



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA**

**AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS DE MANEJO DA CAATINGA ATRAVÉS DA
ANÁLISE DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO**

FRANCISCO GONÇALO FILHO

MOSSORÓ-RN

2015

FRANCISCO GONÇALO FILHO

**AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS DE MANEJO DA CAATINGA ATRAVÉS DA
ANÁLISE DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, como parte dos requisitos para obtenção do título “Mestre em Manejo de Solo e Água”.

Orientador: Prof. D. Sc. Paulo Cesar Moura da Silva

MOSSORÓ-RN

2015

Catálogo na Fonte
Catálogo de Publicação na Fonte
UFERSA - BIBLIOTECA CENTRAL ORLANDO TEIXEIRA
CAMPUS MOSSORÓ

Gonçalo Filho, Francisco.

Avaliação de técnicas de manejo da caatinga através da análise dos atributos físicos e químicos do solo / Francisco Gonçalo Filho. - Mossoró, 2015.

80f: il.

1. Solo. 2. Caatinga - Manejo sustentável. 3. Chapada do Apodi. I.
Título

RN/UFERSA/BCOT/357
G635a

CDD 631.4

FRANCISCO GONÇALO FILHO

**AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS DE MANEJO DA CAATINGA ATRAVÉS DA
ANÁLISE DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO**

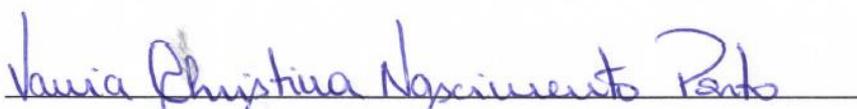
Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, como parte dos requisitos para obtenção do título “Mestre em Manejo de Solo e Água”.

APROVADA EM: 24/02/2015.



D. Sc. Prof. Paulo Cesar Moura da Silva/UFRSA

Orientador



D. Sc. Prof. Vânia Christina Nascimento Porto/UFRSA

Examinadora



D. Sc. Prof. Renato Dantas Alencar/IFRN

Examinador

MOSSORÓ/RN

2015

iii

Aos meus pais Francisco e Alaíde que com carinho e força de vontade me conduziram no caminho dessa conquista, o que me faz pensar grande e ser capaz de superar limites por eles não alcançados.

OFEREÇO

A todos os agricultores e agricultoras que com muita dedicação se esforçam para manter vivo o conhecimento popular, tão importante na convivência no semiárido.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pelas possibilidades abertas por essa conquista.

A Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água e aos técnicos do Laboratório de Fertilidade do Solo e Plantas – LASAP/UFRSA, pelo apoio durante a realização desse trabalho.

Ao amigo, orientador Prof. Dr. Paulo Cesar Moura da Silva, pela orientação durante essa fase do nosso convívio.

Aos Agricultores (as) do Projeto de Assentamento Tabuleiro Grande envolvidos (as) no Projeto de Manejo da Caatinga, em especial ao agricultor Antônio Rodrigues do Rosário (Golinha).

Ao Projeto Dom Helder Câmara pela oportunidade de aprendizagem, durante o acompanhamento as áreas em manejo sustentável da caatinga no Semiárido Brasileiro.

A Cooperativa de Assessoria e Serviços Múltiplos ao Desenvolvimento Rural – COOPERVIDA, pelo apoio durante a realização desse trabalho, em especial aos técnicos (as) Leomar Fernandes Soares e Akelina Márcia Bezerra de Moraes.

Aos Professores, Carolina Malala Martins; Luís César de Aquino Lemos Filho e Neyton de Oliveira Miranda, pelo apoio e orientação durante as fases desse trabalho.

Aos meus amigos Natanael Santiago Pereira; Raniere Barbosa de Lira; Jonatan Levi Ferreira; Raimundo Fernandes de Brito e Francisco de Oliveira Mesquita pelo companheirismo durante a construção desse trabalho.

Mensagem

"Quando os problemas se tornam absurdos, os desafios se tornam apaixonantes."

Dom Helder Câmara

RESUMO

O uso dos recursos florestais no Nordeste do Brasil ainda é feito de forma irracional e depredatória na maioria das áreas de caatinga; em função disso o bioma vem sofrendo constantes ameaças; muitas vezes isso ocorre pela simples falta de informações sobre técnicas adequadas de como se manejar a mata. Tem-se observado na prática um aumento do interesse da sociedade para a elaboração de planos de manejo empíricos baseados na maioria das vezes na necessidade pessoal dos que demandam os insumos advindos das florestas, em função das barreiras da lei a exploração predatória, percebe-se a necessidade de estudos que deem apoio à gestão desses recursos; o objetivo desse trabalho foi avaliar técnicas de manejo sustentável da caatinga e seus efeitos na recuperação da área e na manutenção da capacidade produtiva, através da avaliação dos atributos físicos e químicos do solo. Para isso foram selecionadas três áreas no Projeto de Assentamento Tabuleiro Grande, no município de Apodi/RN, localizadas no geoambiente Chapada do Apodi; a primeira com 3,2 hectares correspondeu, onde se fez uso das técnicas de raleamento, rebaixamento, enriquecimento da área e controle na entrada dos animais, sendo esta a área em manejo sustentável - AMS; a segunda com 5,6 hectares foi submetida ao manejo que tradicional se faz na comunidade, onde se pratica a exploração desordenada da mata e o superpastejo, sendo esta a área em manejo convencional - AMC; a terceira com 2,0 hectares é parte integrante da reserva legal do Assentamento, sendo esta a área de mata nativa - AMN. Para visualizar os efeitos dos manejos na variação dos atributos do solo após ter decorrido 5 (cinco) anos de intervenção na área foram coletadas amostras do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, além do uso de penetrômetro eletrônico para a determinação da resistência mecânica a penetração – RMP, nos mesmos pontos e os resultados submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de tukey a 1% e 5%. Os resultados indicam eficiência das técnicas de manejo e condução da AMS, evidenciados nos menores valores densidade do solo (ds) apresentado na AMS ($0,90 \text{ g cm}^{-3}$) e AMN ($1,03 \text{ g cm}^{-3}$) em comparação AMC ($1,16 \text{ g cm}^{-3}$), que apresentou relação direta com a resistência mecânica a penetração (RMP), tendo em vista que valores mais altos observados na AMC (2337,29 kPa) em comparação a AMS (1397,30 kPa) e a AMN (1354,53 kPa) na profundidade analisada (0-40 cm); como causa do superpastejo na área, o que foi confirmado pelos valores da porosidade total que se apresentaram superiores na AMS, o que evidencia a melhoria da estrutura do solo; a umidade se apresentou superior na AMS em comparação às demais áreas, devido à presença de serapilheira na área, que favorece a manutenção da umidade e contribui para o aumento da matéria orgânica do solo (MOS) e consequente retenção de mais água; além de ter contribuído para os valores mais elevados do fósforo (P), K^+ e Mg^{2+} na AMS, seguido da AMN; ficando assim evidente a degradação da AMC.

Palavras-Chave: Manejo sustentável da caatinga, Chapada do Apodi, solo.

ABSTRACT

The use of forest resources in Northeast Brazil is still made in the irrational and predatory way in most areas of caatinga; because of this biome has suffered constant threats; often this is the simple lack of information on proper techniques of how to manage the forest. It has been observed in practice an increase in society's interest for the development of empirical management plans based mostly on personal needs of demanding inputs coming of forests, according to the law of barriers to predatory exploitation, it is perceived the need for studies that give support to the management of these resources; The objective of this study was to evaluate sustainable management techniques of the caatinga and its effects on recovery of the area and the maintenance of productive capacity, by assessing the physical and chemical soil properties. For that were selected in three areas of Settlement Tabuleiro Grande Design, municipality of Apodi / RN, located in geoenvironment the Apodi Plateau; The first corresponded to 3.2 acres where use was made of thinning techniques, lowering of the enrichment area and control the entry of animals, this being the area of sustainable forest management - AMS; the second with 5.6 hectares was submitted to management that is done in the traditional community, which practices the uncontrolled exploitation of the forest and the overgrazing, which is the area in conventional management - AMC; the third with 2.0 hectares is an integral part of the legal settlement of the reserve, which is the area of native forest - AMN. To preview the effects of management practices on the variation of soil properties after the expiry of five (5) years of intervention in the area of the soil samples were collected at 0-20 and 20-40 cm, and the use of electronic penetrometer for the determination mechanical resistance to penetration - RMP, the same points and the results submitted to analysis of variance and means compared by Tukey test at 1% and 5%. The results indicate management techniques of driving efficiency and AMS, lower values evidenced in bulk density (d_s) shown in AMS (0.90 g cm^{-3}) and AMN (1.03 g cm^{-3}) compared AMC (1.16 g cm^{-3}), which was directly related to the mechanical resistance to penetration (RMP), considering that higher values observed in the AMC (2337.29 kPa) compared to AMS (1397.30 kPa) and the AMN (1354.53 kPa) in the measured depth (0-40 cm); as the cause of overgrazing in the area, which was confirmed by the values of total porosity that showed higher in AMS, which shows the improvement of soil structure; moisture appeared higher in AMS compared to other areas due to the presence of litter in the area, which favors the maintenance of moisture and contributes to the increase of soil organic matter (SOM) and subsequent retention of more water; in addition to contributing to higher values of match (P), K^+ and Mg^{2+} in AMS, followed by AMN; thereby evident degradation of AMC.

Keywords: Sustainable management of the caatinga, the Apodi Plateau, soil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ocorrência de Desertificação no Estado do Rio Grande do Norte	20
Figura 2: Localização da área em estudo	36
Figura 3: (A) vista do perfil do solo da área em manejo sustentável, (B) vista da paisagem em torno do perfil	38
Figura 4: (A) e (B) vista da área em manejo sustentável antes das intervenções, localizada no Projeto de Assentamento Tabuleiro Grande, Apodi/RN.	38
Figura 5: (A) vista do perfil do solo da área em manejo convencional, (B) vista da paisagem em torno do perfil.....	39
Figura 6: (A) e (B) vista da área em manejo convencional, localizada no Projeto de Assentamento Tabuleiro Grande, Apodi/RN.....	40
Figura 7: (A) e (B) vista da área de reserva legal do Projeto de Assentamento Tabuleiro Grande, Apodi/RN	40
Figura 8: (A) vista do perfil do solo da área de mata nativa, (B) vista da paisagem em torno do perfil	41
Figura 9: Vista da área em manejo sustentável, (A) logo após as intervenções (Janeiro/2009), (B) após o início da estação das chuvosa (Março/2009)	42
Figura 10: Vista de áreas em processo de degradação no semiárido do Rio Grande do Norte, (A) município de Caraúbas e (B) município de Olho D'água do Borge	43
Figura 11: Variação da resistência a penetração (RMP) na área em manejo sustentável – AMS, área em manejo convencional – AMC e na área de mata nativa – AMN, na profundidade 0-40 cm	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Áreas susceptíveis a desertificação no Estado do Rio Grande do Norte e população afetada	19
Tabela 2: Disponibilidade e composição florística estacional da fitomassa pastável da Caatinga	22
Tabela 3: Classes de resistência mecânica do solo à penetração e graus de limitação ao crescimento das raízes adaptados de Canarache (1990), citado por CAMARGO & ALLEONI (1997)	32
Tabela 4: Análise da granulometria do solo	49
Tabela 5: Análise dos atributos físicos densidade do solo (ds), densidade de partículas (dp), porosidade total (Pt)	50
Tabela 6: Análise das médias da resistência mecânica a penetração (RMP) nas diferentes profundidades do solo nas áreas em estudo sob caatinga na chapada do Apodi/RN	51
Tabela 7: Análise dos parâmetros acidez ativa (pH), condutividade elétrica (CE), matéria orgânica do solo (MOS), fósforo assimilável (P), potássio (K ⁺) e sódio (Na ⁺).....	53
Tabela 8: Análise dos parâmetros cálcio (Ca ²⁺), magnésio (Mg ²⁺), alumínio (Al ³⁺), acidez potencial (H ⁺ + Al ³⁺), soma de bases (SB), capacidade de troca de bases (CTC), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m) e porcentagem de sódio trocável (PST).....	55

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 – O Semiárido Brasileiro	15
2.2 - Dimensões da Degradação da Caatinga	16
2.3 – Potencial de uso da caatinga.....	21
2.4 – Tecnologias de manipulação da caatinga	23
2.4.1 – Rebaixamento	26
2.4.2 – Raleamento	27
2.4.3 – Enriquecimento.....	27
2.5 – O Solo.....	28
2.5.1 – Qualidade do Solo	28
2.5.2 – Indicadores da Qualidade do Solo	29
2.5.3 – Atributos físicos como parâmetros para o estudo do solo	29
2.5.4 – Atributos químicos como parâmetro para o estudo do solo	32
2.6 – A matéria orgânica como parâmetro para o estudo do solo	34
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.1 - Caracterização do Local	36
3.1.1 – Caracterização da Área em Manejo Sustentável (AMS).....	37
3.1.2 – Caracterização da Área em Manejo Convencional (AMC).....	39
3.1.3 – Caracterização Área de Mata Nativa (AMN).....	40
3.2 – Fases para a implantação do manejo na área	41
3.2.1 – Planejamento das atividades no Assentamento	41
3.2.2 – Realização das práticas no campo	42
3.3 – Parâmetros avaliados	44
3.3.1 – Atributos Físicos.....	44
3.3.1.1 - Composição Granulométrica.....	45
3.3.1.2 - Densidade do solo (ds).....	45
3.3.1.3 - Densidade de Partículas do Solo (dp).....	46
3.3.1.4 - Porosidade total (Pt).....	46
3.3.1.5 - Resistência do solo a penetração.....	46
3.3.2 – Fertilidade do solo	47

3.4 – Análise Estatística	48
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1 – Parâmetros físicos.....	49
4.2 – Fertilidade do solo	52
5. CONCLUSÕES	57
6. LITERATURA CITADA.....	58
7. APÊNDICE	67

1 – INTRODUÇÃO

A intensificação dos desmatamentos artificiais tem contribuído para a diminuição da diversidade florística do bioma Caatinga em níveis drásticos, pois grande número de espécies, em especial as arbóreas, exige determinadas condições para a propagação, condições estas não propiciadas pelos ambientes extremamente alterados, como tem sido constatado em áreas abandonadas depois de prolongado período de exploração agrícola, áreas estas nas quais se formam apenas capoeiras arbustivas compostas de algumas poucas espécies.

Segundo Mota (2004), em estudos na Chapada do Apodi, no Rio Grande do Norte, a baixa densidade de vegetação, aliada às elevadas temperaturas, tem se constituído fator limitante ao aporte de compostos orgânicos ao sistema, sendo imprescindível a adoção de sistemas de manejo que condicionem maior aporte de material orgânico ao solo.

Além das inúmeras justificativas para a conservação da Caatinga, com base na preservação da diversidade genética, na importância para outros recursos naturais como solo, água e fauna, o valor extrativista do bioma é particularmente crucial nos locais onde atividades tais como queimadas e extração de madeira para diferentes finalidades são comuns e constantes (DRUMOND, 2000).

Esse cenário atual tem causado um impacto cada vez maior no uso e cobertura das terras afetando diretamente a capacidade dos ecossistemas em prover diferentes serviços essenciais à manutenção da vida – os chamados serviços ecossistêmicos. Segundo MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005) os serviços ecossistêmicos podem ser classificados como: serviços com provisão direta de bens (fibras, alimentos, madeira e água), serviços que suportam a vida no planeta (formação de solos, ciclagem de nutrientes, polinização e controle hídrico), serviços derivados dos benefícios de regulação de processos (regulação climática, controle de doenças e pragas) e serviços ditos culturais, não associados, necessariamente a benefícios materiais (recreação, estética e outros).

A Caatinga encontra-se sob forte pressão das atividades humanas resultante de sistemas de produção baseados em práticas agrícolas rudimentares, superpastejo e exploração de madeira indiscriminada. É necessário desenvolver um modelo de exploração que possa garantir o equilíbrio dos ecossistemas e a satisfação econômica e social do homem (SOUZA, 2012).

As consequências desta degradação refletem-se na acelerada inviabilização técnica e econômica da propriedade familiar. Faz-se necessário o desenvolvimento de alternativas que promovam a mitigação da degradação ambiental e a recuperação da produtividade em níveis

economicamente rentáveis e ecologicamente sustentáveis (ARAÚJO FILHO & CARVALHO, 1997).

Como alternativa às pressões exercidas à Caatinga, tem-se o seu manejo agroecológico, o qual envolve a formação dos sistemas agroflorestais que, de acordo com Costa et al. (2002), classificam-se em silviagrícolas, silvipastoris e agrossilvipastoris. Esses sistemas, segundo Melo et al. (2002), valorizam a biodiversidade, garantem a estabilidade, elevam a produtividade da terra, aumentam a oferta de alimentos e permitem uma alimentação equilibrada mesmo nos anos de déficit pluvial. Para Araújo Filho et al. (2006), essa técnica também diversifica a produção, melhora a fertilidade do solo, aumenta a oferta de forragem, reduz a degradação ambiental pela exclusão de queimadas e do desmatamento, fixa a agricultura itinerante, e melhora a renda e a qualidade de vida dos agricultores.

Em função da forte pressão das atividades humanas resultante da exploração em sistemas de produção baseados em práticas agrícolas rudimentares, superpastejo e retirada da madeira indiscriminada é necessário desenvolver modelos de exploração da caatinga que possam garantir o equilíbrio dos ecossistemas a satisfação econômica e social do homem, que viabilizem a sustentabilidade no uso dos recursos naturais, nos diversos geoambientes do semiárido. O objetivo desse estudo foi avaliar métodos de manejo da caatinga distintos aplicados nas condições da Chapara do Apodi, através da avaliação dos parâmetros físicos e químicos do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – O Semiárido Brasileiro

O semiárido se estende pela porção setentrional do Nordeste e norte dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, totalizando uma área de, aproximadamente 970 mil km², e sofre fortemente com problemas socioeconômicos e ambientais, em toda a faixa extensão (CIRILO, 2008).

O clima predominante é do tipo Bsw'h, conforme a classificação de Koppen, ou seja, semiárido, quente com chuvas de outono e temperaturas médias mensais sempre superiores a 18 °C. As limitações hídricas tornam-se mais dramáticas pela ocorrência de secas periódicas, podendo ocorrer períodos com 18 meses ou mais com redução drástica dos índices pluviométricos, promovendo reflexos danosos no âmbito da economia e com custos sociais elevados (SILVA, et al., 1993).

Apresenta baixos índices pluviométricos, sendo estes mal distribuídos e com média que varia de 300 a 800 mm/ano, distribuídos durante três a cinco meses, com elevadas taxas de evapotranspiração que podem chegar, em média, proporcionando um déficit de umidade no solo (MONTENEGRO & MONTENEGRO, 2012).

No que diz respeito à geologia, o nordeste é formado por dois conjuntos estruturais: as bacias sedimentares e o escudo cristalino. Nas primeiras, os solos são em geral profundos, apresentam alta capacidade de infiltração, baixo escoamento superficial e boa drenagem natural, já no escudo cristalino, os solos são, em geral, rasos, com baixa capacidade de infiltração, alto escoamento superficial e reduzida drenagem natural. A partir disso, pode-se verificar que, no caso da existência de substrato geológico homogêneo, outros fatores como topografia e drenagem natural, comandam uma sucessão ordenada de solos inter-relacionados ao longo das vertentes. Porém, sobre o embasamento cristalino, verifica-se uma grande variação na natureza dos solos em pequenas distâncias (SUASSUNA, 1994).

Silva et al., 1993 identificou 20 Unidades de Paisagem, compondo um total de 172 Unidades Geoambientais, ocupando uma área total de 368.216 km², representando 22,2% do Nordeste, destaca-se, dentre as Unidades de Paisagem descritas, a Depressão Sertaneja, em função de sua larga distribuição, constituindo uma paisagem típica do Semiárido nordestino.

O bioma Caatinga destaca-se devido a sua grande extensão, correspondendo a cerca de 54% da área na região Nordeste. Localiza-se nos paralelos de 2° 54" S até 17° 21"W e compreende os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas,

Sergipe, o sudoeste do Piauí, partes do interior da Bahia e do norte de Minas Gerais (ANDRADE et al., 2005).

A caatinga é o bioma resultante do clima semiárido brasileiro e o principal ecossistema da região nordeste, estendendo-se numa área de 844.453 km², 11% do território nacional (MMA, 2007); e está situada entre os paralelos 3° e 17° S e meridianos 35° e 45° W, e cobre 9,92 % do território nacional, abrangendo grande parte da região Nordeste e do norte do estado de Minas Gerais. Nesta região a grande variabilidade espacial e temporal da precipitação (300 a 800 mm/ano) e a ocorrência de altas e estáveis temperaturas (25 °C a 35 °C) propiciam elevados déficits hídricos, com taxas de evaporação anual que chegam a ultrapassar 2.500 mm (SÁ et al., 2000).

O bioma Caatinga destaca-se devido a sua grande extensão, correspondendo a cerca de 54% da área na região Nordeste. Localiza-se nos paralelos de 2° 54" S até 17° 21"W e compreende os Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, o sudoeste do Piauí, partes do interior da Bahia e do norte de Minas Gerais (ANDRADE et al., 2005); é um bioma exclusivo do Brasil, com grande patrimônio biológico para a Região Semiárida (VIEIRA et al., 2009).

A exploração da Caatinga ainda se fundamenta em processos meramente extrativistas. No caso da exploração pecuária, o superpastoreio de ovinos, caprinos, bovinos e outros herbívoros tem modificado a composição florística nativa, quer pela época quer pela pressão de pastejo; as consequências desse modelo extrativista predatório se fazem sentir sob as mais variadas formas (ARAÚJO FILHO & CARVALHO, 1997).

A biodiversidade confere valores biológicos e econômicos significativos para a região; mas este é um bioma extremamente frágil, e devido à exploração desordenada já foram detectados alguns núcleos de desertificação a exemplo da região Seridó do Estado do Rio Grande do Norte, onde o desmatamento do passado para o plantio do algodão mocó, aliado a exploração atual desordenada da madeira para uso como fonte de energia na indústria ceramista e da criação desordenada de animais; vem agravando ainda mais o estado de degradação.

2.2 - Dimensões da Degradação da Caatinga

A transformação do homem em agricultor ou em pastor exigiu grandes modificações na sua postura de domínio da natureza e facilitou a obtenção de alimentos com uma crescente independência das condições, geralmente adversas, do meio ambiente (BARBOSA, 2001).

As estimativas a respeito da degradação antropogênica da Caatinga variam. Segundo Castelletti et al., (2003), essas ações têm impactos expressivos no bioma, pois, além de destruir a cobertura vegetal, prejudicam a manutenção de populações da fauna silvestre, a qualidade da água e o equilíbrio do clima e do solo.

