade os valores diminuíram, principalmente para a vegetação nativa.

Os solos com agregados estáveis de maior tamanho são considerados solos estruturalmente melhores e mais resistentes ao processo erosivo, pois a agregação facilita a aeração do solo, as trocas gasosas e a infiltração de água, em função do aumento da macroporosidade entre os agregados, além de garantirem a microporosidade e a retenção de água dentro dos agregados (DEXTER, 1988).

De acordo SILVA & MIELNICZUK (1997b), quanto mais estáveis os agregados, os valores de IEA tendem a aproximar-se a um, o qual representa estabilidade em água de 100% e, aqueles com valor mais próximo a zero, representam agregados altamente susceptíveis a destruição em presença de água. Ainda segundo estes autores, valores superiores a 0,60 em áreas sob cultivo indicam elevada estabilidade dos agregados.

Comparando os dados de DMPAu com os de DMPAs, este apresentou resultados inferiores, isto porque, conforme mencionado anteriormente, os agregados secos quando submetidos ao umedecimento e a ação do peneiramento, sofrem alterações, ou seja, são destruídos voltando à condição inicial ou até mesmo inferior (SANTIAGO, 1997).

A estabilidade de agregados é um importante indicador de qualidade do solo, indicado para avaliar a qualidade física e o efeito do uso e manejo do solo, a matéria orgânica atuar como um agente de agregação temporário, principalmente de macroagregados (TISDALL E OADES, 1982).

Conforme Silva (1993), o índice DMPAu/DMPAs reflete o grau de estabilidade das unidades estruturais de cada tratamento, por reunir todas as variáveis que tem influencia na formação e estabilização dos agregados do solo. As áreas estudadas apresentaram alta instabilidade, pois os agregados são facilmente destruídos. Entre as áreas estudadas, a área cultivada apresentou, apesar de reduzida, uma melhor relação, comparada as demais.

**Tabela 6.** Diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por peneiragem via seca (DMPAs) e úmida (DMPAu) e sua relação (DMPAu/DMPAs) sob diferentes condições de uso e profundidades de amostragem

Área	Profundidade	DMPAs	DMPAu	DMPAu/DMPAs
		cm	mm	
Vegetação Nativa	0 – 5	4,10Aa	0,67Aa	0,16Ab
	5 – 10	4,09Aa	0,46Ba	0,12ABb
	10 - 20	3,95Aa	0,39Ba	0,10Bb
Cultivada	0 – 5	1,78Bc	0,46Ab	0,28Aa
	5 – 10	2,27Bb	0,43Aa	0,20Aa
	10 - 20	2,88Ab	0,43Aa	0,16Aa
Degradada	0 – 5	3,05Ab	0,34Ab	0,12Ab
	5 – 10	3,50Aa	0,34Aa	0,10Ab
	10 - 20	3,46Aab	0,35Aa	0,11Aab
C.V. (%)		46,41	6,36	77,60

Média seguida da mesma letra maiúscula na coluna compara profundidades dentro da área, e minúscula, compara profundidades dentro de cada área, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As densidades do solo e de partículas e a porosidade total não apresentaram diferença significativa entre áreas nem entre profundidades (Tabela 7).

A densidade de partícula praticamente não é influenciada por alterações no manejo podendo estar relacionada com a composição mineralógica e com o conteúdo de matéria orgânica (Rühlmann et al., 2006). Entretanto, neste trabalho os valores de densidade do solo (Ds) e densidade de partícula não apresentaram variações entre áreas nem entre profundidade com valores entre 1,59 a 1,69 e 2,68 a 2,75 kg m<sup>3</sup> respectivamente. Portugal et al. (2010) avaliando os atributos físicos de um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico latossólico em diferentes usos, verificaram valores de densidade do solo de 1,47, 1,37 e 1,40 g cm<sup>-3</sup> nas profundidades de 0,0-10,0, 10,0-20,0 e 20,0-30,0 cm, respectivamente para o sistema de pastagem. Santos et al. (2010) trabalhando em áreas de pastagens degradadas na região do Brejo Paraibano também não verificaram diferenças significativas nos valores de DP nas profundidades de 0,0-10, 10,0-20,0 e 20,0-30,0 cm.

Em média, a porosidade dos solos arenosos varia de 35 a 50% e dos argilosos de 40 a 60% (SANTANA, 2009). Os valores de porosidade total obtido neste experimento variaram de 0,39 a 0,50 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, apresentando maior valor de porosidade total na camada de 5-10 cm, na área de vegetação nativa e cultivada e os menores valores foi observado na área degradada.

Jakelaitis et al. (2008) em um Argissolo Vermelho Amarelo com cinco sistemas de uso do solo, verificaram que o solo manejado exclusivamente com pastagem apresentou porosidade total abaixo de 50%.

**Tabela 7.** Densidade do solo, de partículas e porosidade total sob diferentes condições de uso e profundidades de amostragem

Condição	Profundidade	Densidade		Porosidade Total
		Solo	Partícula	
	cm	----- kg dm <sup>-3</sup> -----		m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
Vegetação Nativa	0 – 5	1,59Ba	2,68Aa	0,41Aa
	5 – 10	1,69Aa	2,73Aa	0,50Aa
	10 - 20	1,65ABa	2,75Aa	0,40Aa
Cultivada	0 – 5	1,59Ba	2,68Aa	0,41Aa
	5 – 10	1,69Aa	2,73Aa	0,50Aa
	10 - 20	1,65ABa	2,75Aa	0,40Aa
Degradada	0 – 5	1,69Aa	2,75Aa	0,39Aa
	5 – 10	1,65Aa	2,73Aa	0,40Aab
	10 - 20	1,62Aa	2,72Aab	0,40Aa
C.V. (%)		13,20	4,96	30,24

Média seguida da mesma letra maiúscula na coluna compara profundidades dentro da área, e minúscula, compara profundidades dentro de cada área, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

#### 4.2. Caracterização dos atributos químicos do solo

Os valores médios dos atributos químicos do solo podem ser observados na Tabela 8. O pH do solo nas diferentes condições estudadas variou de acidez fraca a levemente alcalino, estando dentro da faixa ótima para o desenvolvimento de culturas (TOMÉ JÚNIOR, 1997). Valores de pH, próximo à neutralidade estão relacionados ao baixo grau de desenvolvimento pedogenético frequentemente observados em solos de regiões semiáridas (CORRÊA et al., 2003). Observou-se que as áreas sob vegetação nativa e degradada apresentaram maiores valores de pH. Maiores valores de pH contribui para diminuição nos teores de acidez potencial ( $H+Al^{3+}$ ) e acidez trocável ( $Al^{3+}$ ), que são tóxicos às plantas (PORTUGAL et al., 2010).

