



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

ELIZABEL LEMOS DE ARAÚJO

**ESTOQUE DE CARBONO EM ÁREAS DE AGRICULTURA FAMILIAR NA
MESORREGIÃO OESTE POTIGUAR**

MOSSORÓ

2020

ELIZABEL LEMOS DE ARAÚJO

**ESTOQUE DE CARBONO EM ÁREAS DE AGRICULTURA FAMILIAR NA
MESORREGIÃO OESTE POTIGUAR**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Campus Mossoró como requisito para
obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Carolina Malala
Martins Souza

MOSSORÓ

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

A658e Araújo, Elizabel Lemos de.
 ESTOQUE DE CARBONO EM ÁREAS DE
 AGRICULTURA FAMILIAR NA MESORREGIÃO OESTE
 POTIGUAR / Elizabel Lemos de Araújo. - 2020.
 46 f. : il.

Orientadora: Carolina Malala Martins Souza. Monografia
(graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2020.

1. Matéria orgânica do solo. 2. Semiárido. 3. Adubação orgânica.
4. Caráter eutrófico. I. Malala Martins Souza, Carolina, orient. II.
Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas

da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

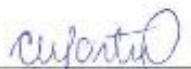
ELIZABEL LEMOS DE ARAÚJO

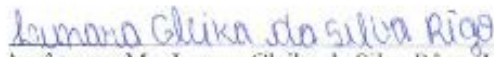
**ESTOQUE DE CARBONO EM ÁREAS DE AGRICULTURA FAMILIAR NA
MESORREGIÃO OESTE POTIGUAR**

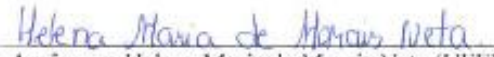
Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Campus Mossoró como requisito para
obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Defendida em: 06 / 02 / 2020.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Carolina Malala Martins Souza (UFERSA)
Presidente


Eng. Agrônoma Ma. Lunara Gileika da Silva Rêgo (UFERSA)
Primeiro Membro Examinador


Eng. Agrônoma Helena Maria de Moraes Neta (UFERSA)
Segundo Membro Examinador

*Ao meu avô Manoel Flor de Araújo
(in memoriam).
Com ternura.
Ofereço.*

*Aos meus pais, Cicera Barbosa e Eleonildo.
A minha irmã, Lúcia Kamila.
Aos meus avós, Ernandes, Lúcia e Luiza.
Aos meus familiares e amigos.
Com amor.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar em todos os caminhos, me enchendo de força, saúde e sabedoria para vencer cada nova etapa que surge em minha vida.

Aos meus pais, Cicera e Eleonildo, que nunca mediram esforços para a concretização do meu sonho, sempre acreditando em mim. Obrigada por todo amor, cuidado, incentivo e apoio incondicional, essa vitória eu dedico a vocês.

A minha irmã, Lúcia Kamila, obrigada por toda união, cumplicidade e amor.

A todos os familiares que direto ou indiretamente contribuíram para essa realização. Em especial a madrinha Lúcia, padrinho Ernandes, madrinha Marta, Marcos, Ezequiel, Andreza e José Neto. Obrigada por entender minha ausência e sempre, mesmo de longe, se mantiveram presentes. Minha eterna gratidão!

Aos irmãos que a vida me deu, Matheus Rodrigues e Santiago Alves, pessoas que conviveram comigo nessa longa jornada. Um agradecimento especial a Matheus que, além de dividir a rotina em casa, também compartilhamos a jornada de laboratório por quase dois anos. Sei que posso compartilhar conversas, alegrias, tristezas e desabafos, pois sei que terei sempre o seu apoio e esse talvez seja o segredo para anos de amizade.

A minha orientadora Prof^a Carolina Malala, que me acolheu como filha em seu grupo de pesquisa e me ajudou com muito amor e profissionalismo na conclusão deste trabalho. Sou grata por todo ensinamento, ajuda, atenção, confiança, dedicação e exemplo de profissional.

Aos meus amigos do LABQMS, Lunara Gleika, Matheus Rodrigues, Rebeca Almeida, Gilson Dias, Alice Alves, João Luiz, Wagner e Pedro Ribeiro, que me ajudaram na realização das análises, a ajuda de cada um de vocês foi indispensável para conclusão desse trabalho. Em especial a Matheus e Lunara, por toda paciência e por me socorrer nesses últimos meses.

Aos amigos que levarei para vida, Matheus Rodrigues, Gerlânia, Sabrina, Rosinha, Rebeca, e aqueles na qual o nome não foi citado, mas me acompanharam nessa jornada. Minha gratidão a vocês pela força e companheirismo.

Ao meu amigo, Lucas Bernardo, que sempre esteve pronto pra ouvir minhas crises de desespero e que também sempre vibrou comigo minhas alegrias.

Aos amigos da turma de Agronomia, pelas conversas, conhecimentos compartilhados e noites de estudos.

Aos técnicos do LASAP, Antônio, Valdete e Paula, por todo ensinamento e ajuda durante os trabalhos no laboratório de solos.

Aos professores do curso de Agronomia da UFERSA, que contribuíram grandemente para minha formação profissional.

À UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO – UFERSA, por toda oportunidade de vivência, aprendizagem pessoal e profissional durante minha graduação. Por fim, agradeço aqueles que não foram mencionados, mas de alguma forma contribuíram para minha formação acadêmica ao longo desses anos.

RESUMO

A agricultura familiar é um importante pilar para a economia brasileira, atribuindo papel fundamental na produção de alimentos e na geração de empregos. A matéria orgânica do solo (MOS) é um atributo que apresenta alta sensibilidade ao manejo do solo e dos cultivos agrícolas. Com isto, o estoque de carbono tem sido uma ferramenta eficiente na indicação da qualidade do sistema de uso e manejo do solo aplicado, por meio da quantificação do C fixado ao solo. Deste modo, objetivou-se com esse trabalho estimar os estoques de carbono de solos com diferentes usos agrícolas, em áreas de agricultura familiar, inseridos na Mesorregião Oeste Potiguar, bem como realizar a caracterização física e química dos solos destas áreas. Foram selecionados para o estudo cinco municípios inseridos no Agropólo Mossoró-Assú: Baraúna, Mossoró, Upanema, Serra do Mel e Gov. Dix-Sept Rosado, onde foram realizadas coletas em duas áreas por município nas profundidades de 0,0 – 0,1 e 0,10 – 0,20 m para realização das análises. As análises físicas realizadas foram granulometria e densidade do solo; e as análises químicas foram pH em água, condutividade elétrica, fósforo disponível, bases trocáveis, alumínio trocável, acidez potencial e carbono orgânico total para determinação do estoque de carbono. Foram utilizadas técnicas de análise multivariada para interpretação dos resultados obtidos. As áreas apresentaram textura variando entre arenosa e argilosa. A área manejada H1 foi a que apresentou os menores valores de densidade (0,8 e 0,9 g cm⁻³), e as demais áreas apresentaram valores maiores de densidade. A área que apresentou maior estoque foi com uso de hortaliças e manejo agroecológico (H1), e os menores estoques de C foram observados nas áreas de melancia, banana e macaxeira, podendo estar associado as condições do solo, seu manejo e condições do meio no qual está inserido. Foram formados 3 grupos de acordo com a análise de componentes principais, agrupando as áreas de consórcio mamão/melancia e milho/abóbora no grupo 1, os monocultivos banana e macaxeira no grupo 2 e melancia, tomate, hortaliças e pastagem no grupo 3. As demais áreas apresentaram-se isoladas no diagrama de projeção dos fatores 1 e 2. Os atributos que mais influenciaram para a distinção das áreas foram: areia, silte, argila, densidade do solo, cálcio, sódio, potássio, CTC, estoque de carbono, pH e saturação por bases. As áreas manejadas que mais se assemelham as matas nativas são as áreas com uso de adubação orgânica. Os estoques de C nas áreas variam conforme o manejo adotado e apresentam valores maiores em áreas com hortaliças cultivadas com adubação orgânica e menores em áreas de monocultivo com uso de adubação inorgânica e aplicação de defensivos agrícolas. Os atributos físicos e químicos variam de acordo com o tipo de solo e o manejo aplicado. Nas áreas de estudo há desde solos arenosos a muito argilosos, de alta e baixa densidade, assim como, solos ricos e pobres em P e bases trocáveis, com reação fracamente ácida, neutra e alcalina.

Palavras-chaves: Matéria orgânica do solo. Semiárido. Adubação orgânica. Caráter eutrófico.