É importante salientar que atualmente há cerca de 53 milhões de habitantes na região Nordeste – destes, 30% na zona rural (IBGE, 2010), a qual tem problemas estruturais no que diz respeito à sustentabilidade dos sistemas de produção de alimentos, que, em conjunto com os efeitos negativos das secas, têm dificultado sua manutenção e desenvolvimento, e o uso da terra tem aumentado o nível de deterioração do solo e da água e diminuído a biodiversidade em espécies e, como consequência, intensificado o processo de desertificação.

A intensificação do uso do solo, bem como seu uso além da capacidade natural de regeneração dos ecossistemas, vem causando, na região da caatinga, vultosas perdas na biodiversidade da fauna e flora, erosão do solo, assoreamento dos reservatórios e dos rios, com consequente declínio da atividade econômica e da qualidade de vida da população, podendo ser apontada como um dos fatores que contribuíram para o êxodo rural (ARAÚJO FILHO, 2013).

A utilização inadequada do solo, sobretudo por meio da adoção de sistemas convencionais, tem ocasionado a degradação de suas propriedades físicas, químicas e biológicas (Sá et al., 2009) como, por exemplo, a desestruturação e compactação, a redução da fertilidade, a oxidação acelerada da matéria orgânica e a diminuição da quantidade e diversidade de organismos do solo (LEITE et al., 2010).

O corte e a queima de espécies lenhosas na Caatinga são intervenções humanas deveras comuns, como também é intensa a atividade de pastejo pelos rebanhos, principalmente caprinos e ovinos, os quais são criados extensivamente, principalmente pelos pequenos produtores. Essas atividades chegam a causar problemas de regeneração de indivíduos e recomposição da fisionomia da vegetação, mais drasticamente quando os períodos de seca são mais prolongados (ARAÚJO FILHO & CARVALHO, 2007).

O manejo inadequado do solo e da vegetação reflete no aumento da degradação destes recursos, contribuindo, principalmente, no avanço do processo de desertificação (Menezes & Sampaio, 2002); este fenômeno é acentuado nas condições da região Semiárida, na qual, além dos fatores ambientais desfavoráveis (déficit de água e elevadas temperaturas, por exemplo), existe um grande problema na adoção de sistemas agrícolas totalmente extrativistas, sobressaindo-se o superpastoreio e a retirada indiscriminada da vegetação (MAIA et al., 2006).

Os processos de desertificação no Semiárido brasileiro não só se manifestam pela sensibilidade natural do ambiente, mas, sobretudo, pelo uso a ele imposto. É importante salientar que as observações de campo e a análise visual de imagens de satélite demonstram nitidamente que as áreas mais devastadas comportam solos de alta fertilidade, que foram e/ou estão sendo intensivamente explorados (SÁ et al., 1994); ainda segundo o mesmo autor a área do Trópico Semiárido afetada por processos de desertificação em níveis elevados é de mais de 20 milhões de hectares, que corresponde a 12% da área do Nordeste.

A retirada da cobertura original do solo do bioma caatinga é um dos primeiros indicadores dos processos de degradação e desertificação da região; se a cobertura vegetal nativa é mantida, a degradação por causa antrópica ou natural é reduzida; portanto a desertificação tende a começar com o desmatamento (Sampaio et. al., 2005); tendo em vista que a retirada da cobertura vegetal desse bioma coloca em risco toda a biodiversidade existente na região, pois, além de interferir nas condições físicas, afeta o desenvolvimento e a manutenção de atividades ligadas ao social, econômico, cultural. Enfim, ocasiona impactos em outras áreas que estão direta ou indiretamente relacionadas à boa manutenção desse bioma.

Duque (1980) assinalou, contudo, que o desnudamento do solo não conduzirá o semiárido nordestino a um deserto físico propriamente dito, porém provocará os extremos meteorológicos, aumentando a isolação, o calor, o ressecamento, a irregularidade pluviométrica e os processos erosivos, resultando enfim, no deserto econômico.

O uso desordenado associado ao lento processo de regeneração da caatinga, que para a região Seridó do Rio Grande do Norte é de 11 a 13 anos (IBAMA, 1992), associado à pressão sobre esses recursos em função do crescimento da população, aliado aos altos índices de urbanização tem causado danos, sobretudo nos ambientes mais frágeis.

A identificação dos estudos sobre a desertificação no Rio Grande do Norte denota que a preocupação com o problema já se fazia presente nos últimos decênios do século XX, sendo sintomático que, em 1997, tenha sido criado o Grupo de Estudos sobre Desertificação no Seridó – GEDS.

O referido grupo, que envolve diversas instituições, “foi fruto de um processo de reflexão em torno das questões da seca, das alternativas de convivência com a mesma e do combate direto aos processos desencadeadores da desertificação” e tem como objetivo fomentar estudos e debates sobre o tema, articulando ações capazes de promover o desenvolvimento sustentável no Seridó (IDEMA, 2004).

As áreas susceptíveis ao fenômeno foram classificadas segundo o Grau de Susceptibilidade, em áreas com intensidade muito grave, grave e moderada (Tabela 1).

Tabela 1: Áreas susceptíveis a desertificação no Estado do Rio Grande do Norte e população afetada

CLASSE DE INTENSIDADE	ÁREA (Km ²)	POPULAÇÃO (%)	ÁREA (Absoluta)	POPULAÇÃO (%)
Muito Grave	12 965	24,3	289 767	11,0
Grave	20 545	38,5	591 158	22,5
Moderada	5 120	9,6	215 112	8,2
Total Afetado no RN	38 630	72,5	1 096 037	41,7
Estado	53 307	100,0	2 630 000	100,0

FONTE: CARVALHO et al., (2000).

Em 1990 a desertificação já tinha afetado 72,5% do território potiguar, nas áreas afetadas moravam 41,7% da população do estado, ressaltando-se que, na região com nível de desertificação muito grave, residiam 11% dos potiguares (CARVALHO et al., 2000).

As atividades que mais degradam os recursos naturais no estado são: a extração de lenha e argila que são usadas pelas cerâmicas na fabricação de telhas, a fabricação da cal nas caieiras, o carvão nas carvoarias, o sobrepastoreio (superpopulação de animais em áreas muito restritas), além da mineração que está presente em alguns municípios. Essas atividades juntas provocam um imenso desequilíbrio ambiental na região que vem afetando tanto a biodiversidade local quanto a população residente (CARVALHO et al., 2000).

No Nordeste brasileiro as áreas em processo de desertificação, em diferentes graus de intensidade, já somam uma superfície correspondente a 22% da área total do Trópico Semiárido (Riché et al., 1994). A busca da contenção e reversão desse processo, por meio do uso de diversas técnicas já disponíveis, deve ser considerada como parte estratégica de um amplo programa de convivência com o Semiárido.

Para reverter este quadro de degradação causado pela ação do homem, é necessário o uso meio rápido e eficaz de recuperação ambiental; destacando-se a produção de mudas para reflorestamento em áreas desmatadas o que permite a recomposição da vegetação, a reintrodução da fauna e a melhoria das condições do solo.

As ações nesse sentido devem priorizar as áreas mais comprometidas com o fenômeno da seca, conhecidas como “Núcleos de Desertificação”, assim como as áreas susceptíveis a desertificação. Os “Núcleos” devem ser reabilitados, prioritariamente, para reutilização com

atividades produtivas racionais, de modo que possam servir como exemplo, e as ações neles executadas possam ser replicados em outros ambientes.

Silva, et al., (2013a), aponta que na Mesorregião de Mossoró, as áreas com maiores índices de deterioração se localizam próximas as salinas, poços de petróleo e centros urbanos; as com áreas de alta e média deterioração ocuparam a maioria do território estudado, totalizando aproximadamente 85 %. Isso mostra a necessidade de estudos mais aprofundados, seguindo de ações de recuperação desses ecossistemas.

No estado do Rio Grande do Norte existem cerca de 1.011.000 hectares propícias ao processo de desertificação; os municípios inseridos em tais áreas estão propensos a problemas econômicos, ambientais, sociais e de saúde pública (BEZERRA, et al., 2011).

A projeção dos dados da desertificação no espaço norte-rio-grandense revela o mapa de ocorrência do fenômeno, explicitando a classe de intensidade, segundo as regiões afetadas (Figura 1).

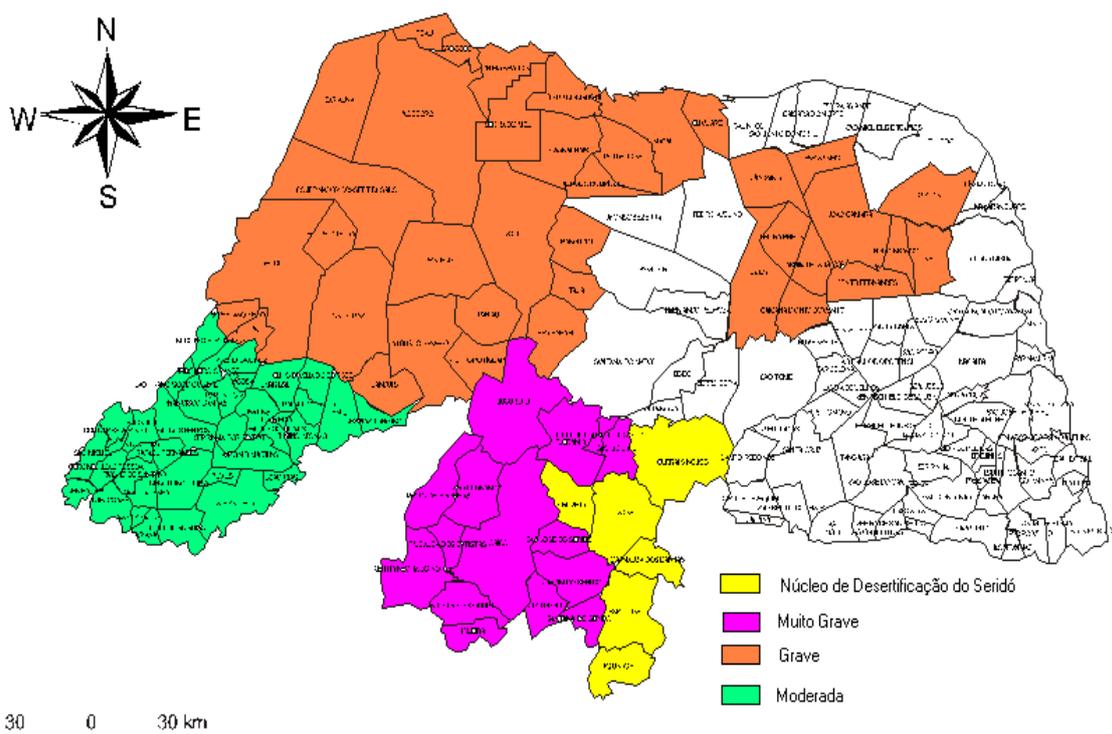


Figura 1: Ocorrência de Desertificação no Estado do Rio Grande do Norte
FONTE: CARVALHO et al., (2000)

Entre as principais ameaças ao Bioma Caatinga apontadas pelo relatório Geo Brasil, 2002, estão à falta ou deficiência de práticas de manejo sustentável e recuperação da vegetação degradada; baixos níveis tecnológicos comprometendo a eficiência da transformação e uso final da biomassa nas indústrias consumidoras de carvão e lenha; deficiência de na

criação e/ou consolidação de áreas protegidas; deficiência ou inexistência de mecanismos de criação e/ou facilitação de incentivos para práticas de uso sustentável e conservação dos recursos naturais; falta de capacitação dos atores envolvidos na implementação de práticas de uso sustentável e conservação dos recursos naturais; falta ou deficiência na produção, sistematização e divulgação de informações sobre práticas de uso sustentável e conservação dos recursos naturais.

2.3 – Potencial de uso da caatinga

A vegetação do bioma é extremamente diversificada, incluindo, além das caatingas, vários ambientes associados (enclaves). São reconhecidos 12 tipos diferentes de caatingas, que chamam atenção especial pelos exemplos fascinantes de adaptações aos hábitos semiáridos (ALVES et al., 2009).

Tal situação pode explicar, parcialmente, a grande diversidade de espécies vegetais, muitas das quais endêmicas ao bioma. Estima-se que pelo menos 932 espécies já foram registradas para a região, sendo 380 endêmicas. A caatinga é um tipo de formação vegetal com características bem definidas: árvores baixas e arbustos que, em geral, perdem as folhas na estação seca (espécies caducifólias), além muitas cactáceas. A caatinga apresenta três estratos: arbóreo (8 a 12 metros), arbustivo (2 a 5 metros) e o herbáceo (abaixo de 2 metros) (ALVES, et al., 2009).

A caatinga representa um grande potencial biológico para a região semiárido e, possuem um potencial expressivo para o desenvolvimento de atividades produtivas, apesar da baixa precipitação pluviométrica (Vieira et al., 2009); em termos de Rio Grande do Norte a caatinga ocupa cerca de 80% do território. Conforme Drummond (2000), em termos de lenha, inventários florestais têm demonstrado que o estoque é em média, cerca de 100 m³/ha.

O bioma caatinga mostra-se bastante rica e diversificada em espécies forrageiras; a produção fitomassa da folhagem das espécies lenhosas e da parte aérea das herbáceas atinge, em média, 4.000 kg/ha/ano de matéria seca, dos quais somente 400 kg/ha estão na forma de pastagem disponível, e com variações significativas em função da estação do ano, da localização e do tipo de Caatinga; além disso, a composição florística da forragem produzida que em sua maior parte advém dos componentes herbáceos anuais dominantes, varia consideravelmente em virtude dos fatores acima mencionados (ARAÚJO FILHO & CRISPIN, 2002).

Há grande influência do clima sobre a produção, a oferta de forragem é boa durante a estação chuvosa, quando existem abundância e riqueza da vegetação nativa, permitindo maior número de animais por hectare. Todavia, há aqui um paradoxo: na estação das chuvas a forragem é abundante e de boa qualidade nutritiva, mas encontra-se, em sua quase totalidade, fora do alcance dos animais, devido à altura do dossel arbóreo-arbustivo (ARAÚJO FILHO, 2013).

Na época seca, a forragem ao alcance do animal é abundante, devido à queda das folhas das espécies lenhosas caducifólias, mas sua qualidade nutricional é muito baixa, limitando o consumo em função disto no máximo, apenas 10% da produção de fitomassa foliar são realmente consumidos, isto é, dos 4.000 kg/ha/ano de fitomassa, somente 400 kg/ha constituem realmente a forragem consumida, em razão do paradoxo anteriormente mencionado. Isto significa que, embora a produção de fitomassa pastável seja elevada para uma pastagem nativa de região semiárida, a inacessibilidade na estação das chuvas e a baixa qualidade na estação seca impactam negativamente seu consumo (Araújo Filho, 2013); as flutuações da disponibilidade de forragem em uma caatinga arborescente protegida encontram-se expostas na Tabela 2.

A produção média anual de fitomassa da parte aérea da vegetação da caatinga, considerando as formações arbóreas e arborescentes, situa-se em torno de 6 toneladas por hectare, assim distribuídas: 2 toneladas de madeira e 4 toneladas de folhas, flores e frutos. Essas médias sofrem fortes variações em razão, principalmente, das mudanças das características da estação das chuvas, do tipo de solo e do estágio de sucessão, do histórico de uso da área. Considerando-se somente a produção de folhagem, flores e frutos, em áreas de caatinga arbóreo-arbustiva, cerca de 90% provêm das espécies lenhosas, com até 70% das espécies arbóreas potencialmente forrageiras. (ARAÚJO FILHO, 2013).

Tabela 2: Disponibilidade e composição florística estacional da fitomassa pastável da Caatinga

Época do ano	Disponibilidade (kg ha ⁻¹)	Composição (% do peso seco)		
		Herbáceas	Lenhosa	Serapilheira
Início do inverno	2.287,9	5,3	2,5	92,2
Meio do inverno	1.905,4	36,4	8,4	55,2
Fim do inverno	1.204,7	57,6	14,2	28,2
Meio do verão	3.598,0	24,6	0,0	75,4
Fim do verão	2.407,8	9,8	0,0	90,2

Fonte: ARAÚJO FILHO & CARVALHO (1997).

2.4 – Tecnologias de manipulação da caatinga

O manejo de pastagem nativa é a ciência e a arte de se planejar e direcionar o uso da pastagem para obtenção de bens e serviços demandados pela sociedade humana, numa concepção de rendimento ótimo sustentável e consoante com a melhoria e conservação dos recursos naturais renováveis (ARAÚJO FILHO, 2013).

Pesquisas desenvolvidas por instituições do Nordeste Brasileiro resultaram na geração de tecnologias sustentáveis de manipulação da vegetação lenhosa e herbácea da caatinga com elevados incrementos na produção e melhoria da qualidade da forragem. Essas tecnologias só terão vantagens se forem utilizados métodos adequados aos objetivos da exploração da unidade produtiva, se houver potencial do sitio ecológico para a produção de forragem, se forem conhecidas as respostas da cobertura florística às práticas utilizadas (ARAÚJO FILHO, 2013).

Mais e melhores informações científicas sobre os recursos naturais e opções ecologicamente adequadas de uso e manejo da terra, relacionadas ao entendimento da lógica de produção do produtor, podem influenciar na tomada de decisão sobre suas práticas, de modo que promovam melhorias ambientais e contribuam para o desenvolvimento sustentável da agricultura (HOEFLE, 2009).

A manipulação da vegetação consiste em toda e qualquer modificação induzida pelo homem na cobertura florística de uma área, visando adequá-la aos objetivos da exploração desejada, seja ela agrícola, pastoril ou madeireira. Do ponto de vista da produção de forragem, a vegetação lenhosa da caatinga pode ser manejada com o objetivo de aumentar a produção e a disponibilidade de forragem, tanto do estrato arbustivo-arbóreo, como do herbáceo (ARAÚJO FILHO, 2013).

Sistemas agroflorestais são formas de uso e manejo dos recursos naturais, nos quais espécies lenhosas (árvores, arbustos e palmeiras) são utilizadas em associações deliberadas com cultivos agrícolas e/ou animais, na mesma área, de maneira simultânea ou sequencial (LUDGREN & RAIN TREE, 1982)

Machado et al. (2012) citam que os Sistemas Agroflorestais (SAF's), é uma tecnologia com alto potencial produtivo agropecuário; sua adoção permite melhorar o equilíbrio entre os componentes solo/planta/animal, integrar culturas e animais, aumentar a eficiência de uso da terra, diversificar a produção agrícola, melhorar a utilização do solo, da água e do ambiente e recuperar áreas degradadas, agregando valor às áreas de produção.

No que tange ao estrato herbáceo, objetiva-se enriquecê-lo com novas espécies exóticas ou nativas e estabilizar sua composição florística ao longo dos anos, principalmente se constituído por espécies anuais; no caso do estrato lenhoso, além das mudanças na composição florística e na arquitetura, constituem objetivos importantes o repovoamento de áreas de vegetação degradada, com espécies nativas, e a formação e o manejo de bancos de proteína (ARAÚJO FILHO, 2013).

Para o Nordeste do Brasil, as técnicas de manipulação da caatinga utilizadas nos sistemas agrossilvipastoris, como raleamento, rebaixamento e/ou enriquecimento, melhoram qualitativa e quantitativamente a oferta de forragem durante todo o ano, tanto no estrato arbustivo-arbóreo, como no herbáceo, favorecendo o desempenho sustentado da pecuária, (ARAÚJO FILHO, 1990).

De acordo com Araújo Filho & Carvalho (1997), a manipulação da caatinga, seguida de práticas de conservação dos recursos naturais, pode aumentar a disponibilidade de forragem em até 80%.

Segundo Meulebrouck et al., (2008) a produção de mudas de nativas uma das etapas primordiais para o enriquecimento da caatinga, assim como para a recomposição do componente florestal original e na etapa da produção das mudas a germinação das sementes é um processo crítico no ciclo de vida das plantas superiores e seu sucesso depende da semente estar em estágio não dormente e encontrar um sítio com condições ambientais que permitam a germinação.

Segundo Araújo Filho (1985), bovinos, caprinos e ovinos exercem efeitos diferenciados sobre a vegetação da Caatinga em virtude das distinções tanto na composição botânica de suas dietas, como nos hábitos de pastejo; o pastejo por qualquer dessas espécies na caatinga nativa, quer isoladamente, quer em combinação, não traz efeitos significativos sobre a vegetação, desde que conduzido segundo as normas da conservação; no entanto, em condições de superpastejo, ovinos e caprinos podem induzir alterações consideráveis na florística da Caatinga, quer pelo anelamento dos troncos das espécies lenhosas, causando-lhes a morte, quer pelo consumo das plântulas, impedindo a renovação do estoque de espécies arbustivas e arbóreas, além de diminuir a produção de serapilheira; apesar dessas considerações, comumente infere-se que caprinos são mais prejudiciais à Caatinga que ovinos e bovinos; a não ser em condições ecológicas especiais ou na falta de outros alimentos, não é comum aos ovinos o hábito de ingerir plantas lenhosas.

A preferência alimentar sobre as forragens também varia com a espécie animal e com a intensidade do pastejo, em geral, caprinos parecem preferir o consumo de espécies lenhosas, enquanto bovinos e ovinos tendem a utilizar mais as gramíneas (SILVA SOBRINHO, 2005).

Conforme relata Medeiros et al., (2000), os caprinos, na estação chuvosa, preferem as dicotiledôneas herbáceas e brotos da vegetação lenhosa, mas quando o estrato herbáceo desaparece, o que ocorre normalmente na estação seca, esses animais se alimentam de folhas, flores, frutos, sementes e cascas das lenhosas, obtidos do chão ou até 2 m de altura na vegetação.

Segundo Araújo Filho (1992), um caprino adulto chega a consumir, na Caatinga, uma média de 900 gramas por dia. Em termos gerais, com o avanço da estação seca, os caprinos intensificam o consumo de plântulas e folhas de arbustos e árvores, passando a utilizar as partes subterrâneas, as cascas dos troncos e as folhas caídas no solo depois que as espécies decíduas perdem as suas folhas (MESQUITA et al., 1989).

Vale salientar que, onde há caprinos criados extensivamente, raramente são encontradas plantas jovens, o que aumenta o problema da recomposição populacional da flora. Embora a degradação seja uma realidade em extensas áreas do semiárido nordestino, Araújo Filho (1985) ressalta que, quando convenientemente manipulada e manejada, a vegetação da Caatinga pode manter níveis adequados de produção animal sem perdas significantes da biodiversidade e do potencial produtivo.