O pH foi considerado na área cultivada, como uma acidez fraca de acordo com Ribeiro et al. (1999). Nas áreas de vegetação nativa e degradada este apresentaram-se neutro, com

exceção da profundidade de 5-10 cm da vegetação nativa, que é considerado como acidez fraca. Na área degradada ocorreu na camada de 0-5 cm (Tabela 8).

De modo geral, os valores de  $K^+$  para área sob vegetação nativa é classificado de acordo com Ribeiro et al. (1999) muito bom na camada de 0-5 cm e bom nas duas últimas camadas estudadas, o  $K^+$  foi superior na área sob vegetação nativa, porém inferior na área degradada. Na área cultivada esses valores diminuíram à medida que aumentou a profundidade, ainda segundo estes autores os valores das camadas de 0-5 e 5-10 cm nesta pesquisa foram considerados, bom e médio, na camada de 10-20 cm. Já na área degradada o teor de  $K^+$  é considerado bom nas duas primeiras profundidades e baixo na profundidade de 10-20 cm. Barreto et al. (2006) verificaram que o sistema de cultivo com pastagem apresentou teores de  $K^+$  significativamente maiores que o sistema de mata, principalmente na profundidade de 0,0-10,0 cm. Ferreira et al. (2011) trabalhando com diferentes sistemas de uso do solo na Amazônia verificou que os teores de  $K^+$  apresentou uma tendência de superioridade na profundidade de 0,0-10,0 cm, com valor de  $0,156 \text{ cmolc dm}^{-3}$ .

O  $Na^+$ , apresentou valores semelhantes na área degradada e na vegetação nativa, variando de 0,01 a 0,04  $\text{cmolc kg}^{-1}$ . Na área cultivada variou de 0,01 a 0,03  $\text{cmolc kg}^{-1}$ . O sódio do complexo de troca apresentou baixos teores nas áreas, não conferindo aos solos caráter solódico ou sódico de acordo com a classificação de (RIBEIRO et al. 1999).

Em relação ao teor de  $Al^{+3}$ , os valores variaram bastante nas áreas avaliadas, porém sem apresentar nenhum prejuízo ao solo, considerado um teor baixo, segundo Ribeiro et al. (1999), variando de 0,07 a 0,55  $\text{cmolc kg}^{-1}$ . A área de vegetação nativa foi onde ocorreu maior variação, na camada de 0-5 cm, o teor é considerado baixo já para a camada de 5-10, é considerado médio e muito baixo na camada de 10-20 cm, conforme classificação de Ribeiro et al. (1999). Na área cultivada os valores foram considerados muito baixos, em todas as profundidades e na degradada os valores foram classificados como baixo nas três profundidades de acordo com o autor. Pode-se observar que houve uma grande variação dentro das profundidades como também entre as áreas (Tabela 8). O teor de  $Al^{+3}$  na solução do solo depende do pH do solo, da saturação por alumínio, do teor de matéria orgânica e da presença de outros íons na solução do solo (ALVAREZ et al. 1995). Os níveis de alumínio podem comprometer o crescimento vegetal, afetando o crescimento radicular e influenciando, de diversas formas, na absorção e disponibilidade de nutrientes sendo, por isso, um dos fatores que mais limitam o desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2004).

**Tabela 8.** Atributos químicos do solo sob diferentes condições de uso e profundidades de amostragem

Áreas	Prof.	pH	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	M.O.	PST
	cm	(H <sub>2</sub> O)	mgdm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		g kg <sup>-1</sup>	%
Vegetação nativa	0 – 5	7,12 Aa	301,33Aa	0,02ABa	0,21ABa	22,46Aa	0,27ABa
	5 – 10	6,94 Aa	185,94Ba	0,01Bb	0,55Aa	13,86Ba	0,07Bb
	10 - 20	7,01Aa	120,09Ca	0,04Aa	0,07Ba	13,62Ba	0,52Aa
Cultivada	0 – 5	6,59Ab	181,19Ab	0,01ABa	0,07Aa	10,55Ab	0,32Ba
	5 – 10	6,38ABb	133,75Ba	0,03Aa	0,15Ab	10,75Aa	0,76Aa
	10 - 20	6,28Bb	112,80Ba	0,01Bb	0,09Aa	10,56Aa	0,16Ba
Degradada	0 – 5	6,95Aab	122,84Ab	0,02ABa	0,40Aa	1,79Ac	0,43Aa
	5 – 10	7,10Aa	66,62Bb	0,01Aa	0,22Aab	1,77Ab	0,57Aa
	10 - 20	7,04Aa	41,45Bb	0,04Bb	0,36Aa	1,99Ab	0,20Aa
C.V. (%)		8,92	0,80	40,12	39,31	10,05	16,71

Média seguida da mesma letra maiúscula na coluna compara profundidades dentro da área, e minúscula, compara profundidades dentro de cada área, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os teores de matéria orgânica na área sob vegetação nativa foram superiores aos das áreas cultivada e degradada, respectivamente. Esse resultado ocorre em função da preservação e maior quantidade de serrapilheira da mata, bem como da ausência de mobilização do solo. Para Loss et al. (2006) os maiores teores de matéria orgânica no solo da vegetação nativa é decorrente do aporte de resíduos vegetais ao solo. Mudança no uso do solo acelera a oxidação da matéria orgânica, o que pode ser observado na área cultivada apenas na profundidade de 0-5 cm e na área degradada.