ABSTRACT

“Family Agriculture” is an important pillar for the Brazilian economy, assigning a fundamental role in food production and job creation. Soil organic matter (MOS) is an attribute that presents high sensitivity to the management of soil and agricultural crops. With this, the carbon stock has been an efficient tool in indicating the quality of the applied soil use and management system, by quantifying the C fixed to the soil. In this way, the objective of this work was to estimate the carbon stocks of soils with different agricultural uses, in areas of family agriculture, inserted in the Mesoregion Oeste Potiguar, as well as to carry out the physical and chemical characterization of the soils of these areas. Five municipalities in the Mossoró-Assú Agropólo were selected for the study: Baraúna, Mossoró, Upanema, Serra do Mel and Gov. Dix-Sept Rosado, where collections were carried out in two areas per municipality at depths of 0.0 - 0.1 and 0.10 - 0.20 m for the analysis. The physical analyzes performed were granulometry and soil density; and chemical analyzes were pH in water, electrical conductivity, available phosphorus, exchangeable bases, exchangeable aluminum, potential acidity and total organic carbon to determine the carbon stock. Multivariate analysis techniques were used to interpret the results obtained. The areas presented texture varying between sandy and clayey. The managed area H1 showed the lowest density values (0.8 and 0.9 g cm⁻³), and the other areas showed the highest density values. The area with the highest stock was the use of vegetables and agroecological management (H1), and the lowest C stocks were observed in the areas of watermelon, banana and manioc, which may be associated with soil conditions, management and environmental conditions in the area. which is inserted. Three groups were formed according to the main component analysis, grouping the areas of papaya / watermelon and corn / pumpkin in group 1, the monocultures banana and manioc in group 2 and watermelon, tomatoes, vegetables and pasture in group 3. other areas were isolated in the projection diagram of factors 1 and 2. The attributes that most influenced the distinction of areas were: sand, silt, clay, soil density, calcium, sodium, potassium, CTC, carbon stock, pH and base saturation. The managed areas that most resemble native forests are the areas with the use of organic fertilizer. The stocks of C in the areas vary according to the management adopted and present higher values in areas with vegetables grown with organic fertilization and lower in monoculture areas with the use of inorganic fertilization and application of pesticides. The physical and chemical attributes vary according to the type of soil and the management applied. The study areas range from sandy to very clayey, high and low density soils, as well as rich and poor P-soils and exchangeable bases, with weakly acidic, neutral and alkaline reaction.

Key words: Organic soil matter. Semiarid. Organic fertilization. Eutrophic character.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Áreas cultivadas com diferentes culturas.....	23
Figura 2	- Diagrama de ordenação dos componentes principais para as diferentes áreas manejadas na profundidade de 0 – 0,10 m.....	34
Figura 3	- Diagrama de projeção dos vetores dos atributos do solo das diferentes áreas manejadas na profundidade de 0 – 0,10 m.....	35
Figura 4	- Diagrama de ordenação dos componentes principais para as diferentes áreas manejadas na profundidade de 0,10 - 0,20 m.....	37
Figura 5	- Diagrama de projeção dos vetores dos atributos do solo das diferentes áreas manejadas na profundidade de 0,10 – 0,20 m.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Localização, tipo de cultura, manejo da área e classe de solo das áreas estudadas.....	22
Tabela 2	- Atributos físicos das áreas estudadas.....	28
Tabela 3	- Atributos químicos das áreas estudadas.....	30
Tabela 4	- Estoque de carbono nas áreas estudadas.....	32
Tabela 5	- Coeficientes de correlação dos componentes principais (Fatores 1 e 2) para os atributos do solo das diferentes áreas manejadas na profundidade de 0 – 0,10 m.....	36
Tabela 6	- Coeficientes de correlação dos componentes principais (Fatores 1 e 2) para os atributos do solo das diferentes áreas manejadas na profundidade de 0,10 – 0,20 m.....	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Agricultura familiar	15
2.2	Matéria orgânica do solo (MOS)	15
2.3	Estoque de carbono.....	17
3	HIPÓTESE	19
4	OBJETIVOS.....	20
4.1	Objetivo geral.....	20
4.2	Objetivos específicos	20
5	MATERIAL E MÉTODOS	21
5.1	Caracterização da área de estudo	21
5.2	Descrição e coleta dos perfis de solo.....	21
5.3	Análises físicas do solo.....	25
5.4	Análises químicas do solo	25
5.5	Análise estatística.....	26
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
6.1	Atributos físicos	27
6.2	Atributos químicos.....	29
6.3	Análise de componentes principais (ACP)	35
7	CONCLUSÃO	42
	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

A agricultura familiar consiste na produção de alimentos tradicionais e de grande variedade de produtos, o que difere das grandes propriedades rurais. É um importante pilar para a economia brasileira, principalmente no contexto agropecuário, atribuindo-lhe papel fundamental na produção de alimentos e na geração de empregos. O Nordeste é a região brasileira que detém a maior parcela dos estabelecimentos agrícolas familiares do país, comparado-se com as demais regiões.

O solo organiza-se ao longo do tempo em uma estrutura bem definida pela sua composição granulométrica, química e atuação dos agentes biológicos, subordinados às condições ambientais em que o mesmo está inserido. A conversão da condição natural para agricultura convencional impõe mudanças drásticas nessa estabilidade, refletindo-se na perda da matéria orgânica e dos agregados mais complexos. Contudo, a adoção de práticas conservacionistas baseadas no mínimo revolvimento, no correto manejo de resíduos e na inclusão de gramíneas perenes na rotação de culturas pode prevenir a degradação da matéria orgânica (BAYER et al., 2006) e manter ou recuperar a estrutura do solo (HAYNES & BEARE, 1996).

A matéria orgânica do solo (MOS) é um atributo que apresenta alta sensibilidade ao manejo do solo e dos cultivos agrícolas. Com a extensão da fronteira agrícola, a qual ocasiona a remoção da vegetação nativa, por meio da mecanização intensiva e o uso de práticas de manejo inadequadas, alteram-se os atributos edáficos. Estas consequências levam a degradação do solo, reduzindo a produtividade, principalmente devido aos processos erosivos em conjunto a redução do conteúdo de nutrientes e da matéria orgânica, podendo decorrer problemas de ordem ecológica, econômica e social (GAZOLLA et al., 2015).

Dentre as diferentes avaliações da MOS, atualmente tem se obtido o Estoque de Carbono, que é uma ferramenta eficiente na indicação da qualidade do sistema de uso e manejo do solo aplicado, por meio da quantificação do carbono (C fixado ao solo. Estudos que envolvem o estoque de C em áreas com baixo nível de tecnificação, como é o caso das áreas com agricultura familiar, são escassos. Tais avaliações podem indicar que o manejo conservacionista, normalmente utilizado nestas áreas, estoca mais C no solo e, conseqüentemente, reduza o impacto da emissão de gases de efeito estufa, promovendo o manejo sustentável do solo.

Os estoques são obtidos pela multiplicação da concentração do dado analítico de carbono orgânico total (COT), pela densidade aparente da camada do solo e pela espessura da camada (cm). Os estoques de carbono no solo variam em função do tipo de solo, profundidade, clima, bioma e, principalmente, uso e manejo da terra. A densidade da camada é fundamental na comparação dos estoques entre diferentes tipos de solo, ao longo do tempo, ou sob diversos usos. Solos com a mesma concentração de carbono, mas com diferentes densidades aparentes, têm estoques de carbono diferentes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AGRICULTURA FAMILIAR

A agricultura familiar é um termo utilizado para caracterizar as unidades de produção rural, estruturadas no trabalho familiar, que se identificam pela relação entre terra, trabalho e família. Esse segmento produtivo recebeu várias definições, sendo caracterizada como agricultura de subsistência, de pequena produção e pobreza rural. Somente a partir dos trabalhos de Guanziroli e Cardim (2000), com o Novo Retrato da Agricultura Familiar Redescoberto, que se percebeu o quanto o segmento é importante para o desenvolvimento do país (GUANZIROLI et al., 2011), sendo reconhecido pela sua categoria social e produtiva.

Normalmente, a agricultura familiar está inserida em um contexto de cadeia produtiva menos tecnológica, com pouco acesso a orientações de cunho técnico e/ou pouco incentivo de políticas públicas para investimento. Com isto, a atividade agrícola nas áreas de agricultura familiar pode apresentar técnicas de uso menos intenso do solo, seja por falta de recursos financeiros que possam oferecer mais tecnologia ao produtor, seja por falta de acesso informação técnica. Desta forma, a avaliação dos diferentes manejos adotados nestas áreas pode trazer soluções de respaldo social, ambiental e econômico.

O segmento dessa agricultura vem contribuindo para o desenvolvimento social e para equilibrar o país (DAMASCENO et al., 2011), pois além de fator redutor do êxodo rural e fonte de recursos para as famílias de menor renda, com seus inúmeros agricultores é um setor em crescimento e que tem bastante relevância para o país. Esse segmento de produção é o principal responsável pela geração dos alimentos que são disponibilizados para o consumo da população do país e também de grande importância pela absorção de emprego, sendo constituído por pequenos produtores rurais, povos e comunidades tradicionais, assentados da reforma agrária, silvicultores, aquicultores, extrativistas e pescadores.

2.2 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO (MOS)

A matéria orgânica do solo (MOS) pode ser definida como todo material vivo, como por exemplo, os microrganismos que compõem a massa microbiana do solo; ou morto como, por exemplo, os restos mortais de quaisquer vegetais, animais e organismos do solo presente na superfície, ou incorporado ao solo, nos mais diferentes estágios de decomposição. De

acordo Guerra et al. (2008), a MOS apresenta-se como um sistema complexo de substâncias, cuja dinâmica é governada pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e por uma transformação contínua sob ação de fatores biológicos, químicos e físicos. A MOS tem o poder de influenciar positivamente as características físicas, químicas e biológicas do solo, sendo assim um fator determinante na qualidade do mesmo. Isso significa que a matéria orgânica “segura” os nutrientes no solo e reduz suas perdas por lixiviação, devido irrigações ou precipitações excessivas. O teor de MOS é muito sensível em relação às práticas de manejo, e é determinado pela ação de atividades humanas, pelos fatores climáticos e pela cobertura vegetal de uma área.

A matéria orgânica é fonte de nutrientes para as plantas, fornecendo tanto macro quanto micronutrientes, pois, eles fazem parte da estrutura dos tecidos vegetais e animais que compõem a matéria orgânica. Vale destacar que a matéria orgânica (MO) fornece principalmente: Carbono (C), Hidrogênio (H), Oxigênio (O), Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Enxofre (S). Outro benefício é o aumento da capacidade de troca de cátions do solo (CTC), que é principalmente importante no caso de solos arenosos e muito intemperados, e aumenta a disponibilidade do fósforo.