Em experimento no município de Ouricuri/PE, a manipulação da caatinga, com raleamento e rebaixamento da vegetação nativa, propiciou maior produção de fitomassa total, comparada com os sistemas tradicionais de cultivo no semiárido (ARAÚJO FILHO et al., 2002). O uso desse sistema suspende o uso do fogo e preserva a flora e a fauna

Lira (2010), estudando a experiência do manejo da caatinga no Assentamento Moacir Lucena, no município de Apodi/RN, comprovou que os sistemas agroflorestais são apropriados para região semiárida; no entanto, é necessário estudar melhor os processos de ciclagem de nutrientes em diferentes arranjos; o mesmo afirma que as condições de manejo da caatinga contribuíram de forma benéfica para a conservação da fertilidade do solo nos ambientes manejados, onde em áreas de manejo da caatinga com cinco anos apresentou maiores valores para CTC efetiva, soma de bases (SB) e teores de Ca em comparação com os demais sistemas, convencionalmente adotados na região.

Em sistemas agrossilvipastoris para o semiárido, cordeiros acompanhados do nascimento a desmama apresentaram maior peso ao nascer e maior ganho de peso médio diário, assim como maior produção de cordeiros desmamados, quando comparados com o

sistema tradicional (CARVALHO, 2003). O peso ao nascer é uma característica importante, pois quanto mais pesado for o cordeiro, maiores são as chances de sobrevivência.

O excesso de pastoreio acentua a degradação dos solos e da caatinga, e tende a suprimir o estrato herbáceo, inviabilizando sua utilização ao longo do tempo. O manejo racional da caatinga torna-se, então, de grande importância para que os produtores tenham sempre em disponibilidade e qualidade para os seus animais. (ARAÚJO FILHO & CARVALHO, 1997).

Estrategicamente, as espécies lenhosas são fundamentais no contexto de produção e disponibilidade de forragem no semiárido nordestino, apresentando entre outros benefícios adicionais ao sistema, a reciclagem de nutrientes, a redução das perdas de nutrientes por lixiviação, maior biodiversidade, controle da erosão e melhoria da fertilidade do solo (KANG, 1997; ARAÚJO FILHO & CARVALHO, 1997).

O manejo de pastagem nativa fundamenta-se nos princípios e leis da ecologia, a pastagem antes de tudo é um ecossistema e, portanto, as relações entre animais e plantas que o constituem são de natureza ecológica; além disso, dois fenômenos ecológicos existentes entre os organismos das comunidades vegetais e animais são manipulados pelo manejo, quais sejam, a competição entre as espécies e a sucessão da comunidade vegetal da pastagem, manejados em função os objetivos propostos e o potencial da área (ARAÚJO FILHO, 2013).

À luz da definição do manejo, cinco objetivos devem ser alcançados: Manutenção das espécies forrageiras mais importantes e conservação da biodiversidade da pastagem; Uso eficiente da forragem produzida; Produção ótima sustentada dos rebanhos domésticos e conservação da fauna nativa; Controle do fluxo das correntes d'água, minimizando a força das enxurradas e conseqüente controle da erosão (ARAÚJO FILHO, 2013).

2.4.1 – Rebaixamento

O rebaixamento se pratica quando se realiza uma broca manual das espécies lenhosas, com o objetivo de aumentar o acesso à forragem de árvores e arbustos, melhorar a qualidade alimentar da dieta dos animais e estender a produção de folhagem verde por mais tempo na estação seca, fator importante na manutenção da oferta de vitamina A, nutriente essencial, carente no período seco. Com a redução do sombreamento pelas copas de árvores e arbustos, resultante do rebaixamento, observa-se um significativo aumento da produção de fitomassa pelo estrato herbáceo, mas que é variável em quantidade e qualidade em função do potencial do sítio ecológico (ARAÚJO FILHO, 2013).

Resultados de pesquisa indicam que, em áreas de caatinga sob rebaixamento, em torno de 40% da fitomassa do sistema advém do estrato herbáceo e 60% do estrato arbustivo arbóreo; em termos médios, cerca de 70% das espécies arbóreas e arbustivas da caatinga são forrageiras. Assim, o método deve ser utilizado em áreas de vegetação lenhosa predominada por árvores e arbustos reconhecidamente forrageiros (ARAÚJO FILHO, 2013).

O corte raso da vegetação lenhosa, praticado a uma altura de no máximo 10 cm acima do solo, deverá ocorrer durante a estação seca. A baixa altura do toco resultará, na maioria das espécies arbóreas da caatinga, na rebrotação de um grande número de gemas basais e adventícias, garantindo ao longo do tempo uma massa de folhagem de fácil acesso aos animais, durante todo o período do ano (ARAÚJO FILHO, 2013).

2.4.2 – Raleamento

O raleamento da vegetação arbóreo-arbustiva da caatinga consiste no controle seletivo de espécies lenhosas, com o objetivo de reduzir o sombreamento e a densidade de árvores e arbustos indesejáveis, obter-se incremento da produção de fitomassa do estrato herbáceo, propiciando a formação de uma pastagem nativa de elevada produtividade; embora com efeitos benéficos para bovinos, caprinos e ovinos, o raleamento se presta mais à exploração por bovinos e ovinos, espécies que apresentam os maiores desempenhos, por terem uma dieta composta basicamente por espécies herbáceas; os aspectos topográficos da área, principalmente a declividade, influem na intensidade do raleamento, por causa dos riscos de erosão, devido a maior exposição do solo, não sendo recomendado o raleamento em áreas com declividade superior a 25%, optando-se pelo raleamento em faixas nas áreas susceptíveis a erosão, sendo estas perpendicular ao fluxo de água e com especial atenção para se manter a vegetação ciliar dos córregos e riachos (ARAÚJO FILHO, 2013).

2.4.3 – Enriquecimento

O Enriquecimento do estrato herbáceo ou lenhoso deve ser realizado nos domínios da caatinga que já perdeu a diversidade florística que lhe é peculiar e teve sua produção de forragem reduzida a valores incompatíveis com uma exploração pastoril economicamente rentável em consequência do uso indiscriminado, quer pelas práticas ambientalmente agressivas da agricultura itinerante, quer pelo sobrepastejo e extração de lenha. Nessas condições, a recuperação ecológica e econômica da pastagem pode ser obtida pela introdução

e ressemeio de forrageiras nativas e/ou exóticas adaptadas às condições de sítio ecológico. A caatinga deve ser raleada, preservando-se até 200 árvores por hectare, resultando no estabelecimento de uma pastagem arborizada de adequada produtividade e elevada sustentabilidade, estabilidade e resiliência; sendo mantido ou replantada a mata ciliar dos cursos d'água existentes na área (ARAÚJO FILHO, 2013).

2.5 – O Solo

Solo, pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos Santos et al. (2013) é definido como uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e pode ser vegetado na natureza onde ocorrem e, eventualmente terem sido modificados por interferências antrópicas. É constituído de camadas que diferem pela natureza física, química e biológica e que se desenvolvem com o tempo sob influência do clima e da atividade dos organismos (GALETI, 1989).

Entretanto, o conceito de solo pode variar conforme a ciência que o estuda e a função que lhe é dada, como por exemplo, para a ecologia solo é o local onde se processa parte dos ciclos naturais, como o hidrológico, o da matéria orgânica, dos nutrientes e outros; já como base para o desenvolvimento das atividades agropecuárias, o solo, é o lugar onde as plantas retiram os recursos necessários à sua nutrição, e que serve para fixar as suas raízes, tendo a função de suporte para a vegetação (RESENDE et al., 2002).

2.5.1 – Qualidade do Solo

Para um solo expressar qualidade é necessário que ele possa funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural, de modo a sustentar a produção biológica, promover a saúde de animais e plantas, e manter a qualidade do meio (Doran & Pakin, 1996)

Segundo Vieira (1988), o solo adequado deve fornecer às plantas espaço para o bom desenvolvimento da raiz, nutrientes e água disponível, ser suficientemente arejado e não conter substâncias tóxicas. O modelo do solo ideal para melhor desempenho dos sistemas deveria apresentar 50% de volume de sólidos e 50% de poros totais, distribuídos de modo que 33,5% fossem ocupados pela água e 16,5% pelo ar (CAMARGO & ALLEONI, 1997).

2.5.2 – Indicadores da Qualidade do Solo

Os indicadores são os próprios atributos do solo, que, por meio da ação dos diversos elementos do agroecossistema, sofrem modificações, as quais podem contribuir com a melhoria ou causar danos aos componentes do solo. As propriedades físicas, químicas e biológicas poderão informar sobre a qualidade do solo; então o monitoramento destas propriedades é de suma importância para adequar o manejo principalmente, em áreas mais susceptíveis à degradação, como os solos do semiárido.

De acordo com Fialho et al. (2006), o acompanhamento da evolução dos atributos do solo serve para avaliar a sustentabilidade das práticas agrícolas e estabelecer parâmetros que visem à conservação do solo. São propriedades, processos e características físicas, químicas e biológicas, que podem ser usadas para monitorar mudanças no solo (FAO, 2003).

2.5.3 – Atributos físicos como parâmetros para o estudo do solo

De acordo com Bognola et al. (2010), os atributos físicos do solo são importantes componentes na avaliação das condições da qualidade do solo, ou seja, de sua capacidade produtiva, uma vez que influenciam a aeração, a capacidade de armazenamento e a disponibilidade de água para as plantas. Esses atributos têm sido utilizados para caracterizar as modificações físicas resultantes da compactação do solo, ocasionadas a partir da pressão exercida pelo rodado das máquinas agrícolas, pelo casco dos animais ou, ainda, pelos diferentes sistemas de preparo e manejo do solo (MOREIRA et al., 2012).

Os solos funcionam como um sistema complexo que retém e transmite água, ar, nutriente e calor às sementes e plantas, de maneira que é fundamental um ambiente físico favorável ao crescimento radicular, para maximizar a produção das culturas (LETEY, 1985; HAMBLIN, 1985).

O atributo físico mais estudado e monitorado é a densidade do solo, a sua variação em sua maior parte, é proveniente das diferenças no volume total de poros, de modo que densidade e porosidade estão muito relacionadas e por isso são apresentadas de forma conjunta. A densidade do solo, além de ser um indicador da qualidade do solo, é utilizada para determinar a quantidade de água e de nutrientes que existam no perfil do solo com base no volume. Enquanto a porosidade, fração do volume ocupado com solução e ar do solo, é de grande importância aos processos físicos, químicos e biológicos, como infiltração,

condutividade hidráulica, drenagem, retenção de água, difusão de nutrientes, crescimento de microrganismos, raízes e pelos absorventes (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

Carvalho et al. (2004), comparando sistemas agroflorestais com sistemas de plantio convencional, verificaram que os valores da densidade apresentados pelo solo sob sistema agroflorestal se mantiveram dentro do limite considerado normal em todas as profundidades, enquanto que no sistema de plantio convencional os valores ultrapassaram o nível crítico para o desenvolvimento de plantas, resultando em leve compactação do solo. Os autores verificaram efeito dos sistemas de manejo na porosidade do solo, sendo que nos sistemas agroflorestais a porosidade total além de se enquadrar nos níveis considerados normais para a classe de solo estudada, foi superior ao solo sob preparo convencional. Desse modo, o solo que é mantido em seu estado natural, sob vegetação nativa, apresenta características físicas, como densidade, porosidade, agregação e permeabilidade consideradas adequadas (ANDREOLA et al., 2000).

O conhecimento da variabilidade espacial das propriedades físicas do solo pode contribuir na definição de melhores estratégias para o manejo sustentável do solo (SCHAFFRATH et al., 2008).

De acordo com Klein (2008), os valores de densidade dos solos (D_s) agrícolas variam de 0,9 a 1,8 g/cm³, dependendo da textura e do teor de matéria orgânica do solo. De maneira geral, quanto mais elevada for a D_s pior será sua estruturação e menor a sua porosidade total e, conseqüentemente, maiores serão as restrições para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Kiehl, 1979). Em estudo avaliando sistemas de preparo do solo Assis & Lanças (2005) obtiveram menores valores de densidade na camada superficial sob mata nativa e sistema de plantio direto, em relação ao preparo convencional, sendo justificado pelo maior teor de matéria orgânica que favorece melhor estruturação e, por conseguinte, redução na D_s .

Ainda não é consenso entre os pesquisadores o valor de resistência a penetração que seja limite ao desenvolvimento de raízes e produtividade das culturas, pois, este varia principalmente em função da espécie vegetal. Em geral, tem-se adotado o valor de 2000 KPa como valor limite ao crescimento radicular satisfatório, estando a umidade do solo no estado de capacidade de campo (CC) (Klein et al., 1998). Portanto, para analisar se um solo possui problemas de compactação restritivos ao crescimento radicular ou não, os dados devem se referir à umidade do solo na condição de CC, sendo que na prática as medições quase nunca são realizadas quando o solo encontra-se nesta condição; muitos outros estudos já foram feitos, dentre estes surgiram várias fórmulas matemáticas eficientes para corrigir a umidade e densidade, porem restritivas aos solos onde foram desenvolvidas.

A resistência a penetração tem sido adotada como indicativo da compactação do solo, por apresentar relações diretas com o desenvolvimento das plantas e por ser mais eficiente na identificação de estados de compactação comparada à densidade do solo (SILVA et al., 2003).

Uma das principais causas da degradação do solo é a compactação, resultado do processo de aumento da densidade e resistência penetração. A compactação do solo ocorre de maneira muito frequente em ambientes que utilizam máquinas e implementos ou em áreas onde o pisoteio de animais é intenso, constituindo um dos mais sérios fatores de restrição ao desenvolvimento das plantas (Camargo & Alleoni, 1997). Nessas condições, a compactação tem sido indicada como a principal causa da degradação física dos solos pela redução de seu espaço poroso. Em consequência há alteração estrutural em razão da reorganização das partículas e de seus agregados, resultando em aumentos da densidade, resistência do solo à penetração e redução da macroporosidade inibindo o crescimento e o desenvolvimento radicular das plantas (RAPER, 2005).

A compactação do solo é um processo de aumento da densidade, no qual também ocorre aumento da resistência a penetração no solo, redução da porosidade total e macroporosidade, redução permeabilidade e da infiltração de água resultantes de cargas aplicadas na superfície do solo (SOANE & OUVKERK, 1994).

Segundo Taylor & Ratliff (1969) penetrômetros podem ser equipamentos de grande utilidade na correlação de força e resistência do solo com a taxa de crescimento radicular, que expressa à qualidade física do solo. A avaliação da resistência mecânica do solo à penetração em campo, normalmente é realizada pelo Índice de Cone, que consiste da resistência à penetração de uma ponta cônica padronizada e expressa como a força por unidade de área na base do cone até uma determinada profundidade; entretanto este índice apresenta grandes variações em função de propriedades do solo, principalmente teor de água e densidade.

Vasques et al. (1991), comprovou que a densidade e a umidade do solo são parâmetros importantes que influenciam no IC como caracterizador do seu estado de compactação. A variação da resistência à penetração dos solos pela modificação de seu teor de água também foi observada por Klein (2008). Já o teor de argila, segundo Hakansson et al. (1988), é uma das propriedades do solo que mais influencia na sua suscetibilidade de compactação, a qual diminui quando os agregados se encontram mais estáveis.

A diminuição da matéria orgânica causa o adensamento do solo, influenciando por isso no aumento da sua resistência à penetração. Contudo, o solo não será adensado quando, por outro lado, houver o incremento de matéria orgânica decorrente de maiores adições do que perdas por oxidação de carbono (BRUCE et al., 1999).

Na Tabela 3 estão representadas as classes de resistência mecânica do solo e os graus de limitações ao crescimento das raízes apresentados por CAMARGO & ALLEONI (1997).

Tabela 3: Classes de resistência mecânica do solo à penetração e graus de limitação ao crescimento das raízes adaptados de Canarache (1990), citado por CAMARGO & ALLEONI (1997)

Classes	Limites (MPa) ¹	Limitações ao crescimento das raízes
Muito baixa	<1,1	Sem limitações
Baixa	1,1 – 2,5	Poucas limitações
Média	2,6 – 5,0	Algumas limitações
Alta	5,1 – 10	Sérias limitações
Muito Alta	10,1 – 15,0	Raízes praticamente não crescem
Extremamente Alta	>15,0	Raízes não crescem

¹/ MPa – Mega Pascoal

Vasques et al. (1991), comprovaram que a densidade e a umidade do solo são parâmetros importantes que influenciam no IC como caracterizador do seu estado de compactação. A variação da resistência à penetração dos solos pela modificação de seu teor de água também foi observada por Klein (2008). Já o teor de argila, segundo Hakansson et al. (1988), é uma das propriedades do solo que mais influencia na sua suscetibilidade de compactação, a qual diminui quando os agregados se encontram mais estáveis.

A diminuição da matéria orgânica causa o adensamento do solo, influenciando por isso no aumento da sua resistência à penetração. Contudo, o solo não será adensado quando, por outro lado, houver o incremento de matéria orgânica decorrente de maiores adições do que perdas por oxidação de carbono (BRUCE et al., 1999).

2.5.4 – Atributos químicos como parâmetro para o estudo do solo

Muitas são as propriedades químicas que têm sido empregadas para avaliar a intensidade dos impactos de uso e manejo das terras na qualidade do solo e do ambiente como um todo; entre estas podem ser citadas: o conteúdo da matéria orgânica do solo e seus compartimentos, estoque de carbono, valores de pH, alumínio, cálcio, magnésio, potássio, fósforo, soma de bases (valor SB), capacidade de troca de cátions (valor CTC) e percentagem de saturação por bases (valor V) (MENEZES, 2008).

Os atributos químicos do solo refletem de forma mais imediata ao efeito causado pelo manejo que é adotado. Além disso, permitem uma melhor compreensão da dinâmica dos elementos considerados nutrientes para as plantas e organismos do solo. Lourente et al. (2011) verificaram que a substituição da vegetação nativa por sistemas de cultivo pode causar importantes alterações nos atributos químicos do solo, já no primeiro ano de implantação.

Dentre os atributos químicos, o pH do solo é o atributo que mais varia ao longo do tempo e pode ser influenciado pelo manejo do solo. É um indicador das alterações nos processos do solo aos quais envolvem a disponibilidade e absorção dos nutrientes pelas plantas.

Faria et al.(2010), relatam que imediatamente depois da queima da serapilheira o pH aumenta devido às cinzas, o que promove um incremento transitório das condições de fertilidade do solo, pois o pH mais elevado favorece a taxa de troca de cátions e aumenta os teores de fósforo, potássio e magnésio.

Amaral et al. (2004) reforçam que, a deposição de resíduos vegetais pode promover a elevação do pH do solo na camada superficial pela troca ou complexação dos íons hidrogênio (H^+) e alumínio (Al^{3+}), por cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+) e outros compostos presentes no resíduo vegetal, aumentando assim a saturação por bases. Em contrapartida, sua redução no solo está associada com a perda da alcalinidade ou da capacidade de neutralização de ácidos, perda das reservas de nutrientes minerais e menor capacidade de troca de cátions e, conseqüentemente, com a menor habilidade em reter cátions arrastados pela lixiviação (HELYAR, 2003).

A capacidade de troca de cátions (CTC) de um solo representa a quantidade total de cátions que podem ser retidos à superfície das argilas, de húmus ou de outros materiais com a capacidade de permuta desses elementos; representa, portanto, a capacidade de maior ou menor potencial de liberação de nutrientes para as plantas, dando o indicativo de maior fertilidade, no caso da presença de cátions essenciais ao desenvolvimento vegetativo.

A saturação por bases (Valor V) é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, esta representa a participação das bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ e NH_4^+) no complexo sortivo do solo.

O fósforo (P) é considerado como o nutriente mais limitante para produção de biomassa nos solos tropicais (Novais & Smyth, 1999). Sua importância cresce pela baixa disponibilização desse elemento pelo material de origem e pela pouca mobilidade desse nutriente nos solos, o que resulta na sua adsorção aos colóides tornando indisponível para as plantas. Moreira et al., (2006) relata a baixa disponibilidade de P nos solos da região

semiárida e estudando vários solos no estado do Ceará, constatou que o Cambissolo Háptico foi o que mais favoreceu a adsorção. A disponibilidade do P, assim como de outros elementos essenciais às plantas e organismos pode ser reduzida com o manejo inadequado do solo.

Trindade et al. (2011) relatam que as repetidas queimadas e o menor tempo de pousio representam uma contínua perda de nutrientes minerais, maior exposição do solo, retirada da serapilheira e o aumento da mineralização orgânica.

2.6 – A matéria orgânica como parâmetro para o estudo do solo

A matéria orgânica desempenha papel fundamental na sustentabilidade dos sistemas naturais e dos agroecossistemas. Ela atua como fonte de energia e nutrientes para os organismos do solo, fornecimento de nutrientes para as plantas, na melhoria da capacidade de troca de cátions e tamponamento do pH, na complexação de elementos tóxicos (Bayer & Mielnizuk 1999). A mineralização da matéria orgânica resulta na liberação de nutrientes essenciais à planta, tais como N, P, S, K, Ca, Mg e micronutrientes (Marin, 2002), o autor ressalta ainda que, de 15 a 80% do P total encontrado no solo pode ser proveniente da matéria orgânica. Bot & Benites (2005), ressalta que a matéria orgânica tem a capacidade de reter nutrientes, como o potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), podendo atuar como reservatório de nitrogênio (N), fósforo (P) enxofre (S) e boro (B), sendo capaz de suprir parte das necessidades das plantas.

Segundo Brady & Weil (2001), a matéria orgânica confere estabilidade ao solo por favorecer a agregação por meio da junção de partículas minerais em estruturas granulares e pela sua participação na dinâmica da relação entre a estrutura mineral e os organismos do solo, como fungos, bactérias ou até raízes. Essa estabilização, de acordo com Six et al. (2002), pode ocorrer basicamente pelos mecanismos de estabilização bioquímica e estabilização por associação com argila e silte, formando macroagregados (argilominerais) e proteção física no interior dos agregados.

O teor de matéria orgânica não é propriamente um indicador de qualidade física do solo, mas influencia direta e indiretamente várias propriedades que estabelecem a sua qualidade física (Christensen & Johnston, 1997). Um dos processos do solo mais influenciados pela matéria orgânica é a agregação; a partir do seu efeito sobre a agregação do solo, indiretamente são interferidos os seus atributos físicos, como densidade, porosidade, aeração, capacidade de retenção e infiltração de água, entre outros, que são fundamentais à capacidade produtiva do solo (BAYER & MIELNICZUK, 2008).

Para Calegari (2000) uma importante alternativa para a manutenção da qualidade do solo é a manutenção de resíduos em sua superfície, que contribuem para a melhoria na sua estrutura. As consequências desta ação podem estar relacionadas ao aumento da estabilidade dos agregados (ação cimentante da matéria orgânica, efeito dos polissacarídeos e hifas de fungos), aumento da capacidade de retenção de água, aumento da porosidade total, melhor aeração, menores perdas de água por evaporação e diminuição da densidade pelo efeito da matéria orgânica. Estes e outros benefícios conferem à matéria orgânica do solo um papel fundamental na avaliação da qualidade do solo (MIELNICZUK et al., 2003).