O teor de matéria orgânica encontra-se muito alto nas áreas de vegetação nativa e cultivada, segundo a classificação de Ribeiro et al (1999) apresentando diferenças significativas entre as áreas e as profundidades. A camada de 0-5 cm na área de vegetação nativa foi superior à cultivada, apresentando maior teor de matéria orgânica. Isso provavelmente ocorre devido a maior presença de folhas, raízes e outros restos vegetais presente no solo. Na área cultivada, o maior teor foi observado na camada de 5-10 cm, porém não diferindo das demais camadas. Isso pode ser explicado devido ao tipo de manejo que está sendo aplicado ao solo. Na área degradada, a concentração de matéria orgânica pode estar relacionada a pontos de solo sem cobertura vegetal, possivelmente lixiviados durante a

estação chuvosa. Os teores de matéria orgânica em áreas degradadas geralmente são baixos, devido principalmente à falta de cobertura vegetal. A área degradada avaliada nesse trabalho apresentou valores baixos de matéria orgânica segundo, (RIBEIRO et al.1999).

Os valores de saturação por sódio encontram-se na (Tabela8), o sódio encontra-se em níveis considerados baixos, não apresentando caráter salino, de acordo com os critérios estipulados por Embrapa (1999). Os valores variaram significativamente entre as áreas e profundidades. Na área sob vegetação nativa a maior percentagem de PST% pode ser observada na camada de 10-20 cm, seguida da camada de 0-5 cm, já para a área cultivada a maior percentagem foi observado na camada de 5-10 cm, seguida pela de 0-5 cm e a menor na camada de 10-20 cm, apresentando-se o inverso da área de vegetação nativa. A área degradada apresentou comportamento semelhante à cultivada em relação às profundidades.

Os teores de P,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}+\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{H}+\text{Al}^{+3}$ , não houve interação significativa entre área e profundidade (Tabelas 9 e 10). O teor de fósforo na área de vegetação nativa foi considerado muito alto, já na área cultivada foi baixo e na área degradada teve o menor teor. Em relação às profundidades, o teor do P diminuiu à medida que aumentou a profundidade. Nas regiões tropicais e subtropicais, o fósforo é o elemento de maior limitação na produção, principalmente em culturas anuais. Mais de 90% dos solos no Brasil têm teores de P disponíveis menores que  $10 \text{ mg dm}^{-3}$ . Além da carência generalizada de P nos solos brasileiros, o elemento apresenta forte interação com o solo (fixação) o que reduz a eficiência da adubação fosfatada (FAQUIN, 2005). A deficiência de P é apontada como uma das principais limitações encontradas nos solos do semiárido para o crescimento vegetal (FRANCELINO et al., 2005). Zaia et al. (2008) observaram em sistemas que mantêm elevado teor de C no solo, como as florestas, o P orgânico está mais lábil, por isso os teores de P disponível foram maiores na área sob mata em relação à área sob pastagem.

Os valores de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  foram mais elevados na área sob vegetação nativa e na área degradada (Tabela 9). Carneiro et al. (2009) comparando o solo de cerrado explorado com pastagem, observaram que os valores de  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^{+}$  e P disponível foram maiores na pastagem em relação à vegetação nativa. Para a área degradada o teor de  $\text{Ca}^{+2}$  no solo foi considerado muito bom (RIBEIRO et al.1999). Uma das explicações é que muitos desses solos contêm no perfil depósitos secundários de  $\text{CaCO}_3$  ou de  $\text{CaSO}_4$  (MELLO 1983). Em profundidades o teor de  $\text{Ca}^{+2}$  aumentou, sendo classificado como bom.

O teor de  $\text{Mg}^{+2}$  foi considerado muito bom na vegetação nativa e degradada, e médio na área cultivada (RIBEIRO et al.1999). Em profundidade o  $\text{Mg}^{+2}$  apresentou resultado muito bom com exceção da camada de 0-5 cm que foi considerado bom., porém não diferiu entre as

profundidades. Os elevados teores de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  podem ser atribuídos à condição natural dos solos da região estudada, tendo em vista, que é uma característica típica dessa região apresentar altos teores de bases trocáveis. Ao contrario de Santos (2009), que trabalhando com três sistemas de uso do solo no município de Areia verificou que, o solo da pastagem considerada degradada apresentou valores muito baixo de  $\text{Ca}^{+2}$  +  $\text{Mg}^{+2}$ , principalmente na profundidade de 10-20 cm.

Os resultados de acidez potencial ( $\text{H} + \text{Al}^{+3}$ ) foram considerados muito baixos, para as três áreas avaliadas (Tabela 10), não diferindo entre áreas, nem em profundidades. A acidez potencial inclui os íons  $\text{Al}^{+3}$  trocáveis adsorvidos as cargas negativas dos minerais de argila, aos grupos funcionais COOH e OH da matéria orgânica do solo e aos sesquióxidos de Fe e AL (LOPES E GUILHERME, 2004; MEURER et al. 2010). Como o pH do solo dessas áreas variou em torno de 7,0, pode-se inferir que não há presença significativa de  $\text{Al}^{3+}$  na forma disponível e que a contribuição para a acidez potencial ocorreu, basicamente, através dos complexos orgânicos que liberaram íons  $\text{H}^+$  para o meio.