Sob condições nativas, o solo organiza-se ao longo do tempo em uma estrutura bem definida pela sua composição granulométrica, química e atuação dos agentes biológicos, subordinados às condições ambientais em que o mesmo está inserido. A conversão da condição natural para agricultura convencional impõe mudanças drásticas nessa estabilidade, refletindo-se na perda da matéria orgânica e dos agregados mais complexos, representados pelos macroagregados estáveis em água. Contudo, a adoção de práticas conservacionistas baseadas no mínimo revolvimento, no correto manejo de resíduos e na inclusão de gramíneas perenes na rotação de culturas pode prevenir a degradação da matéria orgânica (BAYER et al., 2006) e manter ou recuperar a estrutura do solo (HAYNES & BEARE, 1996). Portanto, além das características intrínsecas do solo (textura e mineralogia), as práticas de manejo agrícola interferem diretamente na formação dos agregados do solo, por influenciarem a dinâmica da matéria orgânica (ZANATTA et al., 2007), a atividade dos microrganismos (VARGAS & SCHOLLES, 2000) e o desenvolvimento das raízes das plantas (LI et al., 2006).

2.3 ESTOQUE DE CARBONO

No âmbito das mudanças climáticas globais, o solo e suas formas de uso estão em foco, sobretudo no que se refere à agricultura. Os solos agrícolas podem atuar como dreno ou fonte de gases de efeito estufa (GEE), dependendo do sistema de manejo a que forem submetidos (IPCC, 2001). O solo é um grande reservatório de carbono, mas o seu uso intensivo e de forma desregulada libera dióxido de carbono (CO_2) estocado. Este representa um importante componente no ciclo biogeoquímico do carbono, armazenando cerca de quatro vezes mais C que a biomassa vegetal e quase três vezes mais que a atmosfera (WATSON, 2001). Diversas áreas da região do Agropólo Mossoró-Assú com agricultura familiar utilizam práticas conservacionistas que podem reverter essa situação e agir como uma técnica de fixação de carbono.

De todo o C orgânico no solo, uma parte considerável encontra-se na forma de matéria orgânica. Entretanto, o material orgânico no solo é facilmente decomposto quando se realizam práticas de manejo não conservacionistas, causando agravamento no efeito estufa, devido à liberação de gases de efeito estufa (GEE), como (gás carbônico) CO_2 , metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) (CERRI et al., 2007). Por outro lado, o aumento do estoque de MOS é um processo lento e necessita de um manejo adequado, notadamente em regiões de clima tropical, onde a taxa de decomposição é mais acentuada devido às altas temperaturas e umidade do solo (SIX et al., 2002).

A MOS tem grande importância no fornecimento de nutrientes às plantas, retenção de cátions, complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, estabilidade da estrutura, infiltração e retenção de água, aeração, e na atividade microbiana, constituindo-se, assim, em um componente fundamental e determinante da capacidade produtiva de solos altamente intemperizados (SILVA & MENDONÇA, 2007).

Os estoques de carbono no solo variam em função do tipo de solo, profundidade, clima, bioma e, principalmente, uso e manejo da terra. Poucos estudos consideram os estoques a 1 m de profundidade (AMEZQUITA et al., 2005). Muitos autores avaliam os estoques somente na superfície do solo, até 30-40 cm, considerando que as variações em função das profundidades do preparo do solo e influência de raízes ocorrem principalmente até essa profundidade.

Os estoques são obtidos pela multiplicação da concentração do dado analítico de COT, expresso em massa por unidade de massa (em $\text{g C } 100 \text{ g}^{-1}$), pela densidade aparente da camada do solo, expressa em massa por volume (g cm^{-3} ou Mg m^{-3}), e pela espessura da camada (cm). A densidade da camada é fundamental na comparação dos estoques entre diferentes tipos de solo, ao longo do tempo, ou sob diversos usos. Solos com a mesma concentração de carbono, mas com diferentes densidades aparentes, têm estoques de carbono diferentes, (PARRON et al., 2015).

3 HIPÓTESE

Os estoques de carbono nas áreas de agricultura familiar variam de acordo com o manejo e cultura utilizados, sendo estoques maiores em áreas que apresentam práticas conservacionistas e menores em áreas que apresentam manejo convencional.

A caracterização química e física dos solos das áreas manejadas é influenciada pelo manejo adotado, sendo as características que indicam melhor qualidade diretamente relacionadas as práticas conservacionistas adotadas na área.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Objetivou-se com o presente trabalho estimar os Estoques de Carbono de solos com diferentes usos agrícolas, em áreas de agricultura familiar, inseridos na Mesorregião Oeste Potiguar, bem como realizar a caracterização física e química dos solos destas áreas.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar o teor de carbono orgânico total e a densidade do solo em duas profundidades nas áreas com diferentes usos agrícolas, em áreas de agricultura familiar, para estimativa do Estoque de C;
- Realizar a caracterização física e química dos solos em duas profundidades nas áreas com diferentes usos agrícolas, em áreas de agricultura familiar.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As áreas em estudo estão localizadas no estado do Rio Grande do Norte, mesorregião Oeste Potiguar, nos municípios de Baraúna, Mossoró, Upanema, Serra do Mel e Governador Dix-Sept Rosado, nas coordenadas geográficas 6° 38' 2" latitude Sul e 36° 16' 13" longitude Oeste, 5° 11' 17" latitude Sul e 37° 20' 39" longitude Oeste, 5° 38' 31" latitude Sul e 37° 15' 28" longitude Oeste, 5° 10' 12" longitude Sul e 37° 01' 46" longitude Oeste, 5° 27' 34" latitude Sul e 37° 31' 16" longitude Oeste, respectivamente.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na mesorregião é do tipo BSw'h', um clima árido caracterizado por ser seco e muito quente, com a estação chuvosa se atrasando para o outono, levando a dois períodos distintos: um de chuvas com duração aproximada de quatro meses, com maior precipitação situando-se entre março e abril, com média em torno de 677 mm por ano e a estiagem que corresponde aos demais meses do ano (AMARO FILHO, 1991; ALENCAR, 2002). O potencial de evapotranspiração é maior que as precipitações, atingindo valores entre 1.500 mm a 2.000 mm de médias anuais, promovendo um déficit hídrico. A temperatura média anual é de 28,5 °C, possuindo mínima de 22 °C e máxima de 35 °C (CHAGAS, 1997).

Na mesorregião há predomínio de vegetação do tipo caatinga hiperxerófila, que constitui uma vegetação de caráter mais seco, decíduo e com abundância de plantas de porte baixo (10 a 15 m), sendo uma vegetação típica do semiárido nordestino (IDEMA, 2007).

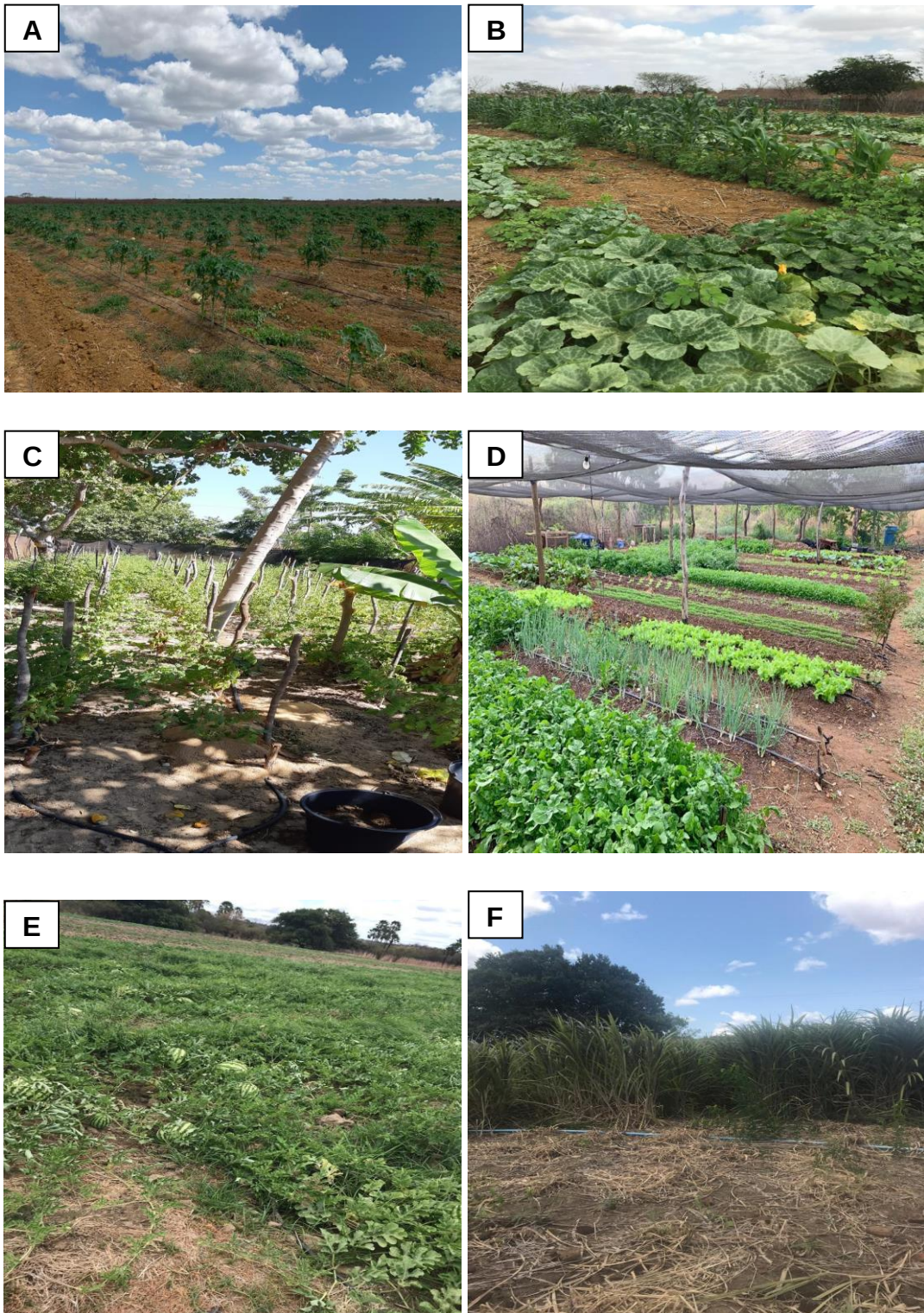
5.2 DESCRIÇÃO E COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO

Foram selecionados cinco municípios inseridos no Agropólo Mossoró-Assú (Mesorregião Oeste do Estado do Rio Grande do Norte) que contemplam áreas utilizadas com agricultura familiar (Tabela 1, Figura 1). Dentro de cada município, foram escolhidas duas áreas em função da representatividade dos solos ao longo de sua extensão territorial. Foram realizadas coletas de amostras deformadas e indeformadas (anel volumétrico) de modo a serem representativas da área manejada selecionada na profundidade de 0,0 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m. Sendo coletadas cinco amostras simples para compor uma amostra composta nas linhas de cultivo, repetindo-se três vezes a operação de forma equidistante nas linhas,

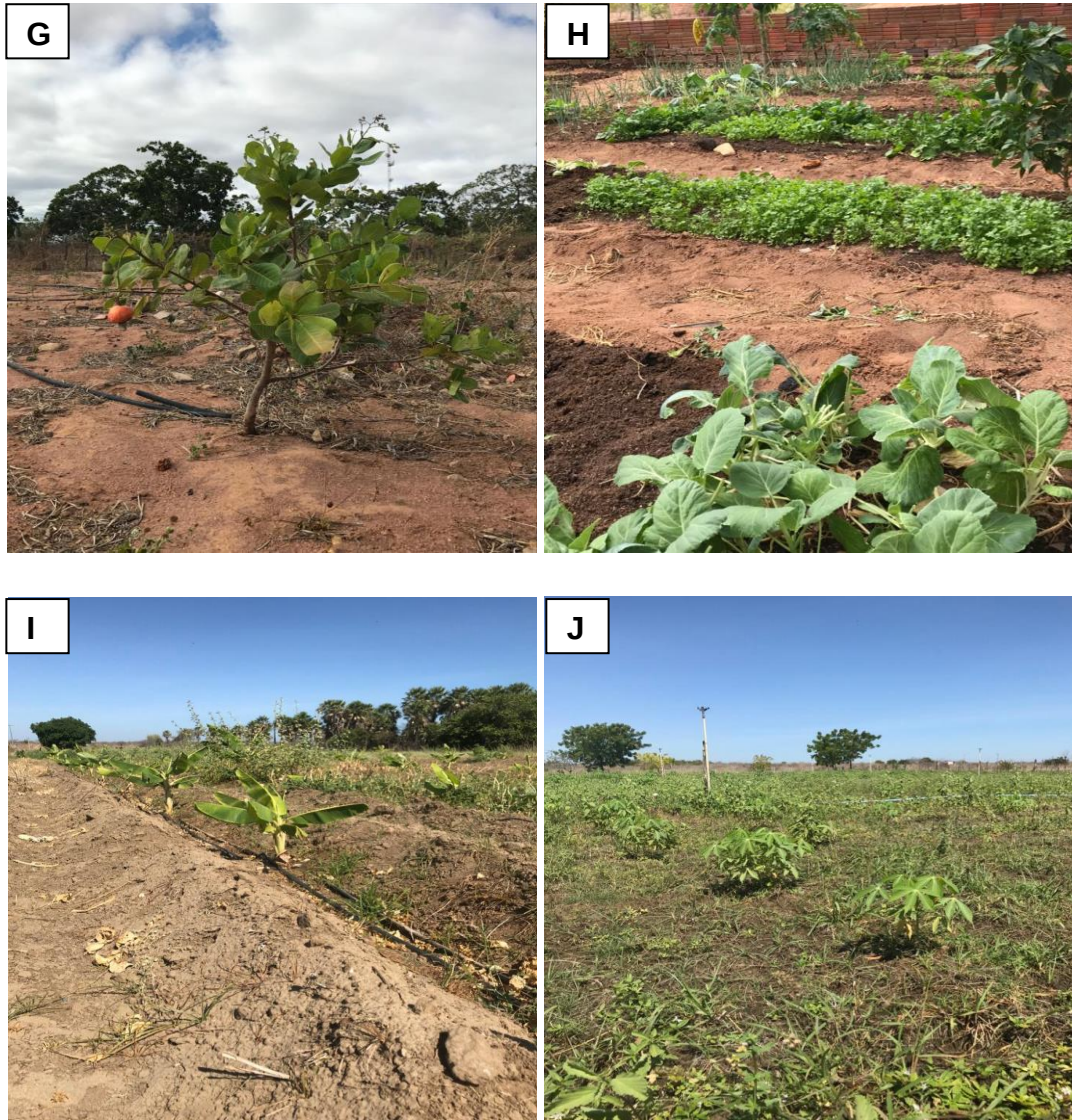
totalizando três amostras compostas ao final da coleta. Em cada área manejada também foi realizada a coleta de solo em área nativa adjacente com a finalidade de usá-las como referência. As amostras coletadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha, e obtido desta maneira, a terra fina seca ao ar (TFSA) para realização das análises físicas e químicas.

Tabela 1: Localização, tipo de cultura, manejo da área e classe de solo das áreas estudadas.

Município	Cultura	Manejo da Área	Classe de Solo (SiBCS, 2018)
Baraúna	Mamão e Melancia (MM)	Rotação de culturas, com adubação orgânica e inorgânica e irrigação por gotejamento.	Cambissolo
	Milho e Abóbora (MA)	Consórcio, sem adubação e irrigação por gotejamento.	
Mossoró	Tomate (T)	Rotação de culturas, com adubação orgânica e irrigação por gotejamento.	Cambissolo/ Latossolo
	Hortaliças I (H1)	Consórcio, com adubação orgânica e irrigação por gotejamento.	
Upanema	Melancia (M)	Monocultivo, com adubação inorgânica, utilização de defensivos agrícolas e irrigação por gotejamento.	Vertissolo
	Pastagem (P)	Monocultivo, com adubação inorgânica, utilização de defensivos agrícolas e irrigação por gotejamento.	
Serra do Mel	Frutíferas (F)	Consórcio, com adubação orgânica e irrigação por gotejamento.	Latossolo
	Hortaliças II (H2)	Consórcio, com adubação orgânica e irrigação por gotejamento.	
Gov. Dix-Sept Rosado	Banana (B)	Monocultivo, sem adubação e irrigação por aspersão.	Chernossolo
	Macaxeira (Mx)	Monocultivo, sem adubação e irrigação por aspersão.	



Fonte: Compilação do autor (2019)



Fonte: Compilação do autor (2019)

Figura 1. Áreas cultivadas com diferentes culturas. A: Área de rotação com mamão e melancia. B: Área de consórcio de milho e abóbora. C: Área de rotação com tomate cereja. D: Área de hortaliças. E: Área de melancia. F: Área de pastagem. G: Área de consórcio de frutíferas. H: Área de hortaliças. I: Área de banana. J: Área de macaxeira.

5.3 ANÁLISES FÍSICAS DO SOLO

As análises físicas foram realizadas em triplicata utilizando-se a TFSA, de acordo com métodos descritos por Teixeira et al. (2017). As análises físicas realizadas foram: granulometria, utilizando-se as amostras deformadas, obtida pelo método da pipeta, utilizando como dispersante químico o hexametáfosfato de sódio e densidade do solo, utilizando-se as amostras indeformadas pelo método do anel volumétrico e torrão parafinado a depender das características do solo.

5.4 ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO

As determinações químicas foram: pH em água; condutividade elétrica pela medição do extrato da solução em água por condutivímetro; Fósforo disponível obtido pela solução extratora Mehlich-1 (HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ e H_2SO_4 $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$), assim como a extração dos cátions trocáveis potássio e sódio, sendo P determinado por colorimetria e K^+ e Na^+ por fotometria de chama; cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) trocáveis extraídos com solução de KCl 1 mol L^{-1} e determinados por espectrometria de absorção atômica; alumínio trocável (Al^{+3}) extraído pela solução de KCl 1 mol L^{-1} e determinado por titulação com NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$; acidez extraível ($\text{H} + \text{Al}$) extraída com solução de acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 7,0 e determinada por titulação com NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$. A determinação do COT foi obtida a partir da pesagem de, aproximadamente, 0,5 g de solo seco, destorroado e passado em peneira de 0,2 mm (60 mesh), adição de 5 mL $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ e 7,5 mL de H_2SO_4 em tubos de digestão, levados ao bloco, previamente aquecido à temperatura de 170°C por 30 minutos. Após a retirada dos tubos, o material foi transferido para erlenmeyer de 250 mL, e ao alcançar a temperatura ambiente adicionou-se cerca de 0,3 mL da solução indicadora e titulou-se com solução de sulfato ferroso amoniacal $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ até a obtenção do ponto de viragem, método proposto por Yeomans & Bremner (1988). A estimativa do estoque de carbono C envolve a determinação do COT, a densidade do solo e a profundidade do horizonte coletado. Utilizando-se a seguinte expressão: $\text{EstC} = (\text{C} \times \text{Ds} \times \text{e})/10$. A partir das análises realizadas serão obtidos os índices: capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T); saturação por bases (V %) e saturação por alumínio trocável (m %), de acordo com Teixeira et al., 2017.