A matéria orgânica influencia o pH, aeração, umidade, temperatura e presença de outros íons; fatores estes que afetam a disponibilidade de nutrientes para a solução do solo (PRADO, 2008)

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Caracterização do Local

A área em estudo está localizada no município de Apodi no médio oeste do Rio Grande do Norte, no Projeto de Assentamento Tabuleiro Grande, que tem como coordenadas geográficas $05^{\circ} 24' 33.33''$ S e $37^{\circ} 46' 40''$ W e a uma altitude média de 109 metros (Figura 2); e está inserido na região geoambiental da Chapada do Apodi que é uma formação em rocha sedimentar do período cretáceo, com relevo plano e tendo como base rochas cristalinas, em sua porção oeste se estende pela divisa entre o Rio Grande do Norte e Ceará.

A Formação Jandaíra é caracterizada por camadas de calcário calcítico de cor cinza-claro e branca ou amarela, com granulação fina a média, e por calcário dolomítico cinzento ou amarelo de granulação geralmente mais grosseira (MOTA et al., 2007).

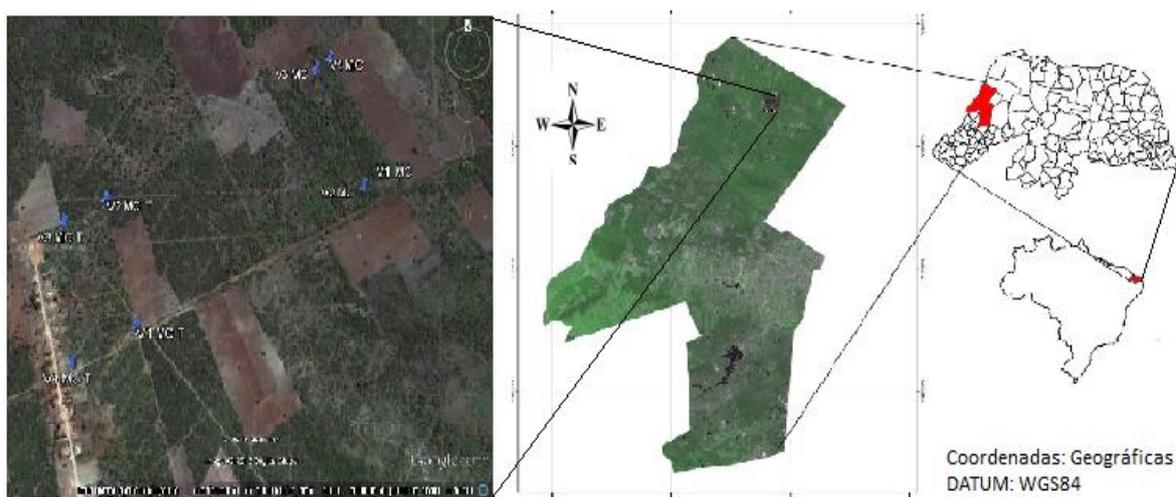


Figura 2: Localização da área em estudo (imagem do Google Earth, 2013)

O clima da região é o tropical quente semiárido. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo BSw'h', caracterizado por ser muito quente, com a estação chuvosa se atrasando para o outono. Os índices pluviométricos situam-se, em média, em torno dos 677 mm por ano (AMARO FILHO, 1991).

A área onde está inserido o Projeto de Assentamento Tabuleiro Grande, apresenta uma vegetação do tipo caatinga hiperxerófila (IDEMA, 2007)

O Projeto de Assentamento é composto de 60 famílias assentadas, têm uma área 1.785 hectares e está localizado na Chapada do Apodi com acesso pela BR 405 e daí segue-se pela estrada da base do campo de petróleo Riacho da Forquilha (que se inicia na margem direita do

quilômetro 53,1 da BR 405), sendo localizado a 36 km do município de Apodi/RN; cada família tem um lote de 20 hectares além da área coletiva e da área de reserva legal.

A comunidade contou no período de 2003 a 2013 com Assistência Técnica da Cooperativa de Assessoria e Serviços Múltiplos ao Desenvolvimento Rural - COOPERVIDA, que atuava na área em parceria com o Projeto Dom Helder Câmara (MDA/FIDA); que é uma ação operacional descentralizada da Secretaria de Desenvolvimento Territorial do Ministério do Desenvolvimento Agrário, cujo objetivo é o combate a pobreza e o apoio ao desenvolvimento rural sustentável no Nordeste Semiárido, implementado a partir de um acordo de Empréstimo Internacional firmado entre o Governo Brasileiro e o Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola – FIDA, e de uma doação do Global Environment Facility – GEF; que tem o propósito de estimular a adoção de técnicas, práticas e sistemas produtivos que gerem serviços ambientais; sendo deste os recursos para a implantação da Área em Manejo Sustentável.

As principais atividades econômicas desenvolvidas e a agricultura de sequeiro, sendo o milho a principal cultura; na pecuária a principal atividade é a caprinocultura. Sendo que nos quintais a maioria das famílias desenvolve pequenos cultivos irrigados; algumas famílias ainda exploram a caatinga para a comercialização da madeira, seja para o cercamento de áreas (mourões e estacas), seja para servir de fonte de energia na indústria de beneficiamento do calcário muito abundante na região.

3.1.1 – Caracterização da Área em Manejo Sustentável (AMS)

A área de 3,3 hectares em que se realizaram as intervenções é integrante de um lote individual, que tem como coordenadas geográficas S 05° 24' 17.4" e W 37° 46' 06.8" e a uma altitude de aproximadamente 101 metros; a área apresenta um relevo plano com declividade dominante inferior a 2 % e os solos que recobrem a área são VERTISSOLO HÁPLICO Órtico chernossólico, de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al, 2013); sendo perfil e paisagem visualizados na Figura 3.

A vegetação de uma forma geral é caracterizada como uma vegetação Arbóreo-arbustiva, apesar da existência de áreas com pouca cobertura florestal resultando da ocorrência de fogo, sendo que a última ocorrência aconteceu em 2003, em função disso há clareiras em decorrência da mortalidade de árvores em face de passagem do fogo ou alagamentos em função da deficiência na drenagem que é agravada pela topografia e pela geologia da área.

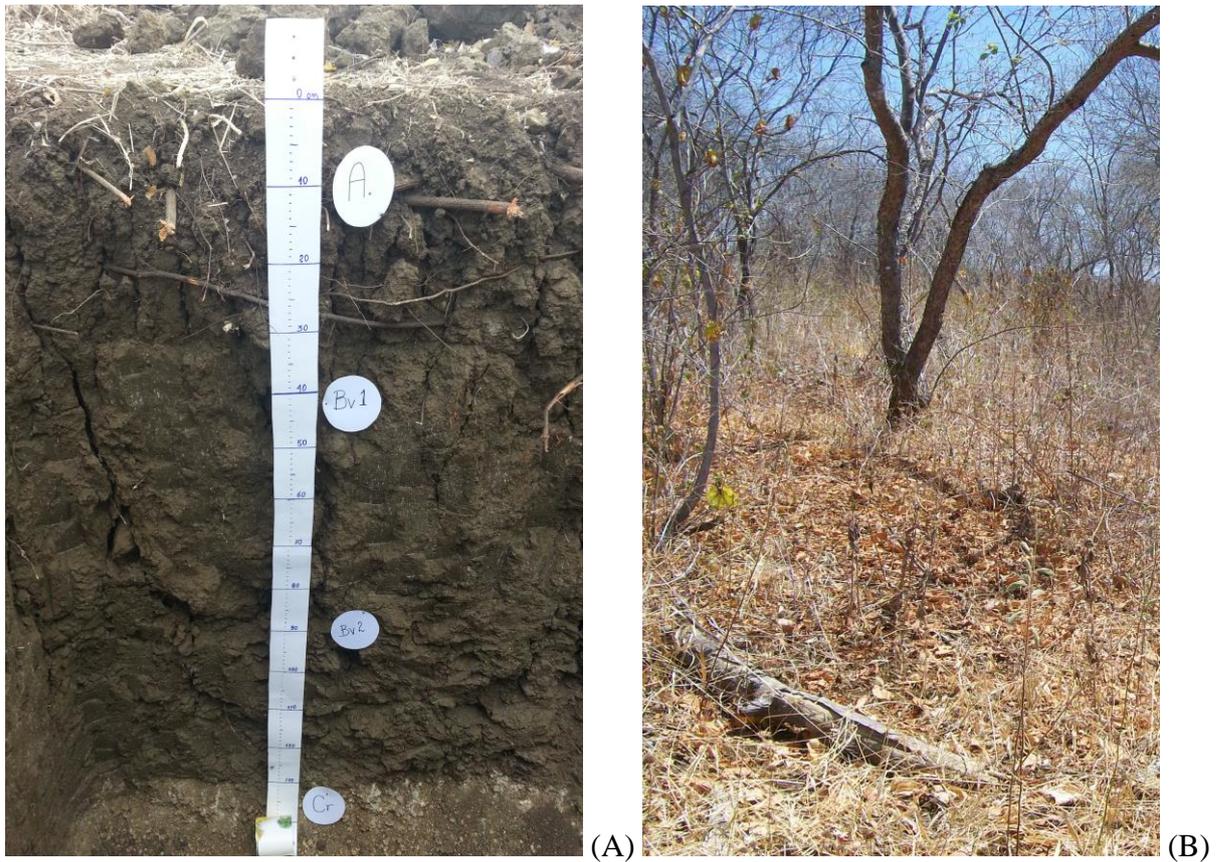


Figura 3: (A) vista do perfil do solo da área em manejo sustentável, (B) vista da paisagem em torno do perfil
 Fonte: Arquivo Pessoal (Dezembro/2014)

Na área existe uma caatinga com algumas interferências, sendo as espécies Jurema de Imbira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth), Angico Preto (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. cebil), Mororó (*Bauhinia unguilada* L.), Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.) e Mofumbo (*Combretum leprosum* Mart. et Eichl) são as arbóreas mais abundantes (Figura 4).

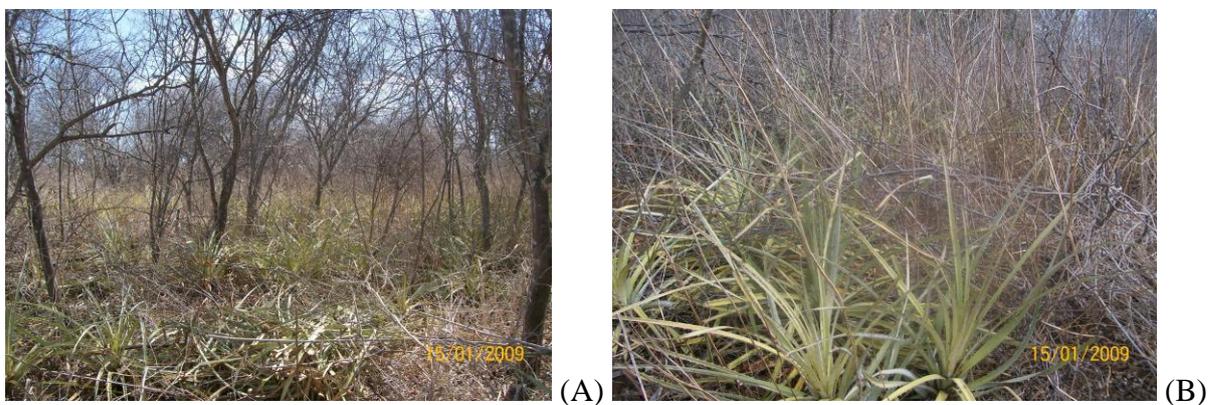


Figura 4: (A) e (B) vista da área em manejo sustentável, antes das intervenções, localizada no Projeto de Assentamento Tabuleiro Grande, Apodi/RN.

Fonte: Arquivo Projeto Dom Helder Camara (MDA/FIDA) (Janeiro/2009)

3.1.2 – Caracterização da Área em Manejo Convencional (AMC)

A área de exploração coletiva possui 5,4 hectares faz parte da área coletiva do Projeto de Assentamento, que tem como coordenadas geográficas S 05° 24' 33.2" e W 37° 46' 31.2" e a uma altitude de aproximadamente 107 metros, a área apresenta um relevo plano com declividade dominante inferior a 2 % e os solos que recobrem a área são em grande parte CHERNOSSOLO RÊNDZICO Petrocálcico típico, de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al, 2013), sendo o perfil e paisagem da área do entorno visualizados na Figura 5.

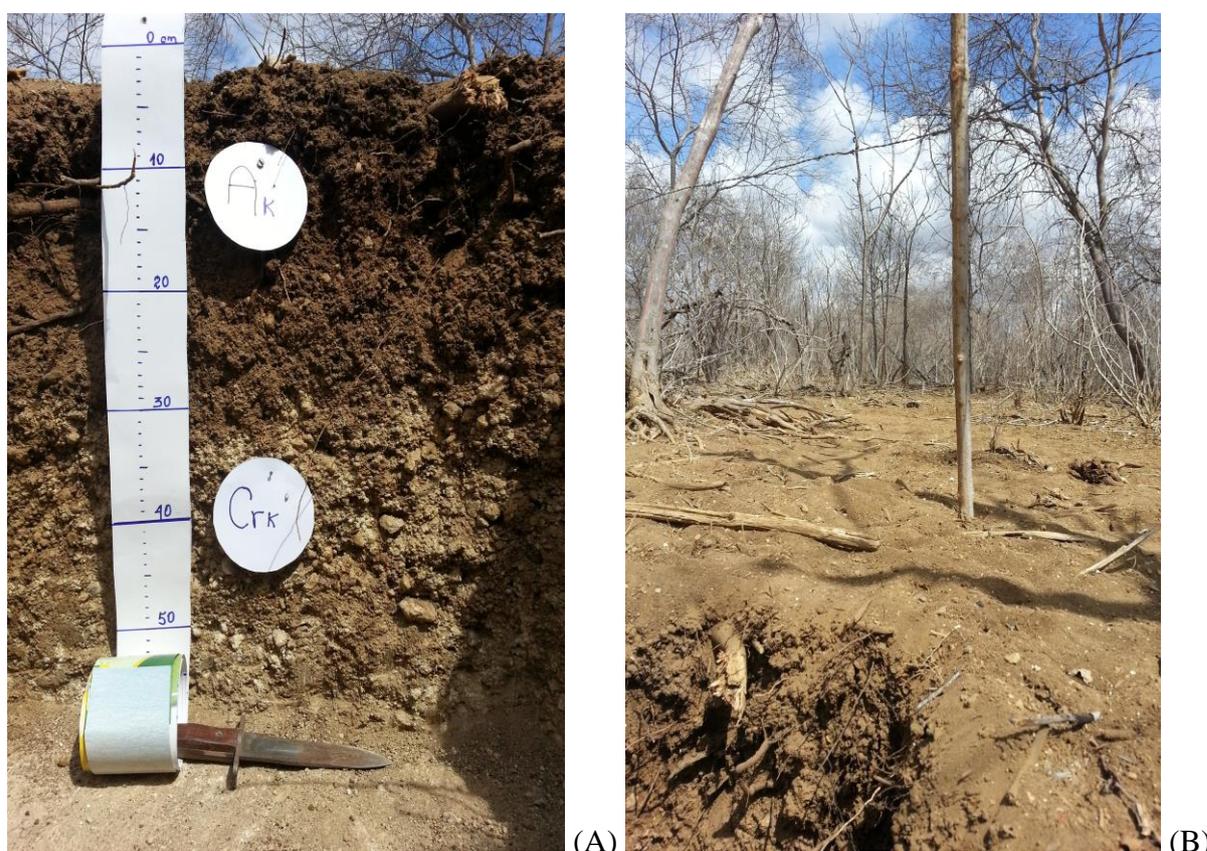


Figura 5: (A) vista do perfil do solo da área em manejo convencional, (B) vista da paisagem em torno do perfil
Fonte: Arquivo Pessoal (Dezembro/2014)

As espécies mais abundantes na área são: Mororó (*Bauhinia unguilada* L.), Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), Alecrim (*Baccharis calvescens* DC.), Jurema de Imbira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth) e Pinhão (*Jatropha mollissima* (Pohl.) Baill) (Figura 6).

A área é de uso coletivo e tem presença de bovinos, caprinos e ovinos dos assentados e não existe nenhum controle da quantidade e tempo de permanência dos animais na área, além da retirada de madeira e lenha pelos membros da comunidade.

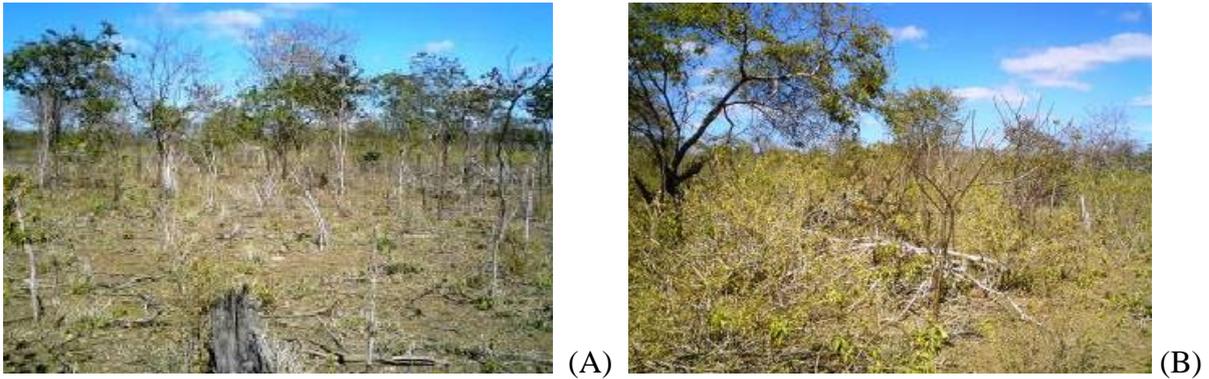


Figura 6: (A) e (B) vista da área em manejo convencional localizada no Projeto de Assentamento Tabuleiro Grande, Apodi/RN

Fonte: Arquivo Projeto Dom Helder Camara (MDA/FIDA) (Novembro/2009)

3.1.3 – Caracterização Área de Mata Nativa (AMN)

A área de mata nativa possui 2,0 há e é parte integrante da reserva legal do Projeto de Assentamento, que tem como coordenadas geográficas S 05° 25' 22.1" e W 37° 46' 37.6" e a uma altitude de aproximadamente 107 metros; e foi usada para se comparar com as outras áreas em estudo; sendo as espécies Pereiro (*Aspidosperma pyriformium*), Jurema de Imbira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth), Angico Preto (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil*), Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.), Mofumbo (*Combretum leprosum* Mart. et Eichl), Aroeira Preta (*Myracrodruon urundeuva* Fr Allemão), são as mais abundantes (Figura 7).

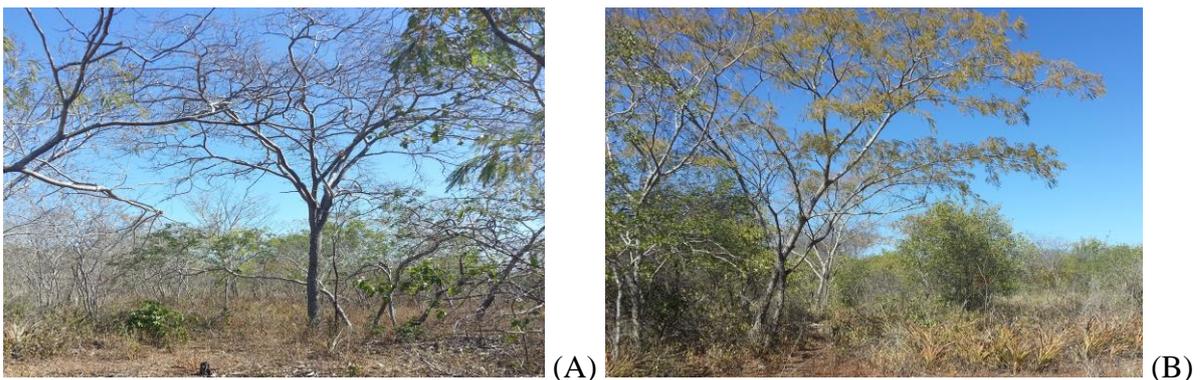


Figura 7: (A) e (B) vista da área de reserva legal do Projeto de Assentamento Tabuleiro Grande, Apodi/RN

Fonte: Arquivo Pessoal (Novembro/2014)

A área apresenta um relevo plano com declividade dominante inferior a 2 % e os solos que recobrem a área são em grande parte VERTISSOLO HÁPLICO Órtico chernossólico, de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al, 2013), sendo o perfil e paisagem visualizados na Figura 8.