**Tabela 9.** Atributos químicos do solo sob diferentes condições de uso

Área	P	$\text{Ca}^{+2}$	$\text{Mg}^{+2}$	$\text{H} + \text{Al}^{+3}$
	$\text{mg dm}^{-3}$	-----	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	-----
Vegetação nativa	36,39a	3,93a	2,39a	0,39a
Cultivada	19,47ab	2,57b	0,84b	0,78a
Degradada	14,11b	4,69a	1,65a	0,67a
C.V. (%)	4,36	32,33	46,85	9,26

Médias seguidas das mesmas letras na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

**Tabela 10.** Atributos químicos do solo avaliados em diferentes profundidades

Profundidade	P	$\text{Ca}^{+2}$	$\text{Mg}^{+2}$	$\text{H} + \text{Al}^{+3}$
cm	$\text{mg dm}^{-3}$	-----	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	-----
0 - 5	33,25a	3,36b	1,37a	0,60a
5 - 10	21,78b	3,61ab	1,60a	0,62a
10 - 20	14,21b	4,00a	1,77a	0,65a
C.V. (%)	4,36	32,33	46,85	9,26

Médias seguidas das mesmas letras na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Valores do complexo sortivo do solo para as três áreas agrícolas e profundidades podem ser observados nas (Tabelas 12 e 13). Os valores de soma de bases foram maiores na área sob vegetação nativa e degradada, o que provavelmente, se deve aos altos valores das bases trocáveis do solo ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{K}^{+}$ ), que são usados para o cálculo da soma de bases. A soma de bases trocáveis foi considerada muito boa na área de vegetação nativa e na degradada, e boa na cultivada. A SB das amostras em sua maioria apresentou valores superiores a  $6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , indicando níveis muito bons de acordo com a classificação proposta por (RIBEIRO et al. 1999). Já em relação às profundidades, os resultados foram considerados muito bons, sendo o maior teor encontrado na camada superficial 0-5 cm e o menor na camada de 5-10 cm.

A capacidade de troca de cátions expressa à quantidade de cátions que pode ser retida em um determinado solo, indicando assim a sua densidade. Parte dessa carga é permanente e a outra é covalente ou dependente do pH. Quanto ao nível de CTC efetiva e potencial foram maiores na área sob vegetação nativa e degradada, este fato deve-se provavelmente aos elevados teores de  $\text{K}^{+}$  e argila obtidos nas respectivas áreas. Segundo Canellas et al. (2000) a capacidade de troca de cátions é bastante influenciada pelo conteúdo de carbono orgânico do solo, principalmente nos horizontes superficiais.

Em relação às profundidades, a maior CTC efetiva foi observada na camada de 10-20 cm, seguida da camada 5-10 cm. A camada de 0-5 cm apresentou o menor valor, o mesmo ocorreu na CTC potencial. De acordo com a classificação de Ribeiro et al., (1999) os valores de CTC efetiva foi considerada bom nas áreas de vegetação nativa e degradada e médio na área cultivada. A CTC potencial foi classificada como médio nas três áreas estudadas e as profundidades apresentam comportamento semelhante. Esse fato se deve aos altos teores de argila e pH do solo observados tanto na área de vegetação nativa, como na degradada respectivamente.

Em relação à saturação por alumínio está não apresentou diferenças significativas entre áreas nem entre profundidades. Sendo classificado como muito baixo em todas as áreas avaliadas segundo (RIBEIRO et al, 1999).

A saturação por bases encontra-se em níveis classificados como muito bom, segundo a classificação proposta por Ribeiro et al. (1999). Para Malavolta (2006), de modo geral, a fertilidade química dos solos aumenta com o valor de saturação por bases, a qual serve para classificação dos mesmos. Os maiores valores de soma de bases foram encontrados na vegetação nativa e na área degradada, e a menor na cultivada. Em relação às profundidades não houve significância. Com isto, observa-se que as áreas avaliadas apresentaram valores de

saturação por bases (V) acima de 50% sendo considerada elevada (Ribeiro et al. 1999). Sendo a saturação por bases um excelente indicativo das condições gerais da fertilidade do solo, segundo (TOMÉ JÚNIOR, 1997). Os baixos valores de  $Al^{3+}$  trocável resultaram em maiores valores de soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por bases.

**Tabela 11.** Índices do complexo sortivo do solo avaliado sob diferentes condições de uso

Área	SB <sup>(1)</sup>	CTC <sup>(2)</sup>		Sat. Al <sup>(3)</sup>	V <sup>(4)</sup>
		Efetiva	Potencial		
		----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----		----- % -----	
Vegetação Nativa	6,85a	7,12a	7,24a	3,57a	94,87a
Cultivada	3,79b	3,89b	4,57b	2,67a	84,36b
Degradada	6,57a	6,90a	7,24a	4,35a	90,58a
C.V. (%)	17,28	17,60	16,60	6,43	4,58

Médias seguidas das mesmas letras na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

<sup>(1)</sup> Soma de bases; <sup>(2)</sup> Capacidade de troca de cátions; <sup>(3)</sup> Saturação por alumínio; <sup>(4)</sup> Saturação por bases.

**Tabela 12.** Índices do complexo sortivo do solo avaliado em diferentes profundidades

Profundidade	SB <sup>(1)</sup>	CTC <sup>(2)</sup>		Sat. Al <sup>(3)</sup>	V <sup>(4)</sup>
		Efetiva	Potencial		
cm		----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----		----- % -----	
0 - 5	6,24b	5,45b	5,84b	3,29a	89,55a
5 - 10	5,58ab	5,88ab	6,21ab	4,64a	89,51a
10 - 20	6,02a	6,19a	6,66a	2,43a	89,71a
C.V. (%)	17,28	17,60	16,60	6,43	4,58

Médias seguidas das mesmas letras na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

### 4.3. Fracionamento físico da matéria orgânica do solo

Para os teores de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado aos minerais (CAM) não houve interação significativa entre as áreas e as profundidades, portanto os dados foram apresentados separadamente para cada fator (Tabelas 14 e 15). De modo geral, os valores para carbono orgânico total (COT) nas áreas

avaliadas, de acordo com RIBEIRO et al, (1999) são considerados teores muito bom a baixo. O COT foi considerado muito bom na área de vegetação nativa, seguida da cultivada. A área degradada apresentou menor teor e foi classificado como baixo.

BARRETO et al. (2006) avaliaram as características químicas de um Latossolo Vermelho Amarelo sob uso com Mata Atlântica, cultura do cacau e pastagem na profundidade de 10,0-20,0 cm e observaram que, o conteúdo de carbono no solo no cultivo com gramínea foi semelhante aos demais uso do solo e, segundo os autores, isto se deve ao fato das gramíneas apresentarem um sistema radicular profundo com raízes ramificadas e o resíduo da renovação destas pode estar contribuindo para aumentar o aporte de carbono ao solo.