5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi realizada a análise de estatística descritiva com enfoque no valor da medida central (média) EXCEL (Microsoft Office 2016). Para a distinção das diferentes áreas manejadas e áreas nativas, por meio de atributos do solo avaliados foram empregadas técnicas de análise multivariada, especificamente a Análise de Componentes Principais – ACP, utilizando o software Statistica 7.0.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 ATRIBUTOS FÍSICOS

As áreas de frutíferas (F) e hortaliças (H2) do município de Serra do Mel apresentaram textura arenosa em superfície e subsuperfície, assim como a área de tomate (T) do município de Mossoró, podendo está associado ao próprio material de origem de cada localidade. As classes texturais das demais áreas variaram entre franco arenosa, franco argilosa e argila. Os teores de silte aumentaram em profundidade nas áreas de mamão e melancia (MM) e milho e abóbora (MA), ambas localizadas no município de Baraúna, resultado esse também visto por Souza et al. (2010), que avaliaram a influência dos diversos fatores pedogenéticos na formação e evolução de Argissolos e Cambissolos, e afirmaram que esse aumento é devido a menor ação do intemperismo à medida que se distancia da superfície.

A densidade do solo (Tabela 2), expressa pela relação entre a quantidade de massa de solo seco e o volume do mesmo (incluindo o espaço poroso) apresentou valores que variaram de 0,8 a 2,0 g/cm³, incluindo as áreas manejadas e nativas. A área manejada H1 foi a que apresentou os menores valores de densidade (0,8 e 0,9 g/cm³). Este resultado está ligado a textura do solo mais argilosa (358 g/kg), típica da classe dos Cambissolos e ao manejo agroecológico que é dado a área, com uso de adubação orgânica, o que diminui a densidade do solo pela adição constante de matéria orgânica ao solo. As demais áreas apresentaram valores maiores de densidade, sendo este resultado afetado pela textura do solo, pois solos mais arenosos são mais facilmente compressíveis e atingem maiores valores de densidade. Solos com maiores teores de areia tendem apresentar densidade superior em relação aos solos argilosos, enquanto solos com maiores teores de silte tendem apresentar densidade intermediária (ROCHA et al., 2018).

Tabela 2: Atributos físicos das áreas estudadas.

Área	Profundidade	AREIA	SILTE	ARGILA	CLASSE TEXTURAL	DENSIDADE
	m		g/kg			g/cm ³
Mamão e Melancia (MM)	0 - 0,10	478	113	408	Argila Arenosa	1,2
	0,10 - 0,20	467	197	336	Franco Argilo Arenosa	1,2
	MN 0 - 0,10	478	91	431	Argila Arenosa	1,0
	MN 0,10 - 0,20	413	122	464	Argila	1,1
Milho e Abóbora (MA)	0 - 0,10	455	187	358	Argila Arenosa	1,1
	0,10 - 0,20	429	191	380	Franco Argilosa	1,1
	MN 0 - 0,10	441	148	411	Argila	1,0
	MN 0,10 - 0,20	426	150	424	Argila	1,1
Tomate (T)	0 - 0,10	916	22	62	Areia	1,5
	0,10 - 0,20	918	20	61	Areia	1,8
	MN 0 - 0,10	889	33	77	Areia	1,8
	MN 0,10 - 0,20	895	29	75	Areia	1,8
Hortaliças I (H1)	0 - 0,10	152	506	342	Franco Argilo Siltosa	0,7
	0,10 - 0,20	122	340	538	Argila	0,9
	MN 0 - 0,10	569	118	313	Franco Argilo Arenosa	1,5
	MN 0,10 - 0,20	466	73	461	Argilo Arenosa	1,4
Melancia (M)	0 - 0,10	671	227	102	Franco Arenosa	1,3
	0,10 - 0,20	668	217	114	Franco Arenosa	1,4
	MN 0 - 0,10	689	179	133	Franco Arenosa	1,3
	MN 0,10 - 0,20	884	63	54	Areia	1,5
Pastagem (P)	0 - 0,10	776	140	84	Franco Arenosa	1,4
	0,10 - 0,20	781	137	82	Franco Arenosa	1,4
	MN 0 - 0,10	689	179	133	Franco Arenosa	1,3
	MN 0,10 - 0,20	884	63	54	Areia	1,5
Frutíferas (F)	0 - 0,10	902	20	78	Areia	2,0
	0,10 - 0,20	899	25	76	Areia	1,9
	MN 0 - 0,10	904	35	61	Areia	1,6
	MN 0,10 - 0,20	910	28	62	Areia	1,7
Hortaliças II (H2)	0 - 0,10	939	24	37	Areia	1,9
	0,10 - 0,20	951	17	32	Areia	1,7
	MN 0 - 0,10	904	35	61	Areia	1,6
	MN 0,10 - 0,20	910	28	62	Areia	1,7
Banana (B)	0 - 0,10	757	125	117	Franco Arenosa	1,5
	0,10 - 0,20	794	117	89	Franco Arenosa	1,5
	MN 0 - 0,10	820	89	91	Areia Franca	1,6
	MN 0,10 - 0,20	815	87	98	Areia Franca	1,5
Macaxeira (Mx)	0 - 0,10	779	121	100	Franco Arenosa	1,5
	0,10 - 0,20	809	95	96	Areia Franca	1,5
	MN 0 - 0,10	820	89	91	Areia Franca	1,6
	MN 0,10 - 0,20	815	87	98	Areia Franca	1,5

Como observado na tabela 1, as áreas estudadas apresentam classes de solo distintas (Cambissolos, Latossolos, Vertissolos e Chernossolos), sendo o principal responsável pela variação dos atributos físicos textura e densidade do solo. Tais avaliações tornam-se fundamentais para a tomada de decisão do melhor manejo agrícola a ser adotado na área, pois as etapas posteriores de correção química, uso de implementos e defensivos agrícolas, dependerão desta caracterização inicial.

6.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS

A maioria das áreas apresentaram reação neutra com valores de pH variando entre 5,2 a 7,6, com exceção, das áreas F e H2 que tiveram reação ácida, variando de 5,1 a 6,5, e as áreas B e Mx com reação alcalina, variando de 7,6 a 8,4 (Tabela 3). Não foi detectado alumínio trocável em nenhuma área e a acidez potencial variou de 0,0 a 4,2 cmol_c/kg de solo (Tabela 3), fatores esses que foram influenciadores na reação mais neutra do solo, com exceção das áreas F e H2. Com isto compreende-se que o pH do solo não gera limitações mais intensas ao uso agrícola, que demande algum tipo de correção como a calagem. Esta é uma informação importante para o agricultor que realiza agricultura de baixa tecnificação, como é o caso da agricultura familiar.

Os teores de potássio (K) variaram de 0,0 a 2,5 cmol_c/kg de solo, sendo a área H1, MA e MM as que apresentaram os maiores teores, superando os observados nas matas nativas. O K é um elemento bastante móvel no solo e, normalmente, apresenta baixos teores. É importante destacar que o teor de K na área H1 (2,4 e 2,5 cmol_c/kg) supera o teor da mata nativa na ordem de cinco vezes. Já os teores de sódio variaram de 0,0 a 2,1 cmol_c/kg de solo, com ênfase para as áreas de hortaliças, que apresentaram teores de 1,4 e 2,1 cmol_c/kg , refletindo em uma PST de 19 % na área H2 e, consequentemente, um risco de sodicidade do solo.

Os teores de cálcio (Ca) variaram de 2,4 a 25,2 cmol_c/kg e magnésio (Mg) de 0,0 a 1,5 cmol_c/kg , podendo ser atribuídos à condição natural dos solos das áreas estudadas, onde a maioria apresenta baixo intemperismo e origem calcária, dando destaque para a área H1, localizada na cidade de Mossoró, que apresentou teores de Ca em superfície e subsuperfície de 25,1 e 25,2 cmol_c/kg respectivamente.

O fósforo (P) disponível variou entre as áreas desde teores muito elevados, típicos de áreas onde a adubação foi realizada (H1 com 176,4 mg/kg), a áreas com baixo teor (MA com 4,2 mg/kg) onde não há registro de adubação. O P apresenta relação direta com a atividade de organismos no solo, logo as áreas com uso de adubação orgânica são geralmente as que apresentam teor mais elevado de P (Tabela 3).

Quanto a saturação por bases (V), todas as áreas apresentaram alta saturação por bases ($V > 50\%$) em subsuperfície e superfície, identificando o caráter eutrófico. A adubação, seja orgânica ou inorgânica, tem como principal função o aumento no teor de nutrientes, principalmente as bases trocáveis (a exceção do Na). Ao comparar a saturação por bases das áreas manejadas e nativas, percebe-se que são valores muito próximos (exceto H2), demonstrando a riqueza química natural dos solos, sendo esta outra característica que auxilia a produção de mais baixo custo, reduzindo assim o uso de insumos agrícolas.

Tabela 3: Atributos químicos das áreas estudadas.