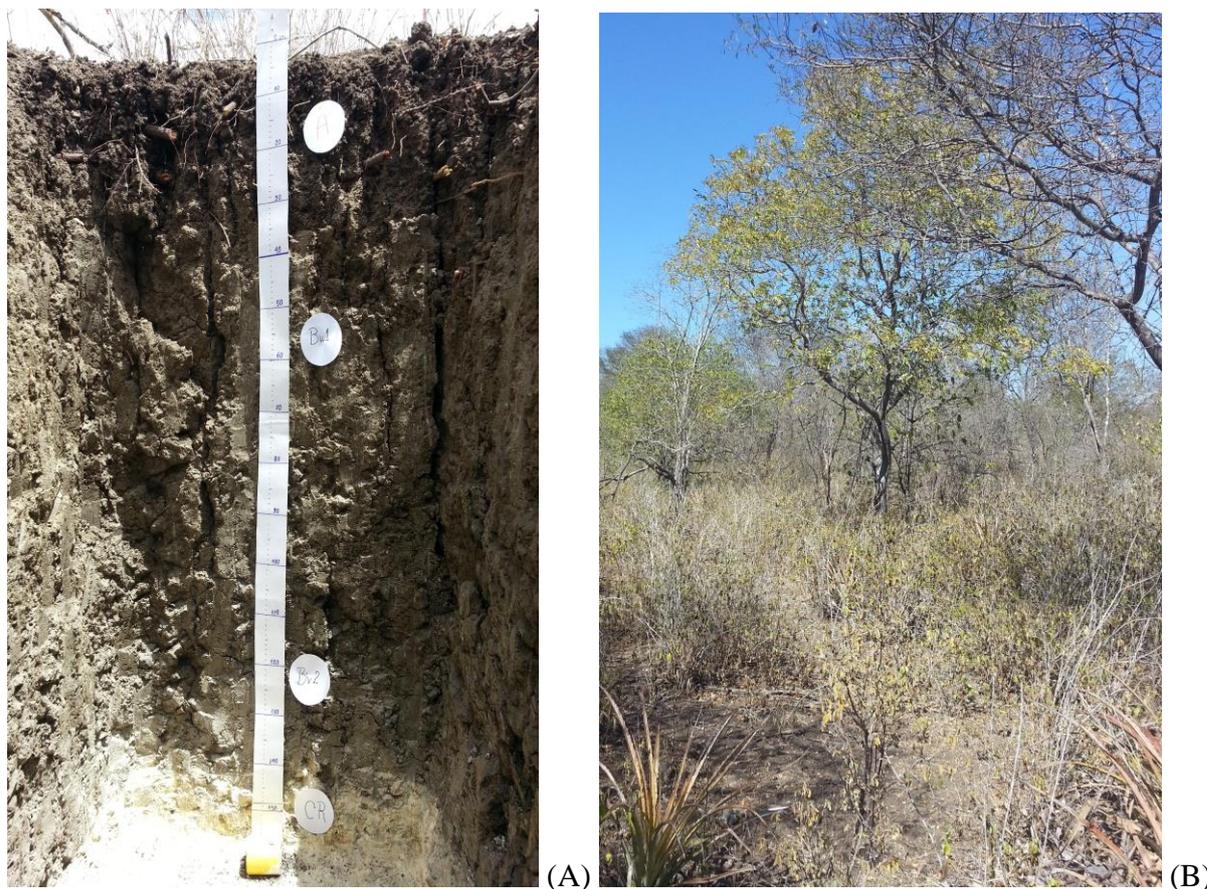


Figura 8: (A) vista do perfil do solo da área de mata nativa, (B) vista da paisagem em torno do perfil, Apodi/RN.
Fonte: Arquivo Pessoal (Dezembro/2014)

3.2 – Fases para a implantação do manejo na área

A metodologia para a execução do projeto contemplou duas fases distintas no Projeto de Assentamento Tabuleiro Grande, município de Apodi/RN, durante o ano de 2009, sendo estas etapas facilitadas pelo Centro Terra Viva em parceria com o Projeto Dom Helder Camara (MDA/FIDA), além da participação direta de técnicos e consultores do citado projeto.

3.2.1 – Planejamento das atividades no Assentamento

Inicialmente no dia 14 de Outubro de 2008 foi realizada uma oficina com a presença dos 7 (sete) agricultores (as) que se propuseram a fazer parte da proposta de implantação de uma área de manejo da caatinga no Projeto de Assentamento Tabuleiro Grande, juntamente com a equipe técnica da COOPERVIDA, para as trocas de conhecimento entre a equipe técnica e os agricultores (as) e elaboração do Projeto, onde com base nas atividades econômicas da comunidade e no potencial existente na área, inicia-se a definir os objetivos

que se quer alcançar para a partir daí traçar as metas para se deseja atingir. Sendo definido que para o caso da comunidade os objetivos a serem seguidos seriam a melhoria do suporte apícola e forrageiro, dentro de uma concepção de exploração sustentável; e para atingir-las definiu-se que seria realizado um raleamento em faixas na área, embora a área se prestasse para um manejo em savana se optou pelo manejo em faixas para a manutenção de parte da macambira (*Bromelia laciniosa* Mart ex Schultez f.), por ser esta planta um importante suporte forrageiro para os animais em anos de seca.

3.2.2 – Realização das práticas no campo

Na área em manejo sustentável no Projeto de Assentamento Tabuleiro Grande, foi realizado um raleamento da mata em faixas alternadas com largura de 15 m de caatinga manejada e caatinga nativa, sendo que na faixa destinada ao manejo se fez um raleamento das plantas existente que possuam pouco interesse econômico, para abrir espaço a outras espécies com maior potencial produtivo observando o fim a que se destina a área manejada, assim sendo retirou-se parte da vegetação arbórea e arbustiva, garantindo a manutenção da cobertura do solo na ordem de 40 %, com vista a propiciar o surgimento e crescimento do extrato herbáceo e conseqüente aumento do suporte forrageiro para os animais e uma florada mais abundante capaz de aumentar a produtividade dos enxames, já que a caprinocultura e a apicultura são as atividades desenvolvidas na área (Figura 9).



Figura 9: Vista da área em manejo sustentável, (A) Logo após as intervenções (Janeiro/2009) e (B) Após o início da estação das chuvas

Fonte: Arquivo Projeto Dom Helder (MDA/FIDA) (Março/2009)

Para se alcançar esses objetivos econômicos e ambientais foram preservados na faixa raleada todas as plantas de aroeira, angicos e outras árvores de maior porte; sendo toda a macambira (*Bromelia laciniosa* Mart ex Schultez f.), retirada e partes das juremas retiradas para facilitar o acesso à área, manuseio das colméias e crescimento de ervas; na faixa não raleada a vegetação não foi alterada.

Nos anos seguintes a realização das práticas os agricultores continuaram a explorar a área de forma sustentável, fazendo uso do pasto apícola e forrageiro e para controlar o acesso de animais à unidade e possibilitar uma exploração sustentada à área foi isolada com cercas de arame farpado evitando assim o superpastejo dos animais, prática comum no semiárido e que contribui para a degradação (Figura 10).



Figura 10: Vista de áreas em processo de degradação no semiárido do Rio Grande do Norte, (A) município de Caraúbas e (B) município de Olho D'água do Borge

Fonte: Arquivo Pessoal (Janeiro/2009)

Na área em manejo convencional (manejo que se pratica maioria das áreas de uso coletivo, nos Assentamentos da Chapada do Apodi/RN) não foi realizado nenhuma prática, e ao longo dos anos a exploração se intensificou, sendo realizado apenas um acompanhamento, mas sem que houvesse interferência no manejo.

Nos anos seguintes a realização das práticas os agricultores continuaram a explorar a área de forma sustentável, fazendo uso do pasto apícola e forrageiro e para controlar o acesso de animais à unidade e possibilitar uma exploração sustentada à área foi isolada com cercas de arame farpado evitando assim o superpastejo dos animais, prática comum no semiárido e que contribui para a degradação.

Na área em manejo convencional (manejo que se pratica maioria das áreas de uso coletivo, nos Assentamentos da Chapada do Apodi/RN) não foi realizada nenhuma prática, e ao longo dos anos a exploração se intensificou, sendo realizado apenas um acompanhamento, mas sem que houvesse interferência no manejo.

A área de mata que se usou para servir de parâmetro para se verificar as alterações nas áreas, apesar de fazer parte da reserva legal do Projeto de Assentamento, ainda de percebe a presença de animais, pois quando da delimitação da área pelo Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), a cerca de proteção da área não foi concluída, assim não é raro a presença de animais na área, onde a exploração só seria permitida através de critérios estabelecidos em plano de manejo, que levasse em conta as características da área e consequente capacidade de regeneração.

3.3 – Parâmetros avaliados

3.3.1 – Atributos Físicos

Para a avaliação dos parâmetros físicos e químicos dos solos na área em manejo sustentável (MAS); área em manejo convencional (AMC) e área de mata nativa (AMN) realizou-se a abertura de perfis em locais que representassem as condições do sistema de manejo adotado; sendo que para a amostragem adotou-se os procedimentos descritos a baixo.

O primeiro consistiu na abertura de perfis com profundidade de 40 cm, aleatoriamente distribuídos na área, sendo abertos cinco em cada sistema considerado (AMS; AMC e AMN) para a coleta de amostras nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm. Cada amostra foi acomodada em sacos plásticos e identificada; e em seguida foram encaminhados ao Laboratório de Análises de Solo.

O Segundo procedimento de amostragem consistiu na determinação da resistência do solo a penetração com penetrômetro eletrônico até a profundidade de 40 cm, em locais próximos a abertura dos perfis em cada sistema considerado (AMS; AMC e AMN), onde se mediu a resistência do solo a penetração com penetrômetro eletrônico; sendo nos mesmos locais e nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm coletadas amostras indeformadas com anel volumétrico para a determinação da densidade dos solos e amostras deformadas para a determinação da umidade, já que esses parâmetros interferem diretamente na resistência a penetração.

As análises físicas e químicas do solo foram realizadas nos Laboratórios de Física do Solo e Fertilidade e Nutrição de Plantas, ambos inseridos no complexo do Laboratório de Análises de Solo, Água e Planta (LASAP) da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA); (EMBRAPA, 1997).

3.3.1.1 – Composição Granulométrica

As amostras compostas coletadas nas profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, em ambas as áreas em estudo (AMS; AMC e AMN), foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de malha com abertura 2 mm e procedendo-se as análises, as frações granulométricas foram determinadas a partir proporções de areia grossa, areia fina, areia total, silte e argila, sendo esta determinada pelo método da pipeta e expressas em kg kg^{-1} (EMBRAPA, 1997).

3.3.1.2 – Densidade do Solo (d_s)

Foram coletadas amostras com estrutura indeformadas no centro das camadas de 0 – 20 cm e 20-40 cm, em ambas as áreas em estudo e analisadas pelo método do anel volumétrico, com o auxílio do coletor de Uhland e um cilindro de aço inox de 49,7628 cm^3 ; após a coleta das amostras, ainda no campo, foi retirado o excesso de solo dos bordos dos anéis, com o auxílio de uma espátula, em seguida o solo contido no anel foi colocado em saco plástico, fechado e identificado para seguir ao laboratório.

No laboratório o material foi seco em estufa 105°C até a obtenção da massa constante, determinado em balança de precisão (aproximação 0,001 g) e com base no peso das amostras secas e no volume do cilindro, calculou-se o valor da densidade do solo (d_s) (Blake & Hartge, 1986); sendo posteriormente calculado a densidade do solo de acordo com a Equação 1 descrita em (EMBRAPA, 1997).

Equação 1:

$$d_s = \text{densidade do solo (g cm}^{-3}\text{)} = m_s/v_s$$

Onde:

m_s = massa do solo (g)

v_s = volume do solo (cm^3)

3.3.1.3 – Densidade de Partículas do Solo (dp)

Amostras coletadas nas profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, com estrutura deformada foram analisadas pelo método do balão volumétrico, para isso utilizou-se 20 g de solo deformado e seco (105 °C), o qual foi colocado em balão volumétrico de volume conhecido (50 ml). Com o auxílio de uma bureta completou-se o volume dos balões volumétricos com álcool etílico (EMBRAPA, 1997), sendo posteriormente calculado a densidade de partículas de acordo com a Equação 2.

Equação 2:

$$dp \text{ (g cm}^{-3}\text{)} = a / Vb - Valc \text{ (Equação 2)}$$

Onde:

dp = Densidade de partículas (g cm⁻³);

a = peso da amostra seca a 105 °C (g);

Vb = volume do balão volumétrico (50 ml);

Valc = volume de álcool gasto.

3.3.1.4 – Porosidade total (Pt)

A porosidade total (Pt) foi calculada por meio dos resultados de Ds e da Dp utilizando a Equação 3 descrita em (EMBRAPA, 1997).

Equação 3:

$$Pt = (1 - Ds/Dp) \text{ (Equação 3)}$$

Onde:

Pt = Porosidade total (cm³ cm⁻³);

Ds = Densidade aparente do solo (g cm⁻³);

Dp = Densidade de partículas (g cm⁻³)

3.3.1.5 – Resistência do Solo a Penetração

Foram realizadas amostragens da resistência a penetração das em cinco pontos representativos em cada área em estudo com o penetrômetro eletrônico PenetroLOG, marca Falker, modelo PLG5300, acoplado a um aparelho manual de DGPS para registro das coordenadas do local amostrado, sendo medida a resistência até uma profundidade de 40 cm.

Os dados coletados por ponto amostrado foram armazenados na memória do equipamento, sendo possível geração de um arquivo de dados que, posteriormente, foi transferido e analisado por um software instalado em um computador.

Em função da influência que alguns parâmetros exercem diretamente sobre a resistência à penetração do solo que são a textura do solo, densidade e conteúdo de água no momento da coleta dos dados em cada ponto de amostragem também foi feita a quantificação da umidade gravimétrica através da coleta de amostras de solo nas profundidades 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, seguida de posterior pesagem em balança de precisão e secagem por 48 horas em estufa a 105°C em laboratório; assim como a coleta em anéis para a quantificação da densidade do solo, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, nas áreas pesquisadas de acordo com (EMBRAPA, 1997). Foram excluídos os valores de resistência a penetração no primeiro centímetro de profundidade do solo devido a pouca consistência destes dados, em função da construção cônica da ponteira do penetrômetro.

Para a análise dos dados de resistência a penetração foi realizada a comparação dos valores obtidos na AMS com os valores obtidos na AMC e na AMN, ao longo da profundidade em estudo em cada área; sendo calculado através da média das cinco repetições, relacionando-se a profundidade amostrada com a força aplicada para penetração no solo, nas profundidades (0-10 cm; 10-20 cm; 20-30 cm e 30-40 cm).

3.3.2 – Fertilidade do solo

Coletou-se amostras compostas nas profundidades (0 - 20 cm e 20 - 40), nas áreas do estudo (AMS; AMC e AMN). Foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de malha com abertura 2 mm, nas quais foram determinados os teores de fósforo (P), sódio (Na^+) e potássio (K^+) a partir da extração dos elementos com Mehlich-1, sendo o P determinado por colorimetria em presença do ácido ascórbico como catalisador e expresso em (mg dm^{-3}), enquanto Na^+ e K^+ foram determinados por fotometria de emissão de chama, expressos em ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Os teores de cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}) trocáveis foram extraídos das amostras de solo a partir da adição da solução de cloreto de potássio (KCl) 1 mol L^{-1} titulados com EDTA 0,0125 mol L^{-1} na presença dos indicadores calcon para o Ca e o negro de eriocromo para o $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$, sendo o Mg^{+2} determinado pela diferença, expressos em ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). A acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$) foi determinada pelo método do acetato de cálcio. Todos os métodos utilizados nas análises estão descritos em (EMBRAPA, 1997).

A partir destes foi determinada soma de bases (SB), pela fórmula $SB = (Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^{+} + Na^{+})$, a Capacidade de troca catiônica (CTC) que foi calculada usando a fórmula $CTCTotal = SB + (H^{+} + Al^{3+})$, expressos em (cmolc dm^{-3}); percentagem de saturação por bases (Valor V), através da fórmula $V = S/CTCTotal*100$ e percentagem de saturação por alumínio (m), através da fórmula $m = ((Al^{3+}/ (S+Al^{3+}))*100$, expressos em % (EMBRAPA, 1997).

O Carbono Orgânico (CO) foi determinada através da oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio 0,020 mol L^{-1} e determinada por titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,005 mol L^{-1} , segundo método Walkley-Black descrito por Mendonça & Matos (2005) e expressa em $g\ kg^{-1}$. O teor de Carbono Orgânico (CO) foi convertido e Matéria Orgânica multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724. Este fator é utilizado em virtude de se admitir que, na composição média do húmus, o carbono participa com 58%, assim $MO (g\ kg^{-1}) = C (g\ kg^{-1}) \times 1,724$ (EMBRAPA, 1997). O pH em água foi determinado potenciométricamente na suspensão cuja proporção solo-líquido foi de 1:2,5 com tempo de reação de 30 minutos e agitação da suspensão antes da leitura (EMBRAPA, 1997). A Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) foi medida no extrato da pasta de saturação preparada segundo método descrito por Richards (1954) e expressa em ($\mu S\ cm^{-1}$).

Prosseguindo-se posteriormente com a análise da fertilidade através da avaliação dos valores do pH; Matéria Orgânica (MO); teores fósforo, Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Saturação por Bases (Valor V); e Saturação por Alumínio (Valor m); obtidos nas cinco repetições em cada profundidade de estudo nas áreas.

3.4 – Análise Estatística

O delineamento experimental utilizado para a análise dos parâmetros físicos e químicos foi em blocos casualizados (DBC), no esquema fatorial 3 x 2 (três sistemas de manejo do solo – sustentável e convencional e mata nativa; duas camadas de solo 0-20 e 20-40 cm), com cinco repetições, totalizando 10 unidades experimentais por área. Para os dados de resistência a penetração foi utilizado o esquema fatorial 3 x 4 (três sistemas de manejo do solo – sustentável e convencional e mata nativa; quatro camadas de solo 0-10; 10-20, 20-30 e 30-40 cm), com cinco repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo o nível de significância determinado pelo teste “F” e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 e 1% de probabilidade, através do programa estatístico SISVAR versão 5.3 (FERREIRA, 2011).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Parâmetros físicos

Com relação à granulometria constatou-se poucas variações, exceto o teor de areia fina que se apresentou superior na Área em Manejo Sustentável (AMS) em comparação as demais, o teor de silte que se apresentou mais elevados na Área em Manejo Convencional (AMC), e o teor de argila superior na Área de Mata Nativa (AMN), se apresentando significativo apenas em relação à AMC e a relação silte argila se apresentou superior na AMC em comparação as demais; os solos foram todos classificados como na classe textural argiloso, exceto na profundidade 20 – 40 cm da AMN que se enquadrou na classe muito argiloso; não se verificou variação quando se avaliou os parâmetros dentro dos horizontes em cada área (Tabela 4). Não constatamos comportamento que pudesse ser atribuído ao manejo realizado nas áreas em estudo, desse modo as diferenças observadas devem estar relacionadas, principalmente, à variabilidade espacial das áreas, como evidenciado no estudo dos perfis dos solos. Segundo Klepker & Anghinoni (1995), alterações entre as frações granulométricas são difíceis de ocorrer e, quando ocorrem, são detectadas após períodos variados de uso.

Tabela 4: Análise da granulometria do solo

Áreas	Profundidades	Areia	Areia	Areia	Silte	Argila	Relação silte/argila	Classe Textural
		grossa	fina	total				
------(Kg Kg ⁻¹)-----								
AMS ³	0-20	0,044a ²	0,151a	0,195a	0,222a	0,583a	0,380a	Argiloso
	20-40	0,044a	0,151a	0,195a	0,222a	0,583a	0,380a	Argiloso
	Média	0,44A ¹	0,150A	0,195A	0,222B	0,583AB	0,380B	
AMC	0-20	0,062a	0,062a	0,125a	0,354a	0,521a	0,679a	Argiloso
	20-40	0,073a	0,056a	0,129a	0,324a	0,547a	0,592a	Argiloso
	Média	0,068A	0,059B	0,127A	0,339A	0,534B	0,635A	
AMN	0-20	0,061a	0,093a	0,155a	0,260a	0,585a	0,410a	Argiloso
	20-40	0,066a	0,074a	0,140a	0,250a	0,610a	0,444a	M Argiloso
	Média	0,064A	0,084B	0,147A	0,255B	0,598A	0,427B	
DMS	Horizonte	0,048	0,072	0,096	0,061	0,059	0,115	
	Tratamento	0,041	0,062	0,083	0,052	0,050	0,099	
CV (%)		61,78	56,16	46,66	16,98	7,77	18,08	

^{1/} letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos, as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey.

^{2/} letras minúsculas (a, b), comparam médias do mesmo tratamento nas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm).

^{3/} AMS - Área de caatinga com manejo sustentável; AMC - Área de caatinga em manejo convencional; AMN - Área de mata nativa.

Os valores de densidade do solo (ds) mostraram-se significativos sendo os maiores valores apresentados pela AMC em comparação com a AMS e a AMN (Tabela 5), os resultados da ds que evidencia a compactação do solo pela exploração agrícola desordenada, principalmente pela presença em excesso de animais na área; Carvalho et al. (2004), comparando sistemas agroflorestais com sistemas de plantio convencional, verificaram que os valores da densidade apresentados pelo solo sob sistema agroflorestal se mantiveram dentro do limite considerado normal em todas as profundidades, enquanto que no sistema de plantio convencional os valores ultrapassaram o nível crítico para o desenvolvimento de plantas.

Tabela 5: Análise dos atributos físicos densidade do solo (ds), densidade de partículas (dp), porosidade total (Pt)

Áreas	Profundidades	ds	dp	(Pt)	Umidade
		(g cm ⁻³)	(g cm ⁻³)	(cm ³ cm ⁻³)	(g g ⁻¹)
AMS ³	0-20	0,90a ²	2,15a	0,57a	0,19b
	20-40	0,90a	2,22a	0,59a	0,22a
	Média	0,90C ¹	2,19A	0,58A	0,21A
AMC	0-20	1,15a	2,36a	0,51a	0,15a
	20-40	1,17a	2,34a	0,50a	0,16a
	Média	1,16A	2,35A	0,51B	0,16B
AMN	0-20	1,02a	2,22a	0,53a	0,14b
	20-40	1,04a	2,12a	0,51a	0,18a
	Média	1,03B	2,17A	0,52B	0,16B
DMS	Horizonte	0,078	0,215	0,065	0,026
	Tratamento	0,067	0,185	0,056	0,023
CV (%)		5,76	7,30	9,18	11,40

^{1/} letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey.

^{2/} letras minúsculas (a, b), comparam médias do mesmo tratamento nas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm).

^{3/} AMS - Área de caatinga com manejo sustentável; AMC - Área de caatinga em manejo convencional; AMN - Área de mata nativa.

Os valores da densidade de partículas (dp) não apresentaram variação significativa; os valores da porosidade total (Pt) se apresentaram significativamente superiores na AMS, o que evidencia a manutenção da qualidade física deste solo, em virtude deste parâmetro ser um indicio da boa estrutura do solo (Tabela 5), pela não existência da compactação; segundo Raper (2005) esta tem sido indicada como a principal causa da degradação física dos solos pela redução de seu espaço poroso, tendo como consequência há alteração estrutural em razão da reorganização das partículas e de seus agregados.

A se apresentou superior na AMS, o que pode ser explicado pela presença de serapilheira recobrando o solo, o que contribui para a manutenção da umidade, além de contribuir ao longo dos anos para o aumento do teor de matéria orgânica no solo e consequente retenção de umidade (Tabela 5).

A densidade apresentou relação direta com a compactação do solo, confirmado com a constatação de valores mais altos da resistência mecânica a penetração (2337,29 kPa) observados na AMC em comparação a AMS (1397,30 kPa) e a AMN (1354,53 kPa) no horizonte analisado (0-40 cm) (Tabela 6), o que confirma a degradação da AMC. Segundo Parente & Maia (2011), afirmam que as áreas pastejadas intensivamente sob lotação contínua pode sofrer alterações dos atributos físicos do solo em regiões de caatinga, uma vez que os pequenos ruminantes (ovinos e caprinos), predominantemente possuem hábito de pastejo gregário, ou seja, quase sempre eles pastejam agrupados concentrando o efeito do pisoteio.

Tabela 6: Análise das médias da resistência mecânica a penetração (RMP) nas diferentes profundidades do solo nas áreas em estudo sob caatinga na chapada do Apodi/RN.