Em relação às profundidades, os valores foram classificadas como muito bom segundo RIBEIRO et al. (1999). O maior teor de COT foi encontrado na camada de 10-20 cm seguida da 0-5 cm. Silva et al. (1999) salientaram que a redução acelerada nos teores de carbono orgânico da camada superficial ocorreu em virtude não só da maior exposição das frações orgânicas aos microrganismos decompositores, mas também da maior quebra de macroagregados pelo revolvimento do solo. Encontra-se ainda na literatura, de forma unânime, o carbono orgânico total (COT) como indicador chave da qualidade do solo.

O teor de carbono orgânico particulado foi maior na área de vegetação nativa e cultivada do que na área degradada, como já era esperado, esse fato se deve ao maior aporte de resíduos vegetais na superfície do solo, o teor de COP aumentou à medida que aumentou a profundidade, porém não houve diferenças significativas.

Quanto ao carbono orgânico associado aos minerais, este diferiu significativamente entre áreas. A área de vegetação nativa apresentou maior teor, seguida da cultivada, já a área degradada apresentou um teor muito baixo em relação às demais. Em relação às profundidades não houve diferenças significativas.

**Tabela 13.** Carbono orgânico total, carbono orgânico particulado e carbono orgânico associado aos minerais sob diferentes condições de uso

Área	COT	COP	CAM
	----- g kg <sup>-1</sup> -----		
Vegetação Nativa	9,66a	2,92a	6,74a
Cultivada	6,16b	2,48a	3,68b
Degradada	1,07c	0,66b	0,41c
C.V. (%)	57,58	51,46	27,70

Médias seguidas de mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Carbono orgânico total (COT); carbono orgânico particulado (COP); carbono associado a minerais (CAM).

**Tabela 14.** Carbono orgânico total, carbono orgânico particulado e carbono orgânico associado aos minerais para as três profundidades

Profundidade	COT	COP	CAM
cm	----- g kg <sup>-1</sup> -----		
0 - 5	5,43AB	1,81A	3,61A
5 - 10	4,76B	1,96A	2,80A
10 - 20	6,81A	2,38A	4,43A
C.V. (%)	57,58	51,46	27,70

Médias seguidas de mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

## 5. CONCLUSÕES

- A área sob vegetação nativa apresenta maior quantidade de macroagregados secos. Os macroagregados separados por peneiragem úmida foram superiores nas áreas cultivadas e vegetação nativa;
- O diâmetro médio ponderado de agregados secos (DMPAs) e úmidos (DMPAu) foram maiores na área cultivada;
- O carbono do solo está mais preservado na área sob vegetação nativa e menos preservado na área degradada;
- As áreas sob vegetação nativa e degradada apresentaram maiores valores de pH do solo, as quais diferiram significativamente da área cultivada;
- Os teores de Ca e Mg foram mais elevados na área sob vegetação nativa e degradada e menor na área cultivada. Os teores P e K também foram superiores na área sob vegetação nativa, porém bem inferior na área degradada;

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, L. A.; REIS, M. G.; REIS, G. G. Classificação ecológica do Estado da Paraíba. Interpolação de dados climáticos por aproximação numérica. **Revista Árvore**. v. 1, n. 23, p. 23- 32, 1999.
- ARAUJO FILHO, J. A.; BARBOSA, T. M. L. Manejo agroflorestral da Caatinga: uma proposta de sistema de produção. In: OLIVEIRA, T. S.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (Eds). Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido. Fortaleza: UFC, Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 47-57, 2000.
- ALVAREZ, R.; DIAZ, R. A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O. J.; BLOTTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO<sub>2</sub>-C production from three tillage systems. **Soil and Tillage Research**, v. 33, p. 17-28, 1995.
- AZEVEDO, E. C.; SVERSUT, C. B.; Alterações dos atributos físicos e químicos do solo sob pastagem no sudoeste do estado de Mato Grosso. **Revista Agricultura Tropical**, v. 9, n. 1, p. 7-23, 2007.
- BARBOSA, M. P., PEREIRA, D. D., ARAUJO, A. E. Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca – **Termo de Referência**, UFCG, Campina Grande, 20 p, 2005b.
- BARBOSA, M. R. V.; LIMA, I. B.; LIMA, J. R.; CUNHA, J. P.; AGRA, M. F.; THOMAS, W. W. **Vegetação e flora no Cariri paraibano**. Ed. EDUEPB. Campina Grande. 120 p, 2007.
- BARRETO, A.C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. B. G. S.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestral e pastagem no sul da Bahia. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 4, p. 415- 425, 2006.
- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. *Soil structure: classification and genesis*. In: Baver, L. D.; Gardner, W. H.; Gardner, W. R. (eds.). **Soil physics**. John Wiley, New York, USA. p. 130-177. 1973.
- BAUTISTA, C. A.; ETCHEVERS, B. J.; CASTILLO, R. F.; GUTIÉRREZ, C. **La calidad del suelo y sus indicadores**. 2004. Disponível em < (URL: <<http://www.aeet.org/ecosistemas/042/revision2.htm>> Acessado em 07/07/2011.
- BAZZANO, M. G. P.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quaraí, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1205-1217. 2007.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 355 p. (Coleção Brasil Agrícola)1990.
- BERNARDES, N. As Caatingas. **Revista Estudos Avançados**, v. 13, n. 36, p. 69 – 78. 1999.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro; Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo (MA), 670 p. 1972.
- BRASIL, Ministério do Planejamento e Orçamento. **Nordeste: uma estratégia de desenvolvimento sustentável**. Brasília. 231 p. 1995.
- BRASIL. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**. Brasília: MMA. 1998.

BRASIL, **Ministério do Meio Ambiente**. Avaliações e ações prioritárias para conservação da biodiversidade da caatinga. Brasília. 2002.