Área	Profundidade	pH	CE	COT ⁽¹⁾	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	T ⁽²⁾	P	V ⁽³⁾	PST ⁽⁴⁾
	m	H ₂ O	dS/cm	g/kg	cmol _c /k							mg/kg	%	
Mamão e Melancia (MM)	0 - 0,10	7,0	0,7	18,8	1,2	1,2	17,8	1,4	0,0	2,8	24,4	4,5	89	5
	0,10 - 0,20	7,2	0,2	19,2	0,6	0,6	17,2	1,2	0,0	3,1	22,8	1,5	86	3
	MN 0 - 0,10	6,5	1,0	19,1	0,0	0,0	11,3	1,2	0,0	3,7	16,3	4,6	77	0
	MN 0,10 - 0,20	6,1	0,9	18,9	0,0	0,0	9,4	1,1	0,0	4,2	14,8	3,4	72	0
Milho e Abóbora (MA)	0 - 0,10	7,6	1,0	15,5	1,5	0,3	18,6	1,5	0,0	2,8	24,7	4,2	89	1
	0,10 - 0,20	7,6	0,9	13,7	1,5	0,2	13,2	1,3	0,0	2,8	19,1	3,3	85	1
	MN 0 - 0,10	7,1	0,1	21,4	1,8	0,1	10,8	1,0	0,0	3,8	17,5	1,1	78	0
	MN 0,10 - 0,20	6,8	1,0	14,6	1,2	0,1	8,5	0,9	0,0	3,8	14,5	3,3	74	0
Tomate (T)	0 - 0,10	6,6	0,2	18,9	0,3	0,1	8,0	0,5	0,0	3,3	12,3	131,3	73	1
	0,10 - 0,20	6,7	0,4	11,3	0,2	0,1	9,2	0,3	0,0	3,1	32,2	106,2	90	0
	MN 0 - 0,10	6,2	1,0	13,1	0,3	0,0	10,0	0,3	0,0	3,3	13,9	55,3	76	0
	MN 0,10 - 0,20	5,9	0,9	6,9	0,2	0,0	8,2	0,2	0,0	3,4	12,0	213,8	72	0
Hortaliças I (H1)	0 - 0,10	7,5	1,2	68,5	2,4	1,4	25,1	0,5	0,0	3,1	32,4	176,4	91	4
	0,10 - 0,20	7,6	0,8	25,7	2,5	0,7	25,2	0,5	0,0	2,9	31,8	58,7	91	2
	MN 0 - 0,10	7,1	0,1	20,7	0,5	0,1	22,1	0,5	0,0	0,5	23,7	1,6	98	0
	MN 0,10 - 0,20	6,9	0,1	12,3	0,1	0,1	10,7	0,3	0,0	0,7	11,8	4,2	94	1
Melancia (M)	0 - 0,10	5,6	1,3	2,8	0,3	0,3	6,9	0,9	0,0	4,1	12,5	11,7	67	3
	0,10 - 0,20	5,8	0,4	2,7	0,1	0,2	6,2	0,8	0,0	3,9	11,3	9,8	65	2
	MN 0 - 0,10	6,3	0,3	7,3	0,2	0,0	5,6	0,5	0,0	3,8	10,1	10,5	62	0
	MN 0,10 - 0,20	6,4	0,1	3,0	0,1	0,0	6,2	0,8	0,0	3,7	10,9	9,5	66	0
Pastagem (P)	0 - 0,10	7,4	0,5	9,2	0,3	0,2	5,4	1,0	0,0	3,1	9,9	41,0	69	2
	0,10 - 0,20	7,4	0,4	4,6	0,2	0,3	5,5	0,7	0,0	3,0	9,7	47,0	69	3
	MN 0 - 0,10	6,3	0,3	7,3	0,2	0,0	5,6	0,5	0,0	3,8	10,1	10,5	63	0
	MN 0,10 - 0,20	6,4	0,1	3,0	0,1	0,0	6,2	0,8	0,0	3,7	10,9	9,5	66	0
Frutíferas (F)	0 - 0,10	5,2	0,1	7,9	0,3	0,0	2,8	0,1	0,0	1,5	4,6	12,0	68	0
	0,10 - 0,20	5,1	0,0	6,4	0,2	0,0	2,4	0,0	0,0	1,5	4,2	10,5	64	0
	MN 0 - 0,10	5,2	0,0	25,4	0,1	0,0	3,1	0,1	0,0	2,5	5,8	9,9	56	0
	MN 0,10 - 0,20	5,2	0,0	10,6	0,1	0,0	2,7	0,0	0,0	1,8	4,6	8,5	61	0
Hortaliças II (H2)	0 - 0,10	6,5	0,5	17,1	0,5	2,1	6,0	0,7	0,0	1,6	10,9	106,2	85	19
	0,10 - 0,20	6,1	0,1	9,2	0,4	0,5	4,8	0,4	0,0	1,5	7,6	100,9	80	7
	MN 0 - 0,10	5,2	0,0	25,4	0,1	0,0	3,1	0,1	0,0	2,5	5,8	9,9	56	0
	MN 0,10 - 0,20	5,2	0,0	10,6	0,1	0,0	2,7	0,0	0,0	1,8	4,6	8,5	61	0

Banana (B)	0 - 0,10	7,6	0,2	5,1	0,6	0,2	4,8	0,8	0,0	0,1	6,4	64,2	98	3
	0,10 - 0,20	8,0	0,2	4,4	0,5	0,0	5,0	0,8	0,0	0,0	6,4	59,7	100	0
	MN 0 - 0,10	8,0	0,1	4,7	0,7	0,0	6,5	0,8	0,0	0,0	7,9	68,7	100	0
	MN 0,10 - 0,20	8,3	0,0	2,6	0,3	0,0	8,1	0,9	0,0	0,0	9,3	28,7	100	0
Macaxeira (Mx)	0 - 0,10	8,3	0,1	4,7	0,4	0,1	8,3	0,8	0,0	0,0	9,7	65,9	100	1
	0,10 - 0,20	8,4	0,1	3,7	0,4	0,0	8,5	0,8	0,0	0,0	9,7	56,2	100	0
	MN 0 - 0,10	8,0	0,1	4,7	0,7	0,0	6,5	0,8	0,0	0,0	7,9	68,7	100	0
	MN 0,10 - 0,20	8,3	0,0	2,6	0,3	0,0	8,1	0,9	0,0	0,0	9,3	28,7	100	0

⁽¹⁾Carbono Orgânico Total; ⁽²⁾ Capacidade de troca catiônica; ⁽³⁾ Saturação por bases; ⁽⁴⁾ Porcentagem de sódio trocável.

Os estoques de carbono (EstC) das áreas manejadas e nativas apresentaram variação de 3,8 a 50,9 Mg/ha. A área que apresentou maior valor foi com uso de hortaliças e manejo agroecológico (H1), assim como foi observado por Paulo e Clark (1989), onde afirmam que o aumento do estoque de C em solos submetidos a manejo conservacionista pode estar associado a dois fatores principais: proteção física dos compostos orgânicos contra a decomposição microbiana, favorecida pela oclusão do carbono orgânico nos agregados do solo; e proteção química dos compostos orgânicos por meio da interação destes com os minerais e cátions do solo, o que dificulta a sua decomposição. Houve distinção entre as profundidades 0 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m para a área H1 e H2, onde a profundidade 0 – 0,10 m apresentou mais que o dobro do estoque de C observado na profundidade 0,10 – 0,20 m (tabela 4). Este comportamento decrescente do C é esperado em todas as áreas. O carbono está diretamente relacionado à atividade de organismos, sendo esta mais ativa nos primeiros centímetros do solo.

Tabela 4: Estoque de carbono nas áreas estudadas.

Município	Área	Profundidade	COT ⁽¹⁾	Ds ⁽²⁾	EstC ⁽³⁾
		m	g/kg	g/cm ³	Mg/ha
Baraúna	Mamão e Melancia (MM)	0 - 0,10	18,8	1,2	22,6
		0,10 - 0,20	19,2	1,2	23,0
		MN 0 - 0,10	19,1	1,0	19,1
		MN 0,10 - 0,20	18,9	1,1	20,8
	Milho e Abóbora (MA)	0 - 0,10	15,5	1,1	17,0
		0,10 - 0,20	13,7	1,1	15,0
		MN 0 - 0,10	21,4	1,0	21,4
		MN 0,10 - 0,20	14,6	1,1	16,1
Mossoró	Tomate (T)	0 - 0,10	18,9	1,5	29,2
		0,10 - 0,20	11,3	1,8	20,7
		MN 0 - 0,10	13,1	1,8	23,5
		MN 0,10 - 0,20	6,9	1,8	12,4
	Hortaliças I (H1)	0 - 0,10	68,5	0,7	50,9
		0,10 - 0,20	25,7	0,8	21,8
		MN 0 - 0,10	20,7	1,5	30,6
		MN 0,10 - 0,20	12,3	1,4	17,5
Upanema	Melancia (M)	0 - 0,10	2,8	1,3	3,8
		0,10 - 0,20	2,7	1,4	3,8
		MN 0 - 0,10	7,3	1,3	9,4
		MN 0,10 - 0,20	3,0	1,5	4,3
	Pastagem (P)	0 - 0,10	9,2	1,4	12,9
		0,10 - 0,20	4,6	1,4	6,7
		MN 0 - 0,10	7,3	1,3	9,4
		MN 0,10 - 0,20	3,0	1,5	4,3
Serra do Mel	Frutíferas (F)	0 - 0,10	7,9	2,0	15,5
		0,10 - 0,20	6,4	1,9	12,4
		MN 0 - 0,10	25,4	1,6	41,4
		MN 0,10 - 0,20	10,6	1,7	18,0
	Hortaliças II (H2)	0 - 0,10	17,1	1,9	31,8
		0,10 - 0,20	9,2	1,7	15,5
		MN 0 - 0,10	25,4	1,6	41,4
		MN 0,10 - 0,20	10,6	1,7	18,0
Gov. Dix-Sept Rosado	Banana (B)	0 - 0,10	5,1	1,5	7,9
		0,10 - 0,20	4,4	1,5	6,8
		MN 0 - 0,10	4,7	1,6	7,5
		MN 0,10 - 0,20	2,6	1,5	4,1
	Macaxeira (Mx)	0 - 0,10	4,7	1,5	7,1
		0,10 - 0,20	3,7	1,5	5,5
		MN 0 - 0,10	4,7	1,6	7,5
		MN 0,10 - 0,20	2,6	1,5	4,1

⁽¹⁾ COT: Carbono orgânico total; ⁽²⁾ Ds: Densidade; ⁽³⁾ EstC: Estoque de carbono.