Áreas	Profundidade (cm)	Resistência Mecânica a Penetração (kPa)
AMS ³	0,0 -10	352,74b ²
	0,0 - 20	937,86ab
	20 - 30	1875,54ab
	30 - 40	2123,08a
	Média	1397,30B ¹
AMC	0,0 -10	781,92c
	0,0 - 20	1773,04bc
	20 - 30	2642,98ab
	30 - 40	4151,22a
	Média	2337,29A
AMN	0,0 -10	392,88b
	0,0 - 20	1174,16ab
	20 - 30	1764,64ab
	30 - 40	2086,46a
	Média	1354,53B
DMS	Horizonte	1523,27
	Tratamento	631,89
CV (%)		53,16

^{1/} letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey.

^{2/} letras minúsculas (a, b), comparam médias do mesmo tratamento nos horizontes.

^{3/} AMS - Área de caatinga com manejo sustentável; AMC - Área de caatinga em manejo convencional; AMN - Área de mata nativa.

As áreas apresentaram valor da resistência à penetração crescente e significativamente superior em profundidade, em todas as áreas (Tabela 6); não sofrendo relação com a umidade, nas condições de umidade baixa que as áreas apresentam durante a estação seca do ano, já que a umidade foi superior no horizonte subsuperficial.

A variação mais acentuada da resistência mecânica a penetração ocorrida na camada de 30 a 40 cm da AMC (Figura 11), pode ser atribuída também ao tipo de horizonte que o solo apresenta, já que a área apresenta um CHERNOSSOLO RÊNDZICO Petrocálcico típico, com ocorrência de um horizonte (Crk) a partir dos 33 cm de profundidade, e esta camada se apresenta mais adensada.

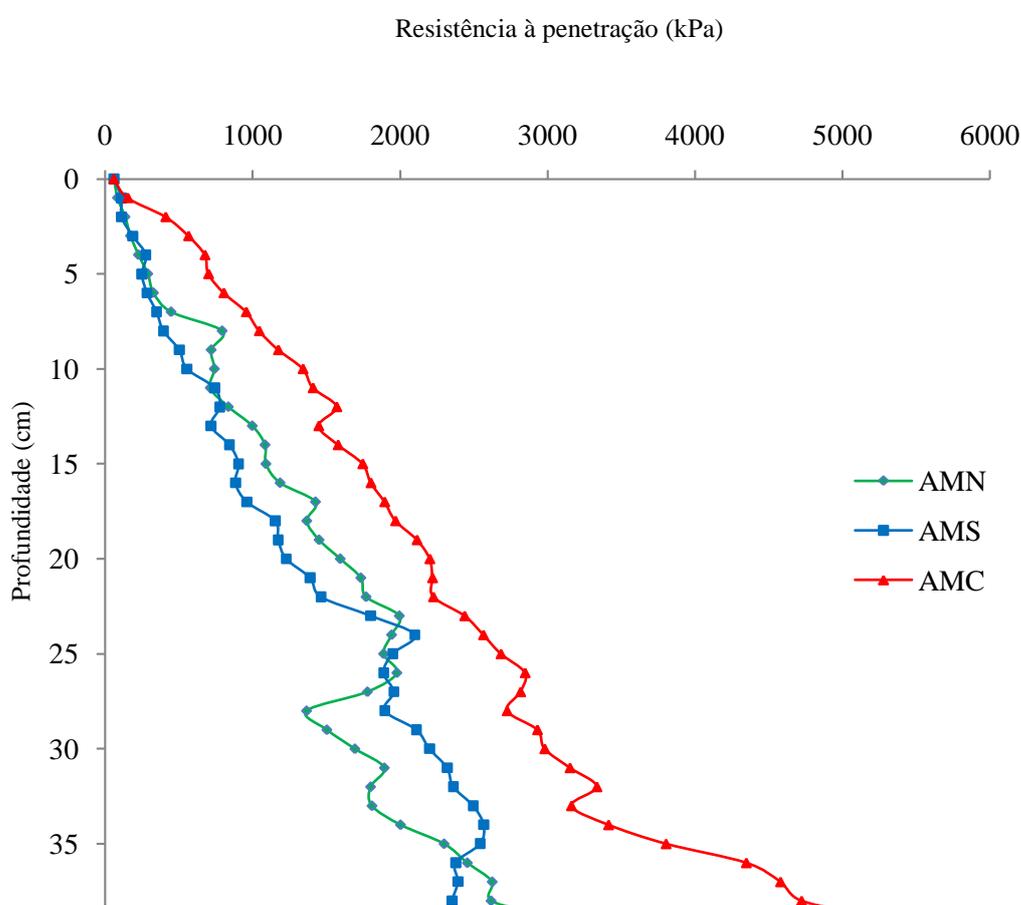


Figura 11: Variação da resistência mecânica a penetração (RMP) na área em manejo sustentável – AMS, área em manejo convencional – AMC e na área de mata nativa – AMN; na profundidade 0-40 cm

4.2 – Fertilidade do solo

Os valores de pH não variarão significativamente nas áreas submetidas aos diferentes manejos, mas apresentou valores de pH sempre elevados e superiores a 8,00 (devido ser de origem calcária, apresentam pH naturalmente de neutro a alcalino) e apresentando valores

sempre superiores em subsuperfície (20-40), inclusive significativos quando se comparou seus valores nos horizontes da AMS (Tabela 7), que pode ser responsável pela indisponibilidade de fósforo (P) e micronutrientes, já que está bem acima da faixa de absorção desses elementos (NOVAIS & SMYTH, 2007).

Tabela 7: Análise dos parâmetros acidez ativa (pH), condutividade elétrica(CE), matéria orgânica do solo (MOS), fósforo assimilável (P), potássio (K⁺) e sódio (Na⁺)

Áreas	Profundidade (cm)	pH	CE	MOS	P	K ⁺	Na ⁺
		(água)	(dS m ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	------(mg dm ⁻³)-----		
AMS ³	0-20	8,11b ²	0,104a	29,18a	2,50a	213,78a	30,41a
	20-40	8,41a	0,098a	19,53b	2,38a	157,15a	45,83a
	Média	8,26A ¹	0,10A	24,3AB	2,44A	185,5A	38,12A
AMC	0-20	8,33a	0,114b	26,44a	2,31a	149,62a	92,51a
	20-40	8,41a	0,198a	18,68b	1,66a	48,96b	57,75a
	Média	8,37A	0,16A	22,5B	1,99A	99,3B	75,13A
AMN	0-20	8,25a	0,118a	31,65a	3,23a	243,82a	46,52a
	20-40	8,43a	0,120a	22,86b	2,50a	84,97b	79,32a
	Média	8,34A	0,12A	27,2A	2,87A	164,4AB	62,92A
DMS	Horizonte	0,188	0,080	4,129	1,153	89,451	49,432
	Tratamento	0,161	0,069	3,543	0,989	76,751	42,413
CV (%)		1,71	48,40	12,66	35,88	45,29	63,80

^{1/} letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey.

^{2/} letras minúsculas (a, b), comparam médias do mesmo tratamento nas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm).

^{3/} AMS - Área de caatinga com manejo sustentável; AMC - Área de caatinga em manejo convencional; AMN - Área de mata nativa.

A condutividade elétrica (CE), encontrada foi sempre baixa e não variou significativamente nas áreas submetidas aos diferentes manejos e os valores observados indicam baixa concentração de sais solúveis.

Os valores da matéria orgânica do solo (MOS) (Tabela 7) variaram significativamente nas áreas em estudo, sendo superior na AMN em relação à AMC e AMS, sendo que na AMS está apresentou valores superiores a AMC; em todas as áreas a MOS se apresentou significativamente superior nas camadas superficiais (0-20), o que está de acordo com Silva, et al., 2013b, em estudos na mesma área; o que pode ser explicado pela deposição da matéria nas áreas sempre superior a AMC e o horizonte superficial ser o depósito natural da

serapilheira, de modo geral os valores encontrados foram altos para a região semiárida contribuindo com a manutenção da qualidade do solo nas AMS e AMN.

O fósforo assimilável (P) não variou significativamente nas áreas submetidas aos diferentes manejos (Tabela 7), mas apresentaram valores superiores em superfície (0 – 20 cm) em todas as áreas e apresentou valores sempre superiores na AMS, seguidos pela AMN, o que pode ser explicado pela deposição da matéria nessas áreas ser sempre superior a AMC, sendo que os valores de P acompanharam a mesma tendência de aumento da MOS, Marin (2002) ressalta que de 15 a 80% do P total encontrado no solo pode ser proveniente da matéria orgânica. Esses incrementos no fósforo assimilável se devem a ocorrência de alguns fenômenos, tais como a mineralização do P orgânico, ação de fungos e bactérias e a formação de ácidos orgânicos, produzidos durante a decomposição da matéria orgânica, que solubiliza o fósforo ligado o cálcio e magnésio (Rodrigues, 1995); sendo os teores de P foram classificados como baixos a muito baixo (Menezes et al., 2005), esses baixos valores do P assimilável, pode ser explicados pelos elevados pH o que torna esse elemento indisponível as plantas (Malavolta, 1989); além de poder ser segundo Ryan et al. (1985), decorrentes da interação desse elemento com o cálcio formando fosfato de cálcio, que é insolúvel e indisponível para as plantas.

Os teores de potássio (K^+) foram considerados elevados de acordo com padrões estabelecidos por Ribeiro (1999) (Tabela 7), e variou significativamente nas áreas em estudo, sendo superior na AMS, e apresentaram valores sempre superiores nas camadas superficiais (0 – 20 cm) em todas as áreas, o que pode ser explicado pela deposição da matéria nessas áreas ser sempre superior a AMC, refletindo assim o efeito da biomassa vegetal e da matéria orgânica do solo na conservação deste nutriente em superfície, além da matéria orgânica ser fonte K^+ ; já que a mineralização da matéria orgânica resulta na liberação de nutrientes essenciais à planta, tais como N, P, S, K, Ca, Mg e micronutrientes (MARIN, 2002).

Não houve efeitos significativos teores de sódio (Na^+) em nenhuma das profundidades estudadas nas áreas submetidas aos diferentes manejos (Tabela 7), no entanto apresentou valor superior no horizonte superficial (0 – 20 cm) na AMC, apresentando comportamento inverso a AMS e AMN o que pode ser explicado pelo índice de cobertura dessas áreas serem superiores o que dificulta a ascensão capilar desse elemento; já no horizonte de subsuperfície (20 – 40 cm) apresentou um comportamento diferente sendo superior na AMN, seguido da AMS; isso comprova que mesmo na presença desse sal nas áreas, o mesmo não ascendeu para a zona de maior concentração das raízes das plantas em função da maior presença da cobertura do solo, o que diminui a elevação desse sal para as camadas superficiais.

Os teores de cálcio (Ca^{2+}) foram considerados elevados em todas as áreas de acordo com padrões estabelecidos por Ribeiro (1999), e apresentaram-se superiores na AMN em comparação as demais, isso pode ser explicado pelo fato da matéria orgânica ser fonte de Ca^{2+} , além da origem calcárea do solo (Tabela 8).

Tabela 8: Análise dos parâmetros Cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), Alumínio (Al^{3+}), acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), soma de bases (SB), capacidade de troca de bases (CTC), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m) e porcentagem de sódio trocável (PST) nas áreas

Áreas	Profundidade (cm)	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	$(\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})$	SB	CTC	V	m	PST
		-----($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)-----					----- (%)-----			
AMS ³	0-20	8,30a ²	4,16a	0,00a	0,00a	13,13b	13,13b	100a	0,00a	1,00a
	20-40	9,64a	4,06a	0,00a	0,00a	14,30a	14,30a	100a	0,00a	1,40a
	Média	8,97B ¹	4,11A	0,00A	0,00A	13,72A	13,72A	100A	0,00A	1,20B
AMC	0-20	9,34a	1,92a	0,00a	0,00a	12,04a	12,04a	100a	0,00a	3,60a
	20-40	9,08a	2,38a	0,00a	0,00a	11,83a	11,83a	100a	0,00a	2,00a
	Média	9,21AB	2,15C	0,00A	0,00A	13,86A	13,86A	100A	0,00A	2,80A
AMN	0-20	9,94a	2,86a	0,00a	0,00a	13,62a	13,62a	100a	0,00a	1,60a
	20-40	10,60a	2,94a	0,00a	0,00a	14,10a	14,10a	100a	0,00a	2,40a
	Média	10,27A	2,90B	0,00A	0,00A	13,86A	13,86A	100A	0,00A	2,00AB
DMS	Horizonte	1,501	0,812	0,00	0,00	1,067	1,067	0,00	0,00	1,837
	Trat.	1,288	0,697	0,00	0,00	0,916	0,916	0,00	0,00	1,576
CV (%)		12,00	20,18	0,00	0,00	6,14	6,14	0,00	0,00	69,64

^{1/} Letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey.

^{2/} Letras minúsculas (a, b), comparam médias do mesmo tratamento nas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm).

^{3/} AMS - Área de caatinga com manejo sustentável; AMC - Área de caatinga em manejo convencional; AMN - Área de mata nativa.

Os teores de cálcio (Ca^{2+}) foram considerados elevados em todas as áreas de acordo com padrões estabelecidos por Ribeiro (1999), e apresentaram-se superiores na AMN em comparação as demais, isso pode ser explicado pelo fato da matéria orgânica ser fonte de Ca^{2+} , além da origem calcárea do solo (Tabela 8).

Os teores de Magnésio (Mg^{2+}) variaram significativamente em ambos os horizontes estudados nas áreas submetidas aos diferentes manejos (Tabela 8), sendo superiores na AMS, seguida da AMN. Estudos evolutivos do teor de Mg^{2+} em área submetida ao manejo orgânico durante 10 anos mostraram que esse elemento teve incremento de 100 %, valor atribuído à adição de compostos orgânicos (Souza, 2000).

Os teores de Alumínio (Al^{3+}) e a acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) foram iguais a zero, o que pode ser explicado pelo material de origem do solo (rocha calcárea) e o baixo grau de intemperização dos mesmos, além de que o pH elevado conduz a precipitação do alumínio.

A soma de bases (SB) e a capacidade de troca de bases (CTC) não apresentaram variação em ambas às áreas em estudo e apresentaram valores semelhantes dentro da mesma área, em função da acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) ser iguais a zero, resultados compatíveis foram obtidos por Alencar (2002) em estudos de perfis de solos da mesma região.

A porcentagem de saturação de bases (valor V), não variou, sendo sempre igual a 100%, em função da acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) ser igual a zero; já a saturação por alumínio foi sempre igual a zero, pelo mesmo motivo.

A porcentagem de sódio trocável (PST) variou significativamente sendo superior na AMC (Tabela 8), o que pode ser explicado pelo grau de degradação da área ocasionada principalmente pelo superpastejo de animais, o que deixa o solo desnudo e sujeito a ascensão do íon sódio (Na^+), mesmo quando presente em pequenas quantidades no solo, sendo este tóxico quando se apresenta em excesso na zona radicular; entretanto não há indicação de salinidade ou sodicidade (em função dos níveis de Na^+).

5. CONCLUSÕES

1. A densidade do solo (d_s) apresentou-se superior na Área em Manejo Convencional - AMC ($1,16 \text{ g cm}^{-3}$), em comparação a Área em Manejo Sustentável - AMS ($0,90 \text{ g cm}^{-3}$) e a Área de Mata Nativa - AMN ($1,03 \text{ g cm}^{-3}$) e apresentou relação direta com a resistência mecânica a penetração ($2337,29 \text{ kPa}$) observados na AMC em comparação a AMS ($1397,30 \text{ kPa}$) e a AMN ($1354,53 \text{ kPa}$) na profundidade analisada (0-40 cm), mostrando a compactação do solo na AMS; como causa do superpastejo na área;
2. Os valores da porosidade total se apresentaram superiores na Área em Manejo Sustentável - AMS, o que evidencia uma melhor estrutura desse solo;
3. A umidade se apresentou superior na Área em Manejo Sustentável - AMS em comparação as demais áreas;
4. Os valores da resistência mecânica a penetração aumentou em profundidade;
5. A ocorrência de um horizonte (Crk) mais adensado foi responsável pela variação mais acentuada da resistência mecânica a penetração ocorrida na profundidade de 30 a 40 cm, na Área em Manejo Convencional - AMC, apresentando nesta ($4151,22 \text{ kPa}$), em comparação aos valores constatados na Área em Manejo Sustentável - AMS ($2123,08 \text{ kPa}$) e na área de Área de Mata Nativa ($2086,46 \text{ kPa}$);
6. Os valores da MOS, P, K^+ e Mg^{2+} foram superiores na Área em Manejo Sustentável - AMS, seguido da Área de Mata Nativa - AMN, apresentaram-se superiores na profundidade (0-20 cm) em comparação a profundidade (20-40 cm).

6. LITERATURA CITADA

ALENCAR, E. L. L. de. Química e mineralogia de três pedons originários de calcário da Chapada do Apodi – CE. 2002. 61 f. Dissertação (Mestrado) – UFC, Fortaleza, 2002.

ALVES, J.J.A.; ARAÚJO, A.M.; NASCIMENTO, S.S. Degração da Caatinga: Uma investigação ecogeográfica. *Revista Caatinga* (Mossoró, Brasil), v.22, n3, p 126-135, julho/setembro 2009.

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F. C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.28, n.1, p.115-123, jan./fev. 2004.

AMARO FILHO, J. Contribución al estudio del clima del Rio Grande do Norte. Madrid, ETSIA/UPM, 1991. 311p. (Tese de Doutorado)

ANDRADE, L.A.; PEREIRA, I. M.; LEITE, U.T; BARBOSA, M. R. V. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. *Cerne*, Lavras, v. 11, n. 3, p. 253-262, 2005.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.24, n.4, p. 857-865, out./dez. 2000.

ARAÚJO FILHO, J. A. de. (1985). Pastoreio múltiplo. *In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM*, 7, Piracicaba, 1985, Anais..., Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luís de Queiroz", p. 203-233.

ARAÚJO FILHO, J. A. de. (1992). Manipulação da vegetação lenhosa da Caatinga para fins pastoris. Sobral: Embrapa-CNPC. (Circular Técnica, 11).

ARAÚJO FILHO, J. A. de; CARVALHO, F. C. de; GARCIA, R.; SOUSA, R. A. de. Efeitos da manipulação da vegetação lenhosa sobre a produção e compartimentalização da fitomassa pastável de uma caatinga sucessional. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Brasília, v. 31, n. 1, p. 11-19, 2002.

ARAÚJO FILHO, J. A.; CRISPIN, S. M. A. (2002). Pastoreio combinado de bovinos, caprinos e ovinos em áreas de Caatinga no Nordeste do Brasil. *In: CONFERÊNCIA VIRTUAL GLOBAL SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BOVINOS DE CORTE*, 1. Via Internet, 109 2 de setembro a 15 de outubro de 2002. Embrapa. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/agencia/congressovirtual/pdf/portugues/03pt08.pdf>>. Acesso em 11 de Março de 2013.

ARAÚJO FILHO, J.A. de; HOLANDA JÚNIOR, E.V.; SILVA, N.L. da; SOUSA, F.B. de; FRANÇA, F.M. Sistema agrossilvipastoril Embrapa Caprinos. *In: LIMA, G.F. da C.; HOLANDA JÚNIOR, E.V.; MACIEL, F.C.; BARROS, N.N.; AMORIM, M.V.; CONFESSOR JÚNIOR, A.A. (Org.). Criação familiar de caprinos e ovinos no Rio Grande do Norte: orientações para viabilização do negócio rural*. Natal: Emater, 2006. p.193-210.

ARAÚJO FILHO, J.A. de. Manipulação da vegetação lenhosa da caatinga para fins pastoris. Sobral: EMBRAPA-CNPC, 1990. 18p. (Embrapa-CNPC, Circular Técnica, 11).

ARAÚJO FILHO, J.A. Manejo pastoril sustentável da caatinga / João Ambrósio de Araújo Filho. – Recife, PE: Projeto Dom Helder Camara, 2013. 200 p. : il.

ARAÚJO FILHO, J.A., CARVALHO, F.C. Desenvolvimento sustentado da Caatinga. Sobral, CE: EMBRAPA-CNPC, 1997, 19p. (EMBRAPA-CNPC. Circular Técnica).

ARAÚJO FILHO, J.A., SOUSA, F.B., CARVALHO, F.C. Pastagens no Semi-Árido: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS, Brasília, DF, Anais... XXII Reunião da SBZ, 1995, Brasília: SBZ, p.28-62, 1995.

ASSIS, R.L. & LANÇAS, K.P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. R. Bras. Ci. Solo, 29:515-522, 2005.

BARBOSA, Iris do S. Zoneamento agroecológico do município de Lagoa Seca/PB. João Pessoa, 2001. 166 f. Dissertação (Mestrado) – UFPB/PRODEMA, João Pessoa, 2001.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.7-18.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis 1999. p.9-23

BEZERRA, J. M.; SILVA, P. C. M.; MORAIS, C. T. S. L.; BATISTA, R. O.; Andrade, L.M UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NA OBTENÇÃO DE INDICADORES DE DESERTIFICAÇÃO PARA O RIO GRANDE DO NORTE. Engenharia Ambiental (UNIPINHAL. Impresso), v. 08, p. 222-241, 2011.

BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis. 2.ed. Madison, ASA, 1986. p.363-375. (Agronomy Monograph, 9)

BOGNOLA, I. A.; DEDECEK, R. A.; LAVORANTI, O. J. & HIGA, A. R. Influência de propriedades físico-hídricas do solo no crescimento de Pinus taeda. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v.30, n.61, p.37-49, jan./abr. 2010.

BOT, A.; BENITES, J. The importance of soil organic matter, Key to drought-resistant soil and sustained food production. FAO Soils Bulletin, 2005. 80p.

BRADY, C.B.; WEIL, R.R. *The nature and properties of soils*. 3th ed. New York: Prentice Hall, 2001. 960 p.

BRUCE, J.P.; FROME, M.; HAITES, E.; JANZEN, H.; LAL, R. Carbon sequestration in soils. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, v.54, n.1, p.382-9, 1999.

CALEGARI, A. Coberturas verdes em sistemas intensivos de produção. In: WORKSHOP NITROGÊNIO NA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 2000, Dourados. Anais. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Embrapa Agroecologia, 2000. p.141-153.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba – SP, Degaspar, 1997. 132p.

CARVALHO, A. E.; GARIGLIO, M. A.; BARCELLOS, N. D. E. *Caracterização das áreas de ocorrência de desertificação no Rio Grande do Norte*. Natal: [s.n.], 2000.

CARVALHO, et al. *Caracterização das áreas de ocorrência de desertificação no Rio Grande do Norte*. Natal: [s.n.], 2000.