BRASIL. **Ministério da Integração Nacional**. Título. Brasília-DF, 2008. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br>>. Acesso em: 20 set. 2011.

BRITO, M. T. L. A. **Avaliação espacial de atributos químicos do solo no semiárido**. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos - PB, 2010.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of American Proceedings**, v. 56, p. 777-783, 1992.

CAMPOS, M. C. C. **Distribuição e estabilidade de agregados de solos sob distintas intensidades de uso da região semi-árida nordestina**. 31 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia - PB. 2004.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 19, n. 1, p. 121-126, 1995.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

CANELLAS, L. P.; BERNER, P. G.; SILVA, S. G.; SILVA, M. B.; SANTOS, G. A. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma topossequência no estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 133 – 143, 2000.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of American Proceedings**, v. 56, p. 777-783, 1992.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p. 99-105, 1990.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declividade e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 743- 753, 2003.

CORREA, M. M.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S.; RUIZ, H. A.; BASTOS, R. S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos da região das várzeas de Sousa - PB. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 311-324, 2003.

CORREIA, J. R.; LIMA A. C. S.; ANJOS, L. H. C. O trabalho do pedólogo e sua relação com comunidades rurais: observações com agricultores familiares no norte de Minas Gerais. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 21, n. 3, p. 447-467, 2004.

CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; VASCONCELOS, A. C. F. Salinidade das águas superficiais e suas relações com a natureza dos solos na Bacia Escola do açude Namorados. Campina Grande: BNB/UFPB. 54 p, 2000. (**Boletim Técnico**).

CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; VASCOCELOS, A. C. F.; PAES-SILVA, A. P. Salinidade das águas superficiais e suas relações com a natureza dos solos na Bacia Escola do Açude Namorado e

Diagnóstico do Uso e Degradação das Terras. **Relatório técnico**. Campina Grande, 2002.

DEXTER, A. R. Advances in characterization of soil structure. **Soil & Tillage Research**, v. 11, p. 199-238, 1988.

DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris – Recuperação de áreas degradadas. Viçosa: UFV. Departamento de solos, **Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas**, 251 p. 1998.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. Defining soil quality for sustainable environment. Madison: **Soil Science Society of American Proceedings**, p. 3-21, 1994.

DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 15, n. 1, p. 3-11, 2000.

DRUMOND, M. A.; KIIL, L. H. P.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, M. C.; OLIVEIRA, V. R.; ALBUQUERQUE, S. G.; NASCIMENTO, C. E. S.; CAVALCANTI, J. Estratégias para o uso sustentável da caatinga. In: SIVA, J. M. C. (org). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para conservação**. Brasília, BF: MMA, parte 4\_ sócio economia e políticas públicas para o desenvolvimento sustentável, p. 329 – 340, 2004.

EMBRAPA. **Manual de métodos e análise de solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro: CNPS, 212 p. 1997.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 412 p. 1999.

EMBRAPA. **Informação Tecnológica. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª ed. Brasília, 627 p, 2009.

FAO. Conventional Ploughing Erodes The Soil-Zero-Tillage Is An Environmentally-Friendly Alternative. In: **International Conference on Conservation Agriculture**, p. 1-5, 2001.

FAO. Data sets, indicators and methods to assess land degradation in drylands. **World Soil Resources reports**, v. 100. 122 p, 2003.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Universidade Federal de Lavras UFLA/FAEPE, Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente. 183p, 2005.

FERNANDES, A. Biodiversidade do Semi-árido nordestino. In.: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSENCIAS NATIVAS. São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, p. 119-124, 1992.

FERREIRA, N. K. F.; SOUZA, C. M. C.; BASTOS, L. F.; JÚNIOR, M. L. S.; Melo, V.S. Propriedades químicas do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo em Pacajá (PA). In: SEMINÁRIO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, v.9, 2011, Belém. **Anais**. Universidade Federal Rural da Amazônia, p. 1- 4, 2011.

FILETTI, S. **Dia Mundial de Combate a Desertificação e a Seca em Guacuí**. Disponível em: [http://www.guacui.es.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=163:dia-mundial-de-combate-a-desertificacao-e-a-seca-em-guacui&catid=34:noticias-meio-ambiente-e-itemid=8](http://www.guacui.es.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=163:dia-mundial-de-combate-a-desertificacao-e-a-seca-em-guacui&catid=34:noticias-meio-ambiente-e-itemid=8) >15/08/2011.

FRANCELINO, M. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; RESENDE, M. Elaboração de um sistema de classificação da capacidade de suporte em ambiente semiárido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 83 - 91, 2005.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. (**Embrapa Meio Ambiente – Documentos, 03**). Jaguariúna, 8 p, 2006.

HARRIS, R. F.; CHESTERS, G.; ALLEN, O. N. Dynamics of soil aggregation. **Advances in Agronomy**, v. 18, p. 107-169, 1966.

HICKMANN, C.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; COGO, C. M. Erosividade das chuvas de Uruguaiana, RS, determinada pelo índice EI30, com base no período de 1963 a 1991. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 825-831, 2008.

HIGGITT, D. L. Soil erosion and soil problems. **Progress in Physical Geography, Thousand Oaks**, v. 1, p. 91-100. 1991.

HURLBERT, S. H. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. **Ecological Monograph**, v. 54, n. 2, p. 187-211, 1984.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, p. 18-127, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário, 1995**.

KARLEN, D. L.; EASH, N. S.; UNGER, P. W. Soil and crop management effects on soil quality indicators. **America Journal alternative agriculture**, v. 7, p. 48 - 55, 1992.

LEMOS, C. F.; SILVA, E. T. Comparação das características morfológicas, mineralógicas, químicas e físicas do solo entre áreas de cultivo com plantio direto e plantio convencional. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, v. 3, n. 1, p. 11-18, 2005.

LEMOS, J. J. S. **Desertification of dry lands in northeast of Brazil**. Riverside: University of California, 1995.