De modo oposto, os menores estoques de C foram observados nas áreas de melancia, banana e macaxeira, podendo está associado as condições do solo, seu manejo e condições do meio no qual está inserido. Nestas áreas o monocultivo pode estar influenciando no menor aporte de matéria orgânica ao solo, pelo fato de não haver introdução de espécies diferentes.

As áreas de rotação de cultura (mamão e melancia/tomate), apresentaram valores de EstC superiores a mata nativa, variando de 22,6 a 29,2 Mg/ha em superfície e 20,7 a 23 Mg/ha

em subsuperfície. Essas áreas de rotação de cultura utilizando plantio direto contribuem para o aumento da biodiversidade do solo, devido à adição de materiais orgânicos, aumentando assim a absorção e o acúmulo de C (LAL, 2004). Nas pastagens é relevante considerar que o ciclo rápido da ciclagem do sistema radicular, uma vez que a renovação de suas raízes é maximizada, ocasionando na morte e decomposição da mesma ao solo, aumenta os teores de MO e consequentemente carbono na camada superficial (SOUZA et al., 2012), assim como foi visto na área de pastagem estudada.

6.3 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP)

Como forma de diferenciar as áreas avaliadas e identificar os atributos do solo que mais auxiliaram nesta distinção, foram geradas duas componentes principais (Fator 1 e Fator 2) para os atributos do solo de todas as áreas manejadas e suas respectivas áreas nativas adjacentes. A partir das relações entre essas componentes, foram formados dois diagramas de ordenação dos componentes principais em função das duas profundidades, para a visualização da distinção entre as áreas manejadas (Figura 2 e 4) e dois diagramas de projeção de vetores para os atributos do solo que mais influenciaram nessa distinção, mostrando, assim, maior sensibilidade (Figura 3 e 5). A visualização dos diagramas permite perceber que as áreas estudadas formaram grupos que tendem a se distinguir no diagrama de ordenação.

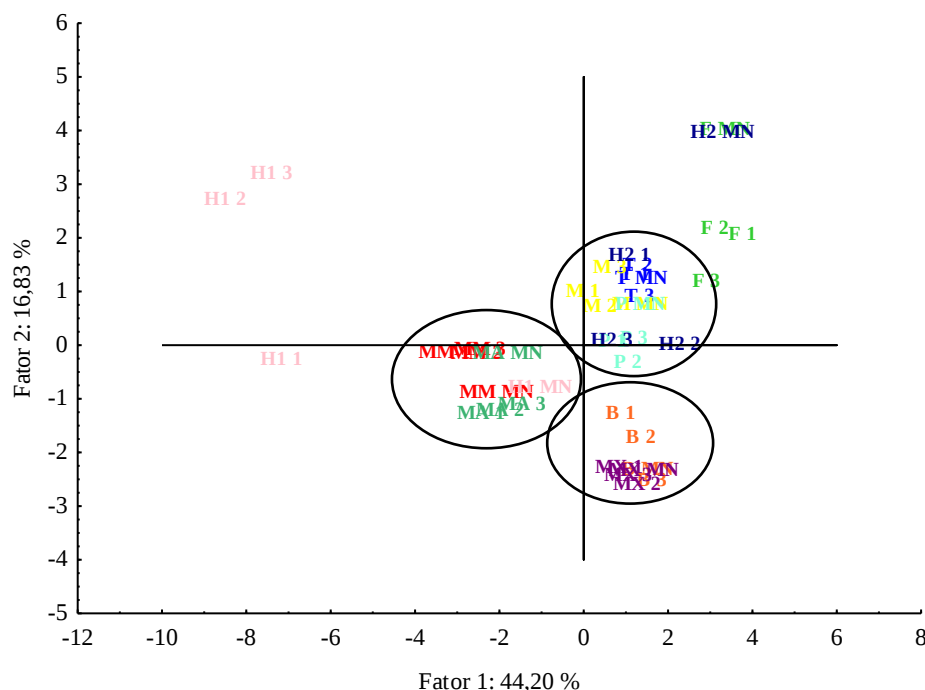


Figura 2. Diagrama de ordenação dos componentes principais para as diferentes áreas manejadas na profundidade de 0 – 0,10 m. MM: Mamão e melancia; MA: Milho e abóbora; T: Tomate; H1: Hortaliças; M: Melancia; P: Pastagem; F: Frutíferas; H2: Hortaliças; B: Banana; MX: Macaxeira e MN: Mata nativa.

É possível observar três grupos formados para as áreas na profundidade de 0 – 0,10 m, que mesmo com pontos de sobreposição, tendem a se distinguir. Os grupos formados são: “Grupo 1”: mamão e melancia (MM) e Milho e Abóbora (MA); “Grupo 2”: Banana (B) e Macaxeira (Mx) e “Grupo 3”: Melancia (M), Tomate (T), Hortaliças II (H2) e Pastagem (P). As demais áreas ficaram isoladas dos grupos, o que demonstra se distinguirem dos grupos em relação aos atributos avaliados.

Os atributos do solo mais responsáveis pela distinção das áreas na profundidade 0 – 0,10 m foram: areia, silte, argila, densidade do solo, teores de Ca, Na e K e capacidade de troca catiônica, para o Fator 1, sendo estes atributos responsáveis por 44,20 % da variação nas áreas, e o estoque de C, pH do solo e saturação por bases, para o Fator 2, sendo estes atributos responsáveis por 16,83 % da variação das áreas (Figura 3, Tabela 5). Ao observar a variação acumulada, compreende-se que estes atributos são responsáveis por explicar 61,03 % da variação total dos dados.

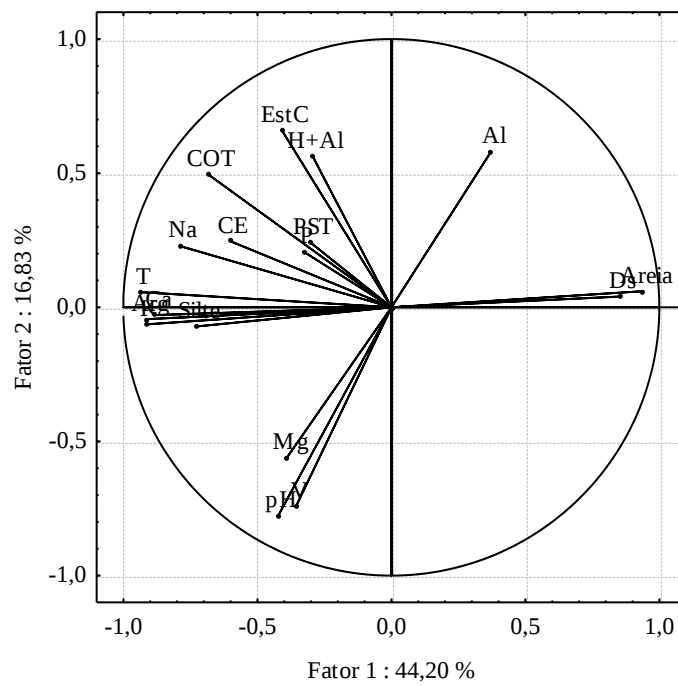


Figura 3. Diagrama de projeção dos vetores dos atributos do solo das diferentes áreas manejadas na profundidade de 0 – 0,10 m. Al: Alumínio; Ca: Cálcio; CE: Condutividade elétrica; COT: Carbono orgânico total; Ds: Densidade do solo; EstC: Estoque de carbono; H+Al: Acidez potencial; K: Potássio; Mg: Magnésio; Na: Sódio; P: Fósforo; pH: Potencial hidrogênio; PST: Porcentagem de sódio trocável; T: e V: Saturação por bases.

Tabela 5. Coeficientes de correlação dos componentes principais (Fatores 1 e 2) para os atributos do solo das diferentes áreas manejadas na profundidade de 0 – 0,10 m.

Atributos	Fator 1 ⁽¹⁾	Fator 2 ⁽¹⁾
Areia	<u>0,94</u>	0,06
Silte	<u>-0,73</u>	-0,07
Arg	<u>-0,91</u>	-0,04
Ds	<u>0,85</u>	0,04
COT	-0,68	0,49
EstC	-0,41	<u>0,66</u>
pH	-0,42	<u>-0,77</u>
CE	-0,60	0,25
Ca	<u>-0,88</u>	-0,03
Mg	-0,39	-0,56
Na	<u>-0,79</u>	0,23
K	<u>-0,92</u>	-0,06
P	-0,33	0,21
Al	0,37	0,58
H+Al	-0,29	0,56
T	<u>-0,93</u>	0,06
V	-0,36	<u>-0,74</u>
PST	-0,30	0,24
Variância Total (%)	44,20	16,83
Variância Acumulada (%)	44,20	61,03

⁽¹⁾Fatores $\geq |0,70|$ são significativos (Manly, 1994).