CARVALHO, F.C. de. Sistema de produção agrossilvipastoril para a região semi-árida do nordeste do Brasil. 2003. 77p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J. & ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.11, p.1153-1155, nov. 2004.

CASTELLETI, C. H. M.; SANTOS, A. M. M.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da (2003). Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: *In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. Ecologia e Conservação da Caatinga*. Recife: Ed. Universitária da UFPE, cap. 18, p. 719-734.

CHRISTENSEN, B.T. & JOHNSTON, A.E. Soil organic matter and soil quality: Lessons learned from long-term experiments at Askov and Rothamsted. In: GREGORICH, E.G. & CARTER, M.R., eds. *Soil quality for crop production and ecosystem health*. Amsterdam, Elsevier, 1997. p.399- 430.

CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. *Estudos Avançados*, São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, v.22, n.63, 2008.

COSTA, R.B. da; ARRUDA, E.J. de; OLIVEIRA, L.C.S. de. Sistemas agrossilvipastoris como alternativa sustentável para a agricultura familiar. *Revista Internacional de Desenvolvimento Local*, v.3, p.25-32, 2002.

DORAN, J.W. & PARQUIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. & COLLEMAM, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. *Defining soil quality for sustainable environment*. Madison, Soil Science Society of America, 1996. P. 25-37 (SSSAQ Special publication, 35).

DRUMOND, M. A. (coord.) (2000). Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga. Estratégias para o Uso Sustentável da Biodiversidade da Caatinga. Documento para discussão no GT Estratégias para o Uso Sustentável. Petrolina, Disponível em <http://www.biodiversitas.org.br/Caatinga/relatorios/uso_sustentavel.pdf>; acesso em Março de 2013>.

DUQUE, J.G. Solo e água no polígono das secas. Mossoró, ESAM/CNPq. 1980. 273p. (Coleção Mossoroense, 142).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997, 212p.

FAO. Data sts, Indicators and methods to assess land degradation in drylands. World Soil Resources Reports, 100. 122p. 2003. (Disponível em http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/005/Y4609E/Y4609E00.HTM)

FARIA, A. F. G.; SANTOS, A. C.; SANTOS, T. M. & BATISTELLA FILHO, F. Influência do manejo do solo nas propriedades químicas e físicas em topossequência na bacia do Rio Araguaia estado do Tocantins. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.34, n.2, p. 517-524, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia (UFPA), v. 35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FIALHO, J.S.; GOMES, V.F.F.; OLIVEIRA, T.S. & SILVA JUNIOR, J.T. Indicadores de Qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. R.Ci. Agronômica, 37: p.250-257, 2006.

GALETI, P.A. Guia Técnico Agropecuário: Solos. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. Campinas, 1989. 142p.

GEO BRASIL, 2002. Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil / Organizado por Thereza Christina Carvalho Santos e João Batista Drummond Câmara. - Brasília: Edições IBAMA, 2002. 440p.:il. ISBN 85 - 7300 - 144 - 5. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/site_cnia/geo_brasil_2002.pdf>. Acesso em 30 de Setembro de 2013.

HAKANSSON, I.; VOORHEES, W.B.; RILEY, H. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v.11, n.3-4, p.239-82, 1988.

HAMBLIN, A. P. The influence of soil structure on water movement, crop root growth and water uptake. *Advances in Agronomy*, v.38, p.95-158, 1985.

HELYAR, K. Manejo da acidez do solo a curto e a longo prazos. Informações Agronômicas, Encarte Técnico n.104, dez. 2003.

HOEFLE, S. W. Enchanted (and Disenchanteddisenchanted) Amazonia: environmental ethics and cultural identity in northern Brazil. *Ethics, Place and Environment*, v. 12, n. 11, p. 107-130, 2009.

IBAMA. (1992). Plano de manejo florestal para a região do Seridó do Rio Grande do Norte. Natal: IBAMA- Projeto PNUD/FAO/IBAMA, v. 1.

IBGE. Censo 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default_estudos_analises.shtm>. Acesso em 30 de Setembro de 2013.

IDEMA. (2007), Perfil do Estado do Rio Grande do Norte. Natal, 2007. 85p.

IDEMA. *Diretrizes para política de controle da desertificação no Rio Grande do Norte*. Natal, 2004.

KANG, B.T. Alley cropping – soil productivity and nutrient recycling. *Forest Ecology and Management*, v.91, n.1, p.75-82, 1997.

KIEHL, E.J. Manual de edafologia: Relação solo-planta. Piracicaba, Ceres, 1979. 262p.

KLEIN, V.A. Física do solo. Passo Fundo, Universidade de Passo Fundo, 2008. 240p.

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L.; SILVA, A.P, 1998. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.18, n.2, p.45-54.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 19, p. 395-401, 1995.

LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; ARAUJO, A. S. F.; GALVÃO, S. R. S.; LEMOS, J. O; SILVA, E. F. L. Soil organic carbon and biological indicators in an Acrisol under tillage systems and organic management in north-eastern Brazil. *Australian Journal of Soil Research*, v. 48, p. 258-265, 2010.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. *Advances in Soil Science*, v.1, p.277-294, 1985.

LIRA, R.B. Qualidade do Solo e Avaliação Econômica do Manejo Sustentável da Caatinga no Projeto de Assentamento Moacir Lucena. Apodi, RN. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Mossoró-RN, 2010.

LOURENTE, E R. P.; MERCANTE, F. M.; ALOVISI, A. M. T.; GOMES, C. F.; GASPARINI, A. S. & NUNES, C. M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia*, v.41, n.1, p.20-28, jan./mar. 2011.

LUDGREN, B. O.; RAIN TREE, J. B. Sustained agroforestry. In: NESTEL B. (ed.) *Agricultural Research for Development: potentials and challenges in Asia*. The Hague: ISNAR, 1982. p. 37-49.

MACHADO, V. D.; SANTOS, M.V.; SANTOS, L.D.T.; MOTA, V.A.; SANTOS JÚNIOR, A. Sistemas agroflorestais. Disponível em: <http://www.ilpf.com.br/artigos/sistemas>. Acesso em: 24 de abril de 2012.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. *Revista Árvore*, v.30, p.837-848, 2006.

MALAVOLTA, E. *Abc da adubação*. 5ª Edição Paulo: ed. Agronômica Ceres, 1989, 292p.

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

MEDEIROS, L. P.; GIRÃO, R. N.; GIRÃO, E. S.; LEAL, J. A. (2000). Caprinos. Teresina: Embrapa- CPAMN/SPI.

MELO, M.; TONNEAU, J.P.; SOARES, D. Sistemas pecuários, convivência com a seca e manejo alimentar. In: SILVEIRA, L; PETERSEN, P.; SABOURIN, E. (Ed.). Agricultura familiar e agroecologia no semi-arido: avanços a partir do agreste da Paraíba. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2002. p.219-233.

MEMQUITA, R. C. M.; LEITE, E. R.; ARAÚJO FILHO, J. A. (1989). Estacionalidade da dieta de pequenos ruminantes em ecossistema de Caatinga. In: EMBRAPA (org.). Curso de melhoramento e manejo de pastagem nativa no trópico semi-árido. Teresina: Embrapa-CPAMN/SPI.

MENDONÇA, E. S. & MATOS, E. S. Matéria orgânica do solo: métodos de análises. Brasília: ABEAS, 2005. 107p.

MENEZES, C.E.G., Integridade de paisagem, Manejo e atributos do solo no médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral-RJ. 2008. 164f. (Tese de Doutorado), UFRRJ, Instituto de Agronomia, RJ.

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

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 agroecológica no semi-árido: Avanços a partir do Agreste da Paraíba. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2002. p.249-260. MENDES, B. V. (1997). Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável do Semi-Árido. Fortaleza: SEMACE, p. 210.

MEULEBROUCK, K.; AMELOOT, E.; VAN ASSCHE, J.A.; VERHEYEN, K., HERMY, M. & BASKIN, C.C. 2008. Germination ecology of the holoparasite *Cuscuta epithimum*. Seed Science Research 18: 25-34.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BESAN, F.M.; LOVATO, T.; FERNÁNDEZ, F.F. & DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.209-248.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005). Ecosystems and human well-being: synthesis. Washington, DC: Island Press and World Resources. Disponível em: <url: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>>. Acesso em: 22 de Março de 2013.

MMA. Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização - Portaria MMA nº 9, de 23 de janeiro de 2007. / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília: MMA, 2007. p. : il. color. ; 29 cm. (Série Biodiversidade, 31).

MOREIRA, F. L. M.; MOTA, F. O. B.; CLEMENTE, C. A.; AZEVEDO, B. M & BOMFIM, G. V. Adsorção de fósforo em solos do Estado do Ceará. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v.37, n.1, p.7-12, 2006.

MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 2002. 626p.

MOREIRA, W. H.; BETIOLI JÚNIOR, E.; PETEAN, L. P.; TORMENA, C. A.; ALVES, S. J.; COSTA, M. A. T. & FRANCO, H. H. S. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico em sistema de integração lavoura-pecuária. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.36, n.2, p.389-400, mar./abr. 2012.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. In: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. (Eds.). Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. p.3.

MOTA, J. C. A.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; AMARO FILHO, J.; ROMERO, R. E.; MOTA, F. O. B.; LIBARDI, P. L. Atributos mineralógicos de três solos explorados com a cultura do melão na Chapada do Apodi-RN. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.31, n.3, p. 445-454, mai./jun. 2007.

MOTA, J.C.A. Caracterização física, química e mineralógica, como suporte para o manejo, dos principais solos explorados com a cultura do melão na Chapada do Apodi. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 2004. 96p.(Dissertação de Mestrado).

NOVAIS, F. R. & SMYTH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: UFV, 1999. 399p.

PARENTE, H. N., MAIA, M. O. Impacto do pastejo sobre a compactação dos solos com ênfase no Semiárido. Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas V. 5, N. 3, pág. 3, 2011.

PRADO, M. R. Nutrição de plantas. São Paulo: UNESP, 2008. 407p.

PROJETO DOM HELDER CÂMARA (MDA/FIDA); Projeto de Manejo Sustentável do Sertão Semiárido – Projeto Sertão/GEF; Projeto de Formação pela Experimentação em Manejo da Caatinga (Arquivos da ULS Sertão do Apodi), Apodi/RN, 2013.

Raper, R. L. Agricultural traffic impacts on soil. Journal Terramech, v.42, p.259-280, 2005.

RESENDE, M.; CURI, N.; RESENDE, S.B. & CORREIA, G.F. Pedologia: Bases para Distinção de Ambientes. 4ª Ed. Viçosa. Núcleo de Estudos de Planejamento e Uso da Terra – NEPUT, 2002. 338p.

RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ, V. H., eds Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa-MG, comissão de fertilidade do Estado de Minas Gerais, 1999, 259p.

RICHARDS, L.A. Diagnóstico y reabliacion de suelos salinos e sódicos. México: Ed. Limusa, 1954. 172p.

RICHÉ, et al. Pesquisa sobre reabilitação ambiental no trópico semi-árido brasileiro. In: SEMANA DE RECURSOS NATURAIS E MEIO AMBIENTE, 1994, Salvador. Anais... Salvador: FIBGE, 1994.

RODRIGUES, E. T. Seleção de Cultivares de alface (*Latuca sativa* L.) para cultivo com composto orgânico - UFV. Viçosa-MG, 1995. 164p.

RYAN, I.; CURTIN, D.; CHEEMA, M.A. Significance of iron oxides and calcium carbonate particle size in phosphate sorption by calcareous soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 49:74-76, 1985.

SÁ, I. B., FOTIUS, G. A., RICHÉ, G. R. Degradação ambiental e reabilitação natural no Trópico semiárido brasileiro In: CONFERÊNCIA NACIONAL E SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DA DESERTIFICAÇÃO, 1994, Fortaleza, CE. Anais... Brasília. DF: SEPLAN, 1994.

SÁ, I. B.; TAURA, T. A.; CUNHA, T. J. F.; SÁ, I. I. S. Mapeamento e caracterização da cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do São Francisco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 6305-6312.

SÁ, I.B.; CORREA, R.C.; SOUZA, R.A.; RICHÉ, G.R.; FOTIUS, G.A. Bioma caatinga: Fatores abióticos. GT Fatores abióticos. Seminário sobre Avaliação e Identificação de Ações Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade do Bioma Caatinga. 2000. Petrolina: CPATSA/ EMBRAPA, 32p.

SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, M. do S.B.; SAMPAIO, Y.S.B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 22, nº 1, jan/jun. 2005.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de; Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – 3ª Edição revista e ampliada – Brasília, DF: Embrapa, 2013. 363p.

SCHAFFRATH, V. R.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; ANDRADE GONÇALVES, A. C. Variabilidade e correlação espacial de propriedades físicas de solo sob plantio direto e preparo convencional. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1369-1377, 2008.

SILVA SOBRINHO, A. G. da. Integração de ovinos com espécies vegetais. Toda Fruta, 8 de abril de 2005 Disponível em:< http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=8927>; acesso em 11 de Março de 2013.

SILVA, E. A. A.; URIBE-OPAZO, M. A.; ROCHA, J. V.; SOUZA, E. G. Um Estimador robusto e o semivariograma cruzado na análise de variabilidade espacial de atributos do solo e planta. Acta Scientiarum, Maringá, v. 25, n. 2, p. 365-371, 2003.

SILVA, F.B.R.; RICHÉ, G.R.; TONNEAU, J.P.; SOUSA NETO, N.C.; BRITO, L.T.; CORREIA, R.C.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, F.H.B.B.; SILVA, A.B. & ARAÚJO FILHO, J.C. *Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico*, 2 v. Brasília, EMBRAPA-CPATSA, 1993.

SILVA, G. C. M.; SILVA, P. C. M.; MEDEIROS, W. D. A. Determinação de zonas ambientalmente degradadas na mesoregião de Mossoró usando geotecnologia. *REVISTA BRASILEIRA DE GESTÃO AMBIENTAL*, v. 7, p. 101-108, 2013a.

SILVA, J. F.; PORTELA, J. C.; Silva, N.V; LEMOS, M.; SILVA, A. C.; PORTO, V. C. N. Atributos físicos e químicos de um Chernossolo Eutrófico sob manejo agroecológico e convencional da caatinga na chapada do Apodi, RN. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Anais: volume 4, Ed. Epagri e SBCS; ISBN: 978-85-85014-71-1. Florianópolis-SC, 2013b.

SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; OGLE, S.M. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils - Effects of no-tillage. *Agronomie*, Davis, v.22, p.755-75, mai. 2002.

SOANE, B.D.; OUWERKEK, C.VAN. Soil compaction problems in word agriculture. In: SOANE, B.D.; OUWERKEK, C.VAN. Eds. *Soil compaction in crop production*, Amsterdam, Elsevier, p. 1-21, 1994.

SOUZA, A.D. Diagnóstico para Implantação de Modelos Agroflorestais na Fazenda NUPEÁRIDO – Patos (PB). Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). UFCG – Universidade Federal de Campina Grande/CSTR – Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos – PB, 2012.

SOUZA, J.L. A fertilidade de solos sob manejo orgânico. *Inf. SBCS*, 25:14-16, 2000.

SUASSUNA, J. A. Pequena Irrigação no Nordeste: Algumas Preocupações. *Ciência Hoje*, v.18, n.104, p.38-43, 1994.

TRINDADE, E. F. S.; KATO, O. R.; CARVALHO, E. J. M. & SERAFIM, E. C. S. Disponibilidade de fósforo em solos manejados com e sem queima no nordeste paraense. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, Belém, v.6, n.12, p.7-19, jan./jun. 2011.

VASQUES, L.; MYHRE, D.L.; HANLON, E.A.; GALLAHER. R.N. Soil penetrometer resistance and bulk density relationships after long term no tillage. *Commun Soil Science Plant*, Mendonça, Anal 22, p.2101-17, 1991.

VIEIRA, G.; SANQUETTA, C. R.; KLUPPEL, M. L. W.; BARBEIRO, L. da S. Soares: Teores de Carbono em Espécies Vegetais da Caatinga e do Cerrado. *Rev. Acad., Ciências. Agrárias e Ambientais*, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 145-155, 2009.

7. APÊNDICE

Tabela 1A - Resultados da análise da física dos solos no horizonte de 0 – 20 cm.

Identificação	Bloco	Frações granulométricas						Densidade do solo			Umidade (g g ⁻¹)	
		Areia grossa	Areia fina	Areia total	silte	Argila	classe textural	Relação silte/ argila	ds (g cm ⁻³)	dp (g cm ⁻³)		Porosidade total (Pt) (g cm ⁻³)
		----- (kg/kg) -----										
		Profundidade 0,0 a 20 cm										
AMS ¹	1	0,078	0,270	0,348	0,162	0,491	Argiloso	0,33	0,83	2,50	0,67	0,20
AMS	2	0,068	0,215	0,283	0,199	0,518	Argiloso	0,38	0,85	2,09	0,59	0,23
AMS	3	0,030	0,104	0,134	0,269	0,597	Argiloso	0,45	0,87	2,14	0,59	0,19
AMS	4	0,027	0,113	0,140	0,246	0,614	Muito Argiloso	0,40	0,92	2,18	0,58	0,18
AMS	5	0,017	0,052	0,069	0,235	0,695	Muito Argiloso	0,34	1,04	1,86	0,44	0,17
Média		0,044	0,151	0,195	0,222	0,583	Argiloso	0,38	0,90	2,15	0,58	0,19
AMC	1	0,069	0,060	0,129	0,386	0,486	Argiloso	0,79	1,17	2,40	0,52	0,14
AMC	2	0,003	0,011	0,014	0,477	0,509	Argiloso	0,94	1,18	2,35	0,50	0,14
AMC	3	0,159	0,102	0,262	0,245	0,493	Argiloso	0,50	1,10	2,43	0,55	0,17
AMC	4	0,034	0,073	0,107	0,354	0,540	Argiloso	0,66	1,18	2,23	0,47	0,17
AMC	5	0,047	0,065	0,112	0,310	0,578	Argiloso	0,54	1,14	2,40	0,53	0,16
Média		0,062	0,062	0,125	0,354	0,521	Argiloso	0,68	1,15	2,36	0,51	0,15
AMN	1	0,092	0,062	0,154	0,255	0,591	Argiloso	0,43	1,00	2,62	0,62	0,15
AMN	2	0,057	0,077	0,134	0,238	0,628	Muito Argiloso	0,38	0,97	2,23	0,56	0,14
AMN	3	0,024	0,168	0,192	0,259	0,549	Argiloso	0,47	0,99	2,07	0,52	0,15
AMN	4	0,039	0,102	0,142	0,288	0,570	Argiloso	0,51	1,13	1,97	0,43	0,14
AMN	5	0,095	0,056	0,151	0,261	0,588	Argiloso	0,44	1,00	2,20	0,55	0,13
Média		0,061	0,093	0,154	0,260	0,585	Argiloso	0,45	1,02	2,22	0,54	0,14

^{1/} AMS - Área de caatinga em manejo sustentável; AMC - Área de caatinga em manejo convencional; AMN - Área de mata nativa

Tabela 2A - Resultados da análise da física dos solos no horizonte de 20 – 40 cm.

Identificação	Bloco	Frações granulométricas					classe textural	Relação silte/argila	Densidade do solo		Porosidade total (Pt) (g cm ⁻³)	Umidade (g g ⁻¹)
		Areia grossa	Areia fina	Areia total	silte	Argila			da	dp		
		------(kg/kg)-----							(g cm ⁻³)	(g cm ⁻³)		
Profundidade 20 a 40 cm												
AMS ¹	1	0,078	0,270	0,348	0,162	0,491	Argiloso	0,33	0,87	1,98	0,56	0,22
AMS	2	0,068	0,215	0,283	0,199	0,518	Argiloso	0,38	0,79	2,28	0,66	0,24
AMS	3	0,030	0,104	0,134	0,269	0,597	Argiloso	0,45	1,00	2,34	0,57	0,20
AMS	4	0,027	0,113	0,140	0,246	0,614	Muito Argiloso	0,40	0,97	2,23	0,57	0,23
AMS	5	0,017	0,052	0,069	0,235	0,695	Muito Argiloso	0,34	0,90	2,29	0,60	0,23
Média		0,044	0,151	0,195	0,222	0,583	Argiloso	0,38	0,91	2,22	0,59	0,22
AMC	1	0,070	0,061	0,131	0,312	0,557	Argiloso	0,56	1,13	2,27	0,50	0,11
AMC	2	0,085	0,053	0,138	0,344	0,518	Argiloso	0,66	1,14	2,32	0,51	0,16
AMC	3	0,089	0,050	0,139	0,341	0,520	Argiloso	0,66	1,24	2,32	0,47	0,18
AMC	4	0,066	0,050	0,116	0,312	0,572	Argiloso	0,55	1,17	2,34	0,50	0,18
AMC	5	0,057	0,066	0,123	0,310	0,567	Argiloso	0,55	1,19	2,47	0,52	0,17
Média		0,073	0,056	0,129	0,324	0,547	Argiloso	0,59	1,17	2,35	0,50	0,16
AMN	1	0,131	0,054	0,185	0,241	0,575	Argiloso	0,42	0,95	2,24	0,58	0,19
AMN	2	0,050	0,102	0,151	0,251	0,598	Argiloso	0,42	1,08	2,23	0,51	0,16
AMN	3	0,022	0,100	0,121	0,243	0,635	Muito Argiloso	0,38	1,03	2,07	0,50	0,20
AMN	4	0,026	0,063	0,089	0,259	0,652	Muito Argiloso	0,40	1,04	2,04	0,49	0,19
AMN	5	0,102	0,053	0,156	0,255	0,590	Argiloso	0,43	1,12	2,03	0,45	0,16
Média		0,066	0,074	0,140	0,250	0,610	Muito Argiloso	0,41	1,04	2,12	0,51	0,18

^{1/} AMS - Área de caatinga em manejo sustentável; AMC - Área de caatinga em manejo convencional; AMN - Área de mata nativa

Tabela 3A – Dados de resistência mecânica a penetração nas áreas em estudo.