LIMA, H. V. Indicadores de Qualidade do Solo em Sistemas de Cultivo Orgânico e Convencional no Semi-árido Cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1085-1098, 2007.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; BRITO, R. J. Distribuição das substâncias húmicas em solos de tabuleiros sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Universidade Rural, Série Ciência da Vida**, v. 26, 10 p, n. 1, 2006.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Interpretação de análise de solo: conceitos e aplicações. 2004, 50p. (**Boletim técnico, 2**).

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 638p. 2006.

MARIN, A. M. P. **Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo**. 83f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2002.

MANZATTO, H. R.; CUNHA, T. J. F.; SILVA, C. A.; MATOS, J. A.; RAMOS, D. P. **Diagnóstico ambiental como subsidiário ao desenvolvimento sustentável para produção rural em comunidades das microbacias hidrográficas no Estado do Rio de Janeiro**. RJ: Embrapa, 1988.

MELLO, F. A. F.; NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fertilidade do solo**, São Paulo, ed Nobel, 400 p, 1983.

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B. Simulação dos fluxos e balanços de fósforo em uma unidade de produção agrícola familiar no semi-árido paraibano. In: SILVEIRA, L. M.; PETERSEN, P.; SABOURIN, E. orgs. **Agricultura familiar e agroecologia no semi-árido**: Avanços a partir do Agreste da Paraíba. Rio de Janeiro, AS-PTA, p. 249-260, 2002.

MENEZES, R. C. S.; GARRIDO, M. S.; PEREZ M. A. M. Fertilidade dos solos no semi-árido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30. Recife, 2005. **Palestras...** UFRPE/SBCS, 2005. CD-ROM.

MEURER, E. J.; BISSANI, C. A.; CARMONA, F. C. **Solos ácidos e solos afetados por sais**. In: MEURER, E. J. (Ed.) Fundamentos de química do solo. 4ª ed. Porto alegre: Evangraf, p. 149-166, 2010.

MEURER, E. J.; CASTILHOS, D. D.; TEDESCO, M. J. **Fundamentos de química do solo**. 2ª ed. Porto Alegre: Genesis, 290 p, 2004.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. **Biodiversidade**: Flora. In: Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da caatinga. Brasília, DFMMA/SBF, 36 p, 2002.

OLIVEIRA, F. P. **Erosão hídrica em áreas florestais no vale do rio doce, região centro-leste do estado de Minas Gerais**, 150 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lvras – MG 2006.

OLIVEIRA, T. S.; ASSIS JUNIOR, R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: UFS/SBCS. 1ª ed. 406 p, 2000.

OLDEMAN, L. R. **The global extent of land degradation**. In: GREENLAND, D. J.; SZABOLCS, I. Land Resilience and Sustainable Land Use. Wallingford: CABI, p. 99 –118, 1994.

OLDEMAN, L. R. **Global extent of soil degradation**. Wageningen, The Netherlands: International Soil Reference and Information Center, p. 19-36, 1992.

ONU- Organização das Nações Unidas. **Desertificação**. 1994. Disponível em: [WWW.brasile scola.com/geografia/desertificacao.htm](http://WWW.brasile scola.com/geografia/desertificacao.htm). Acesso em 20 de fev. 2011.

PAES-SILVA, A. P. **Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Açude do Namorado no Cariri Oriental Paraibano**. 107 f. il. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia – PB, 2002.

PAVAN, M. A.; CHAVES, S. C. D. **A importância da matéria orgânica nos sistemas agrícolas**. Londrina: IAPAR, 36 p, 1998. (IAPAR. Circular, 98).

PORTUGAL, A. F.; JUNCKSH, I.; SCHAEFER, C. E. R. G.; NEVES, J. C. L. Estabilidade de agregados em Argissolo sob diferentes usos, comparado com mata. **Revista Ceres**, v. 57, n. 4, p. 545-553, 2010.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência e Ambiente**, v. 27, p. 29-48, 2003.

RIBEIRO, M. R.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GALINDO, I. C. L. Os solos e o processo de desertificação no semi-árido brasileiro. Tópicos em Ciências do Solo, Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 6, p. 413-460. 2009.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: MG, 359p. 1999.

- ROMKENS, M. J. M.; HELMING, K.; PRASAD, S. N. Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes. **Catena**, v. 46, p. 103-123, 2001.
- RÜHLMANN, J.; KÖRSCHENS, M.; GRAEFE, J. A new approach to calculate the particle density of soils considering properties of the soil organic matter and the mineral matrix. **Geoderma**, v. 30, p. 272–283, 2006.
- SÁ, I. B.; RICHÉ, G. R.; FOTIUS, G. A. Degradação ambiental e reabilitação no trópico semi-árido brasileiro. **Anais da Conferência Nacional da Desertificação**, Fortaleza, 1994. Brasília, Fundação Grupo Esquel Brasil. p. 310-331, 1994.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. S. B. Desertificação no Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30. **Anais...** Recife: Conferências. 2005. 1 CD-ROM. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2005.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: região semi-árida. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26. **Anais...**, Rio de Janeiro, 1997. CD-ROM, 1997.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO I. H.; SILVA, F. B. R. **Fertilidade dos solos de semiárido**. In: PEREIRA, J. R.; FARIA, C. M. B. ((Eds.) Fertilizantes: insumos básicos para a agricultura e combate à fome. Petrolina, EMBRAPA-CPATSA/SBCS, 273 p, 1995.
- SANTIAGO, R. D. **Agregação do solo: efeito de diferentes gramíneas na formação e estabilização**. 1977. 62 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias. Areia – PB, 1977.
- SANTOS, J. T. **Avaliação de pastagens e atributos físicos e químicos do solo em áreas sob pastejo extensivo no Brejo Paraibano**. 2009. 152 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Areia - PB. 2009.
- SANTOS, J. T.; ANDRADE, A.P.; SILVA, I. F.; SILVA, D. S.; SANTOS.; E. M.; SILVA, A. P. G. Atributos físicos e químicos do solo de Áreas sob Pastejo na Micro Região do Brejo Paraibano. **Ciência Rural**, v. 40, n. 12, p. 2486 - 2492, 2010.
- SANS, L. M. A. **Avaliação da qualidade do solo**. In: OLIVEIRA, T. S.; ASSIS JÚNOR, R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. E. C. (Eds.) Agricultura, Sustentabilidade e o semiárido. Fortaleza UFC. SBCS, p.170-213, 2000.
- SANTANA, S. C. **Indicadores físicos da qualidade de solos no monitoramento de pastagens degradadas na região sul do Tocantins**. 2009. 76 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Tocantins, Gurupi – Estado, 2009.
- SALCEDO, I. H. Fertilidade do solo agricultura de subsistência: Desafios para o semiárido Nordeste. In.: Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 26. reunião brasileira sobre micorrizas, 10. simposio brasileiro de microbiologia do solo, 8. reunião brasileira de biologia do solo, 5. 2004, Lages. **Anais...** Lages, 2004 CDROM.
- SAS Institute Inc. **SAS/STAT 9.3 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2011. 8621 p.
- STALLINGS, J. H. **Soil conservation**. Englewood Cliffs, New Jersey: prentice-hall. 575 p, 1957.