Prof. (cm)	AMS ¹ Repetições					AMC Repetições					AMN Repetições				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	Pressão (kPa)														
0	54	69	61	54	54	54	61	54	61	54	77	54	54	54	54
1	85	162	162	61	77	193	170	108	170	123	0	116	123	108	69
2	54	146	170	77	100	518	541	193	409	386	0	216	116	154	185
3	77	170	502	92	85	750	765	317	502	487	23	201	146	309	177
4	170	340	541	100	224	781	812	270	804	711	46	239	232	301	309
5	38	309	734	61	100	773	943	371	734	680	100	270	371	378	324
6	92	232	897	353	193	850	1152	556	471	990	85	286	448	456	363
7	38	355	1082	434	262	1020	1044	696	773	1245	378	309	634	533	378
8	38	386	1129	492	417	1067	1144	773	1028	1206	1956	293	804	742	170
9	92	533	1353	627	533	1368	1051	943	1276	1229	1013	262	1121	959	239
10	108	487	1856	692	317	1577	1214	1160	1407	1345	665	317	1082	1283	355
11	262	378	1972	131	966	1686	1152	1214	1438	1554	665	417	1075	1229	177
12	255	711	1113	108	1693	1809	1152	1090	1771	2026	580	611	1129	1608	247
13	177	348	1136	286	1639	1740	1229	1098	1701	1469	773	781	1160	1833	440
14	77	572	587	363	2614	1778	1129	1082	1902	2003	1229	796	1268	1639	487
15	116	495	518	417	2970	1670	1144	1160	2328	2428	1531	881	1028	1740	270
16	69	247	348	495	3256	1778	966	1098	2498	2668	1732	1198	835	1809	355
17	92	262	487	479	3480	2096	1106	1129	2358	2784	1454	1995	858	2204	618
18	154	363	433	850	3967	2227	1167	1260	2529	2660	943	2018	835	2335	703
19	85	541	309	1461	3472	2351	1307	1307	2629	2977	711	2134	827	2505	1075
20	69	827	286	1206	3751	2382	1229	1384	2691	3318	788	2072	765	2737	1608
21	77	773	270	1840	3990	2467	1345	1554	2683	3047	804	2165	703	2645	2351
22	77	696	332	2072	4137	2583	1237	1562	2877	2869	711	2645	680	2219	2591
23	77	1276	293	2962	4393	2413	1368	1639	3294	3472	904	2900	1020	3287	1863
24	216	1523	371	3573	4818	2266	1469	1523	3782	3782	951	2915	471	3217	2157
25	61	1144	425	3488	4632	2513	1724	1724	3434	4021	982	3078	649	2954	1778
26	309	1299	293	3426	4114	2490	1577	1647	4207	4315	788	3526	549	3604	1423
27	371	1245	278	3673	4222	2304	1593	1183	4238	4764	904	3062	456	3055	1415
28	293	1268	309	3604	4006	2057	2065	1438	3921	4145	711	3109	680	866	1461
29	355	1245	332	4315	4308	2103	2436	1539	4455	4122	703	3171	665	881	2096
30	170	1747	317	4485	4277	2560	2420	1778	4625	3519	595	2923	727	1570	2652
31	657	1461	309	4640	4532	2505	2861	1786	5135	3472	495	2668	634	2792	2877
32	649	1477	456	4919	4308	2784	2567	1987	6218	3116	471	2459	502	2544	3024
33	402	1972	618	5336	4153	2823	2606	2003	6032	2343	448	2328	564	2475	3232
34	255	1949	603	5653	4377	2621	3294	2111	6187	2853	456	2993	510	2405	3650
35	247	2072	580	5630	4192	2691	3898	2289	6411	3727	464	3526	541	3000	3960
36	201	1980	634	5584	3488	3140	3789	3031	6117	5661	495	3905	572	3093	4215
37	286	1631	626	5700	3720	3449	3627	3379	6450	5994	781	4462	572	2722	4586
38	448	1523	657	5514	3619	3789	4501	3426	5700	6195	1082	4571	1392	1980	4060
39	456	1577	711	5499	3341	4632	5352	3936	5862	6620	1763	4872	2049	2003	4369
40	2034	1492	727	5305	2954	5243	6017	4772	5715	6844	1299	4671	1554	2598	4052

^{1/} AMS - Área de caatinga em manejo sustentável; AMC - Área de caatinga em manejo convencional; AMN - Área de mata nativa.

Tabela 4A – Resultados da análise da fertilidade dos solos no horizonte de 0 - 20 cm.

Identificação		pH (água)	CE (dS m ⁻¹)	MOS (g kg ⁻¹)	P -----	K ⁺ (mg dm ⁻³)	Na ⁺ -----	Ca ²⁺ -----	Mg ²⁺ -----	Al ³⁺ -----	(H+Al) (cmol _c dm ⁻³)	SB -----	t -----	CTC -----	V -----	m (%)	PST -----
		Profundidade 0,0 a 20 cm															
AMS ¹	1	7,84	0,11	31,57	3,0	275,9	31,9	8,60	3,90	0,00	0,00	13,34	13,34	13,34	100	0	1
AMS	2	8,06	0,11	31,57	3,1	200,8	35,9	7,60	4,90	0,00	0,00	13,17	13,17	13,17	100	0	1
AMS	3	8,30	0,10	27,73	2,5	275,9	28,9	8,10	4,10	0,00	0,00	13,03	13,03	13,03	100	0	1
AMS	4	7,97	0,08	27,30	1,6	205,8	25,9	8,10	4,40	0,00	0,00	13,14	13,14	13,14	100	0	1
AMS	5	8,39	0,12	27,73	2,3	110,7	29,6	9,10	3,50	0,00	0,00	13,01	13,01	13,01	100	0	1
Média		8,11	0,10	29,18	2,51	213,79	30,41	8,30	4,16	0,00	0,00	13,14	13,14	13,14	100	0	1
AMC	1	8,38	0,12	25,17	2,1	160,7	139,4	9,10	0,90	0,00	0,00	11,02	11,02	11,02	100	0	6
AMC	2	8,33	0,09	24,31	1,3	85,2	169,3	8,60	2,60	0,00	0,00	12,15	12,15	12,15	100	0	6
AMC	3	8,33	0,10	26,02	1,7	120,7	44,8	8,60	2,30	0,00	0,00	11,40	11,40	11,40	100	0	2
AMC	4	8,30	0,12	31,57	3,5	225,8	24,6	10,60	2,00	0,00	0,00	13,28	13,28	13,28	100	0	1
AMC	5	8,31	0,14	25,17	3,0	155,7	84,5	9,80	1,80	0,00	0,00	12,37	12,37	12,37	100	0	3
Média		8,33	0,11	26,45	2,32	149,62	92,52	9,34	1,92	0,00	0,00	12,05	12,05	12,05	100	0	3
AMN	1	8,31	0,11	29,01	2,7	270,9	34,6	8,40	3,00	0,00	0,00	12,24	12,24	12,24	100	0	1
AMN	2	8,33	0,12	26,87	3,1	210,8	49,8	9,00	3,80	0,00	0,00	13,56	13,56	13,56	100	0	2
AMN	3	8,05	0,16	30,71	3,5	330,9	30,9	11,10	3,20	0,00	0,00	15,28	15,28	15,28	100	0	1
AMN	4	8,31	0,09	32,84	4,3	275,9	42,8	11,10	2,40	0,00	0,00	14,39	14,39	14,39	100	0	1
AMN	5	8,26	0,11	38,82	2,5	130,7	74,5	10,10	1,90	0,00	0,00	12,66	12,66	12,66	100	0	3
Média		8,25	0,12	31,65	3,24	243,83	46,52	9,94	2,86	0,00	0,00	13,63	13,63	13,63	100	0	2

^{1/} AMS - Área de caatinga em manejo sustentável; AMC - Área de caatinga em manejo convencional; AMN - Área de mata nativa

Tabela 5A – Resultados da análise da fertilidade dos solos no horizonte de 20 - 40 cm.

Identificação	Bloco	pH	CE	MOS	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	t	CTC	V	m	PST
		(água)	(dS m ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	-----	(mg dm ⁻³)	-----	-----	-----	-----	-----	(cmol _c dm ⁻³)	-----	-----	-----	-----	(%)
		Profundidade 20 a 40 cm															
AMS ¹	1	8,61	0,07	17,49	2,0	90,2	22,9	11,10	3,40	0,00	0,00	14,83	14,83	14,83	100	0	1
AMS	2	8,41	0,09	19,20	1,6	180,7	32,9	9,60	3,90	0,00	0,00	14,11	14,11	14,11	100	0	1
AMS	3	8,32	0,12	18,77	2,7	18,1	32,9	8,30	5,20	0,00	0,00	13,69	13,69	13,69	100	0	1
AMS	4	8,34	0,10	23,89	3,0	220,8	96,7	10,10	3,90	0,00	0,00	14,99	14,99	14,99	100	0	3
AMS	5	8,37	0,11	18,34	2,7	275,9	43,8	9,10	3,90	0,00	0,00	13,90	13,90	13,90	100	0	1
Média		8,41	0,10	19,54	2,38	157,15	45,84	9,64	4,06	0,00	0,00	14,30	14,30	14,30	100	0	1
AMC	1	8,46	0,12	18,34	1,0	35,1	33,9	10,40	0,60	0,00	0,00	11,24	11,24	11,24	100	0	1
AMC	2	8,47	0,10	17,49	3,3	31,1	24,9	8,60	3,00	0,00	0,00	11,79	11,79	11,79	100	0	1
AMC	3	8,33	0,17	17,06	0,9	100,2	90,8	8,70	2,80	0,00	0,00	12,15	12,15	12,15	100	0	3
AMC	4	8,35	0,15	19,20	2,0	44,2	89,5	8,10	2,90	0,00	0,00	11,50	11,50	11,50	100	0	3
AMC	5	8,45	0,45	21,33	1,1	34,1	49,8	9,60	2,60	0,00	0,00	12,50	12,50	12,50	100	0	2
Média		8,41	0,20	18,68	1,66	48,97	57,76	9,08	2,38	0,00	0,00	11,84	11,84	11,84	100	0	2
AMN	1	8,64	0,08	15,78	2,5	62,2	134,4	9,20	3,00	0,00	0,00	12,94	12,94	12,94	100	0	5
AMN	2	8,51	0,10	20,05	1,3	56,2	99,7	10,60	2,90	0,00	0,00	14,08	14,08	14,08	100	0	3
AMN	3	8,11	0,20	26,02	3,8	130,7	32,9	12,40	2,60	0,00	0,00	15,48	15,48	15,48	100	0	1
AMN	4	8,43	0,11	28,58	3,7	140,7	86,8	12,10	2,50	0,00	0,00	15,34	15,34	15,34	100	0	2
AMN	5	8,47	0,11	23,89	1,3	35,1	42,8	8,70	3,70	0,00	0,00	12,68	12,68	12,68	100	0	1
Média		8,43	0,12	22,86	2,51	84,97	79,32	10,60	2,94	0,00	0,00	14,10	14,10	14,10	100	0	2

^{1/} AMS - Área de caatinga em manejo sustentável; AMC - Área de caatinga em manejo convencional; AMN - Área de mata nativa

Tabela 6A – Análise da variância referente ao estudo da areia grossa em função das áreas e profundidades

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	0.003267	0.001633	1.247 ^{ns}
PROF	1	0.000208	0.000208	0.159 ^{ns}
AREA*PROF	2	0.000152	0.000076	0.058 ^{ns}
REP	4	0.007663	0.001916	1.463
Erro	20	0.026188	0.001309	
Total corrigido	29	0.037477		

CV (%) = 61.78

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 7A – Análise da variância referente ao estudo da areia fina em função das áreas e profundidades

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	0.045055	0.022527	7.457 ^{**}
PROF	1	0.000513	0.000513	0.170 ^{ns}
AREA*PROF	2	0.000448	0.000224	0.074 ^{ns}
REP	4	0.018259	0.004565	1.511
Erro	20	0.060416	0.003021	
Total corrigido	29	0.124691		

CV (%) = 56.16

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 8A – Análise da variância referente ao estudo da areia total em função das áreas e profundidades

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	0.024122	0.012061	2.263 ^{ns}
PROF	1	0.000077	0.000077	0.014 ^{ns}
AREA*PROF	2	0.000480	0.000240	0.045 ^{ns}
REP	4	0.040298	0.010074	1.890
Erro	20	0.106598	0.005330	
Total corrigido	29	0.171575		

CV (%) = 46.66

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 9A – Análise da variância referente ao estudo do silte em função das áreas e profundidades

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	0.072714	0.036357	17.027**
PROF	1	0.001401	0.001401	0.656 ^{ns}
AREA*PROF	2	0.001210	0.000605	0.283 ^{ns}
REP	4	0.004135	0.001034	0.484
Erro	20	0.042704	0.002135	
Total corrigido	29	0.122165		

CV (%) = 16.98

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 10A – Análise da variância referente ao estudo da argila em função das áreas e profundidades

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	0.022197	0.011099	5.624*
PROF	1	0.002117	0.002117	1.073 ^{ns}
AREA*PROF	2	0.001059	0.000530	0.268 ^{ns}
REP	4	0.029339	0.007335	3.716
Erro	20	0.039472	0.001974	
Total corrigido	29	0.094183		

CV (%) = 7.77

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 11A – Análise da variância referente ao estudo da relação silte/argila em função das áreas e profundidades

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	0.385980	0.192990	25.313**
PROF	1	0.013230	0.013230	1.735 ^{ns}
AREA*PROF	2	0.010260	0.005130	0.673 ^{ns}
REP	4	0.022880	0.005720	0.750
Erro	20	0.152480	0.007624	
Total corrigido	29	0.584830		

CV (%) = 18.08

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 12A – Análise da variância referente ao estudo da densidade do solo em função das áreas e profundidades

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	0.338060	0.169030	47.686**
PROF	1	0.002083	0.002083	0.588 ^{ns}
AREA*PROF	2	0.000647	0.000323	0.091 ^{ns}
REP	4	0.029947	0.007487	2.112
Erro	20	0.070893	0.003545	
Total corrigido	29	0.441630		

CV (%) = 5.76

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 13A – Análise da variância referente ao estudo da densidade de partículas em função das áreas e profundidades

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	0.202487	0.101243	3.798*
PROF	1	0.001613	0.001613	0.061 ^{ns}
AREA*PROF	2	0.034487	0.017243	0.647 ^{ns}
REP	4	0.095120	0.023780	0.892
Erro	20	0.533080	0.026654	
Total corrigido	29	0.866787		

CV (%) = 7.30

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 14A – Análise da variância referente ao estudo da porosidade total em função das áreas e profundidades

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	0.032720	0.016360	6.726**
PROF	1	0.000563	0.000563	0.232 ^{ns}
AREA*PROF	2	0.002987	0.001493	0.614 ^{ns}
REP	4	0.019113	0.004778	1.965
Erro	20	0.048647	0.002432	
Total corrigido	29	0.104030		

CV (%) = 9.18

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 15A - Análise da variância referente ao estudo da umidade em função das áreas e profundidades

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	0.016380	0.008190	20.339**
PROF	1	0.004320	0.004320	10.728**
AREA*PROF	2	0.001580	0.000790	1.962 ^{ns}
REP	4	0.000987	0.000247	0.613
Erro	20	0.008053	0.000403	
Total corrigido	29	0.031320		

CV (%) = 11.40

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 16A - Análise da variância referente ao estudo da resistência mecânica a penetração em função das áreas e profundidades

FV	GL	SQ	QM	Fc
TRAT	2	12341389.754333	6170694.877167	7.589**
PROF	3	47194927.318000	15731642.439333	19.346**
TRAT*PROF	6	4633507.331000	772251.221833	0.950 ^{ns}
REP	4	23956417.100667	5989104.275167	7.365
Erro	44	35778905.903333	813156.952348	
Total corrigido	59	123905147.407333		

CV (%) = 53.16

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 17A - Análise da variância referente ao estudo do pH em função das áreas e profundidades

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	0.065007	0.032503	1.598 ^{ns}
PROF	1	0.261333	0.261333	12.852**
AREA*PROF	2	0.058487	0.029243	1.438 ^{ns}
REP	4	0.087047	0.021762	1.070
Erro	20	0.406673	0.020334	
Total corrigido	29	0.878547		

CV (%) = 1.71

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 18A - Análise da variância referente ao estudo da condutividade elétrica (CE) em função das áreas e profundidades

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	0.015727	0.007863	2.137 ^{ns}
PROF	1	0.005333	0.005333	1.449 ^{ns}
AREA*PROF	2	0.012407	0.006203	1.686 ^{ns}
REP	4	0.023880	0.005970	1.622
Erro	20	0.073600	0.003680	
Total corrigido	29	0.130947		

CV (%) = 48.40

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 19A - Análise da variância referente ao estudo da matéria orgânica (MOS) do solo em função das áreas e profundidade

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	112.062447	56.031223	5.721*
PROF	1	571.684053	571.684053	58.367**
AREA*PROF	2	4.420087	2.210043	0.226 ^{ns}
REP	4	79.561020	19.890255	2.031
Erro	20	195.894580	9.794729	
Total corrigido	29	963.622187		

CV (%) = 12.66

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 20A - Análise da variância referente ao estudo do fósforo (P) do solo em função das áreas e profundidade

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	3.882207	1.941103	2.542 ^{ns}
PROF	1	1.895053	1.895053	2.481 ^{ns}
AREA*PROF	2	0.539647	0.269823	0.353 ^{ns}
REP	4	2.799580	0.699895	0.916
Erro	20	15.273860	0.763693	
Total corrigido	29	24.390347		

CV (%) = 35.88

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 21A - Análise da variância referente ao estudo do potássio (K⁺) do solo em função das áreas e profundidade

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	40363.757287	20181.878643	4.390*
PROF	1	83289.190613	83289.190613	18.117**
AREA*PROF	2	13143.431047	6571.715523	1.429 ^{ns}
REP	4	15741.472553	3935.368138	0.856
Erro	20	91944.951087	4597.247554	
Total corrigido	29	244482.802587		

CV (%) = 45.29

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 22A - Análise da variância referente ao estudo do sódio (Na⁺) do solo em função das áreas e profundidade

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	7113.201387	3556.600693	2.533 ^{ns}
PROF	1	151.245653	151.245653	0.108 ^{ns}
AREA*PROF	2	6153.361147	3076.680573	2.192 ^{ns}
REP	4	2479.263167	619.815792	0.441
Erro	20	28078.238713	1403.911936	
Total corrigido	29	43975.310067		

CV (%) = 63.80

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 23A - Análise da variância referente ao estudo do cálcio (Ca²⁺) do solo em função das áreas e profundidade

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	9.570667	4.785333	3.696**
PROF	1	2.523000	2.523000	1.948 ^{ns}
AREA*PROF	2	3.224000	1.612000	1.245 ^{ns}
REP	4	3.166667	0.791667	0.611
Erro	20	25.897333	1.294867	
Total corrigido	29	44.381667		

CV (%) = 12.00

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 24A - Análise da variância referente ao estudo do magnésio (Mg^{2+}) do solo em função das áreas e profundidade

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	19.560667	9.780333	25.763**
PROF	1	0.161333	0.161333	0.425 ^{ns}
AREA*PROF	2	0.408667	0.204333	0.538 ^{ns}
REP	4	4.091333	1.022833	2.694
Erro	20	7.592667	0.379633	
Total corrigido	29	31.814667		

CV (%) = 20.18

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 25A - Análise da variância referente ao estudo do alumínio (Al^{3+}) do solo em função das áreas e profundidade

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	0.00000000E+0000	0.00000000E+0000	1.0E+0009 ^{ns}
PROF	1	0.00000000E+0000	0.00000000E+0000	1.0E+0009 ^{ns}
AREA*PROF	2	0.00000000E+0000	0.00000000E+0000	1.0E+0009 ^{ns}
REP	4	0.00000000E+0000	0.00000000E+0000	1.0E+0009
Erro	20	0.00000000E+0000	0.00000000E+0000	
Total corrigido	29	0.000000		

CV (%) = 0.00

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 26A - Análise da variância referente ao estudo da acidez potencial ($H+Al$) do solo em função das áreas e profundidade

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	0.00000000E+0000	0.00000000E+0000	1.0E+0009 ^{ns}
PROF	1	0.00000000E+0000	0.00000000E+0000	1.0E+0009 ^{ns}
AREA*PROF	2	0.00000000E+0000	0.00000000E+0000	1.0E+0009 ^{ns}
REP	4	0.00000000E+0000	0.00000000E+0000	1.0E+0009
Erro	20	0.00000000E+0000	0.00000000E+0000	
Total corrigido	29	0.000000		

CV (%) = 0.00

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 27A - Análise da variância referente ao estudo da soma de bases (SB) do solo em função das áreas e profundidade

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	22.994407	11.497203	17.560**
PROF	1	1.718413	1.718413	2.625 ^{ns}
AREA*PROF	2	2.359847	1.179923	1.802 ^{ns}
REP	4	5.400513	1.350128	2.062
Erro	20	13.094967	0.654748	
Total corrigido	29	45.568147		
CV (%) = 6.14				

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 28A - Análise da variância referente ao estudo da capacidade de troca de cátions (CTC) do solo em função das áreas e profundidade

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	22.994407	11.497203	17.560**
PROF	1	1.718413	1.718413	2.625 ^{ns}
AREA*PROF	2	2.359847	1.179923	1.802 ^{ns}
REP	4	5.400513	1.350128	2.062
Erro	20	13.094967	0.654748	
Total corrigido	29	45.568147		
CV (%) = 6.14				

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 29A - Análise da variância referente ao estudo da saturação por bases (V) do solo em função das áreas e profundidade

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	0.00000000E+0000	0.00000000E+0000	1.0E+0009 ^{ns}
PROF	1	0.00000000E+0000	0.00000000E+0000	1.0E+0009 ^{ns}
AREA*PROF	2	0.00000000E+0000	0.00000000E+0000	1.0E+0009 ^{ns}
REP	4	0.00000000E+0000	0.00000000E+0000	1.0E+0009
Erro	20	0.00000000E+0000	0.00000000E+0000	
Total corrigido	29	0.000000		
CV (%) = 0.00				

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 30A - Análise da variância referente ao estudo da saturação por alumínio (m) do solo em função das áreas e profundidade

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	0.000000000E+0000	0.00000000E+0000	1.0E+0009 ^{ns}
PROF	1	0.000000000E+0000	0.00000000E+0000	1.0E+0009 ^{ns}
AREA*PROF	2	0.000000000E+0000	0.00000000E+0000	1.0E+0009 ^{ns}
REP	4	0.000000000E+0000	0.00000000E+0000	1.0E+0009
Erro	20	0.000000000E+0000	0.00000000E+0000	
Total corrigido	29	0.000000		
CV (%) = 0.00				

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.

Tabela 31A - Análise da variância referente ao estudo da porcentagem de sódio trocável (PST) do solo em função das áreas e profundidade

FV	GL	SQ	QM	Fc
AREA	2	12.800000	6.400000	3.299 ^{ns}
PROF	1	0.133333	0.133333	0.069 ^{ns}
AREA*PROF	2	8.266667	4.133333	2.131 ^{ns}
REP	4	4.000000	1.000000	0.515
Erro	20	38.800000	1.940000	
Total corrigido	29	64.000000		
CV (%) = 69.64				

^{1/} ** - Significativo ao nível de 1%;

^{2/} * - Significativo ao nível de 5%;

^{3/} ns - Não significativo.