SILVA, J. M. C. T., M.; FONSECA, M. T. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação.** Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

SILVA, J. R. C. **Erosão e produtividade do solo no semiárido.** In: OLIVEIRA, T. S.; ASSIS J. R. R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (ed.), Agricultura, sustentabilidade e o semiárido. Fortaleza: UFC, cap. 10, p. 170-213, 2000.

SILVA, C. A.; ANDERSON, S. J.; VALE, F. R. Carbono, nitrogênio e enxofre em frações granulométricas de dois Latossolos submetidos a calagem e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 593-602, 1999.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 311-317, 1998.

SILVA, A. J. N.; RIBEIRO, M. R. Caracterização de Latossolo Amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no estado de Alagoas: atributos morfológicos e físicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 684-688, 1997.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 1, p. 113-117, 1997.

SILVA, G. G. **A problemática da desertificação no ecossistema da caatinga do município de São João do Cariri.** Monografia de Especialização. Universidade Federal do Piauí. 93 p, 1993.

SIX, J.; PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E. T. E COMBRINK, C. Soil structure and organic matter: I. Distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, p. 681-689, 2000.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; ARAÚJO, G. T.; SOUTO, L. S. Decomposição de esterco disposto em diferentes profundidades em área degradada no semiárido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p.125-130, 2005.

SOUZA, J. M. **Dinâmica de atributos físicos e químicos de um Argissolo Vermelho Amarelo em topossequência de pastagem cultivada no Brejo paraibano.** 2010. 72 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Areia. 2010.

SCHAEFER, C. E. R.; SILVA, D. D.; PAIVA, K. W. N.; PRUSKI, F. F.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; ALBUQUERQUE, M. B. A. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em argissolo vermelho-amarelo sob chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 669-678, 2002.

TEDESCO, M. J. GIANELLO, C. BISSANI, C. A. BOHNEN, H. VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2ª ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 174 p, 1995.

TIESSEN, H.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. Organic matter turnover and management in low input agriculture of NE Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystem**. v. 61, p. 99-103, 2001.

TIESSEN, H.; SANTOS, M. C. D. Variability of C, N and P content of a tropical semi-arid soil as affected by soil genesis, erosion and land clearing. **Soil - plant- animal relationships**. v. 119, p. 337-341, 1998.

TIESSEN, H.; CUEVAS, E.; CHACON, P. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. **Nature**, v. 371, p.783-785, 1994.

TIESSEN, H.; SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. Nutrient and soil organic matter dynamics under shifting cultivation in semi-arid Northeastern Brazil. **Agriculture Ecosystem Environment**, v. 38, p. 139-151, 1992.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Stabilization of soil aggregate by the root systems of ryegrass. **Australian Journal Soil Research**, v. 17, p. 429-441, 1979.

TISDALL, J. M.; COCKOFT, B.; UREN, N. C. The stability of soil aggregates as affected by organic materials microbial activity and physical disruption. **Australian Journal of Soil Research**, v. 16, p. 9-17, 1978.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, v. 33, p. 141-163, 1982.

TOMÉ, M. V. D. F. **Manejo responsável de Agroecossistema: Integração de variáveis ambientais, sociais e econômicas**. 202 p. 2004. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Viçosa, MG. 2004.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 247 p.1997.

TREVISAN, R.; MATTOS, M. L. T.; HERTER, F. G. Atividade microbiana em argissolo vermelho-amarelo distrófico coberto com aveia preta (*Avena sp*) no outono, em um pomar de pessegueiro. **Ciência Rural**, v. 7, n. 2ª, p. 83-89, 2002.

TROEH, F. R.; HOBBS, J. A.; DONAHUE, R. L. **Soil and water conservation for productivity and environmental protection**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 718 p. 1980.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM. **World Atlas of Desertification**. Londres: UNEP/Edward Arnold, 69 p. 1992.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAM. **Status of desertification and implementation of the plane faction to combat desertification**. Nairóbi, Kenya:UNEP, 1991.

USDA- NRCS. **Soil Institute**, Ames, IA. Disponível em: < [http:// soils.usda.gov/sqi/](http://soils.usda.gov/sqi/)> Acessado em: 28/08/2011.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Processos de desertificação no Nordeste do Brasil: sua gênese e sua contenção**. Recife: Sudene, 1983.

VELLOSO, A. L; SAMPAIO, E.V. S; PAREYN, F.G.C. **Ecorregiões propostas para o bioma Caatinga**. Associação Plantas do Nordeste, Instituto de Conservação Ambiental, e The Nature Conservancy do Brasil, Recife. 76p. 2002.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 891-900, 2004.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Community Soil Science Plant**, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

ZAIA, F. C., GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F. Formas de fósforo no solo sob leguminosas florestais, floresta secundária e pastagem no Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.3, p.1191-1197, 2008.

ZARTL, A. S.; KLIK, A.; HUANG, C. Soil detachment and transport processes from interrill and rill areas. **Physics and chemistry of Earth**, v. 26, p. 25-26. 2001.