Ao observar o segundo diagrama formado, com a avaliação das áreas na profundidade de 0,10 – 0,20 m (Figura 4) percebe-se uma maior dispersão dos dados, porém ainda formando os três grupos anteriormente citados. Esta dispersão está relacionada ao fato de que em profundidade há uma tendência de aproximação das características do solo, além da menor influencia da atividade de organismos alterando suas características físicas e químicas.

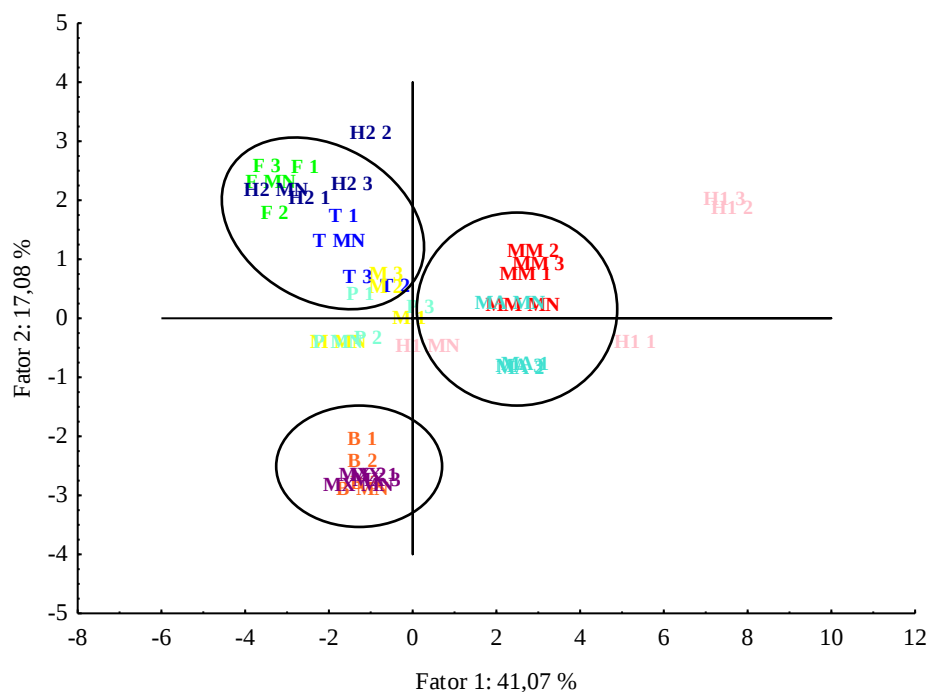


Figura 4. Diagrama de ordenação dos componentes principais para as diferentes áreas manejadas na profundidade de 0,10 – 0,20 m. MM: Mamão e melancia; MA: Milho e abóbora; T: Tomate; H1: Hortaliças; M: Melancia; P: Pastagem; F: Frutíferas; H2: Hortaliças; B: Banana; MX: Macaxeira e MN: Mata nativa.

Os atributos do solo mais responsáveis pela distinção das áreas na profundidade 0,10 – 0,20 m foram: areia, silte, argila, densidade do solo, carbono orgânico total, e teores de Ca, Na e K, para o Fator 1, sendo estes atributos responsáveis por 41,07 % da variação nas áreas, e o pH do solo para o Fator 2, sendo este atributo responsável por 17,08 % da variação das áreas (Figura 5, Tabela 6). Ao observar a variação acumulada, compreende-se que estes atributos são responsáveis por explicar 58,15 % da variação total dos dados.

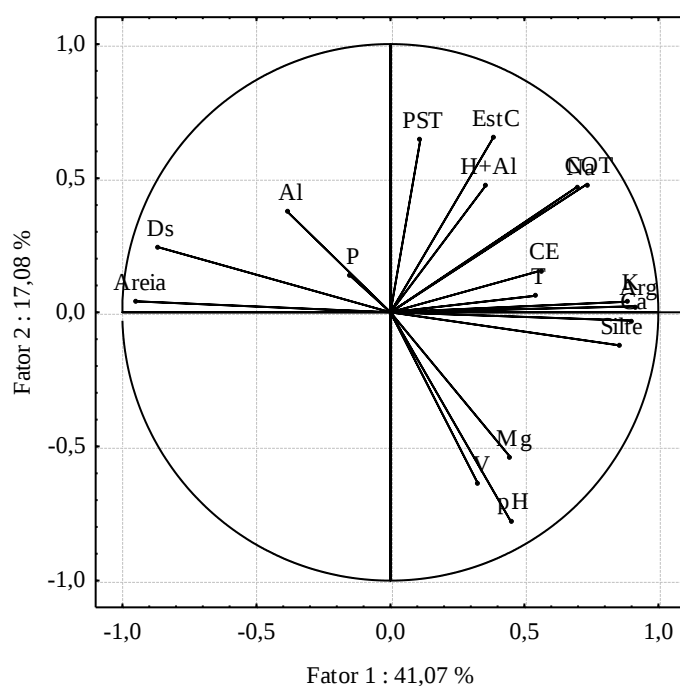


Figura 5 Diagrama de projeção dos vetores dos atributos do solo das diferentes áreas manejadas na profundidade de 0,10 – 0,20 m. Al: Alumínio; Ca: Cálcio; CE: Condutividade elétrica; COT: Carbono orgânico total; Ds: Densidade do solo; EstC: Estoque de carbono; H+Al: Acidez potencial; K: Potássio; Mg: Magnésio; Na: Sódio; P: Fósforo; pH: Potencial hidrogênico; PST: Porcentagem de sódio trocável; T e V: Saturação por bases.

Tabela 6. Coeficientes de correlação dos componentes principais (Fatores 1 e 2) para os atributos do solo das diferentes áreas manejadas na profundidade de 0,10 – 0,20 m.

Atributos	Fator 1 ⁽¹⁾	Fator 2 ⁽¹⁾
Areia	-0,95	0,04
Silte	0,85	-0,12
Arg	0,91	0,02
Ds	-0,87	0,24
COT	0,73	0,48
EstC	0,38	0,65
pH	0,45	-0,78
CE	0,56	0,16
Ca	0,90	-0,03
Mg	0,45	-0,54
Na	0,70	0,47
K	0,89	0,04
P	-0,15	0,14
Al	-0,38	0,37
H+Al	0,36	0,47
T	0,54	0,06
V	0,33	-0,64
PST	0,11	0,64
Variância Total (%)	41,07	17,08
Variância Acumulada (%)	41,07	58,15

⁽¹⁾Fatores $\geq |0,70|$ são significativos (Manly, 1994).

A ACP foi fundamental para a compreensão da influência de diferentes manejos adotados e seu reflexo nos atributos do solo, tornando a caracterização física e química destas áreas de suma importância para se compreender como a atividade de agricultura familiar está sendo realizada na mesorregião do Oeste Potiguar. É possível observar manejos adequados, que visam a sustentabilidade e também manejos que estão reduzindo a qualidade do solo.

7 CONCLUSÃO

Os estoques de C nas áreas variam conforme o manejo adotado e apresentam valores maiores em áreas com hortaliças cultivadas com adubação orgânica e menores em áreas de monocultivo com uso de adubação inorgânica e aplicação de defensivos agrícolas.

Os atributos físicos e químicos variam de acordo com o tipo de solo e o manejo aplicado. Nas áreas de estudos há desde solos arenosos a muito argilosos, de alta e baixa densidade. Todas as áreas apresentam-se com reação de fracamente ácida a neutra, caráter eutrófico com predomínio de Ca no complexo de troca e com baixa condutividade elétrica.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, E.L.L. de. **Química e mineralogia de três pedons originários de calcário da Chapada do Apodi – CE**. 2002. 61 f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE.
- AMARO FILHO, J. Contribución al estudio del clima del Rio Grande do Norte. Madrid, ETSIA/UPM, 1991. 311p. (Tese de Doutorado).
- AMEZQUITA, M. C.; IBRAHIM, M.; LLANDERAL, T.; BUURMAN, P.; AMEZQUITA, E. Carbon sequestration in pastures, silvopastoral systems and forests in four regions of the Latin American tropics. *Journal of Sustainable Forestry*, v. 21, p. 31-49, 2005.
- BAYER, C.; LOVATO, T.; DIECKOW, J. ZANATTA, J.A. & MIELNICZUK, J. A method for estimating coefficients of soil organic matter dynamics based on long-term experiments. *Soil Till. Res.*, 91:217-226, 2006.
- CERRI, C.C. & CERRI, C.E.P. Agricultura e aquecimento global. *B. Inf. SBCS*, 23:40–44, 2007
- CHAGAS, F.C. **Normais climatológicas para Mossoró-RN (1970-1996)**. 1997. 40f. (Monografia de Graduação). ESAM, Mossoró.
- DAMASCENO, Nagilane Parente; KHAN, Ahmad Saeed; LIMA, Patrícia Verônica Pinheiro Sales. O Impacto do Pronaf sobre a Sustentabilidade da Agricultura Familiar, Geração de Emprego de Renda no Estado do Ceará. *RESR*, Piracicaba, SP, vol. 49, nº 01, p. 129-156, jan/mar 2011- impressa em maio 2011.
- GAZOLLA, P. R.; GUARESCHI, R. F.; PERIN, A.; PEREIRA, M. G.; ROSSI, C.Q. Frações da matéria orgânica do solo sob pastagem, sistema plantio direto e integração lavoura-pecuária. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 36, n. 2, p. 693-704, mar./abr. 2015

GUANZIROLI, C. E.; DI SABBATO, Alberto; VIDAL, M. de F. Agricultura familiar no Nordeste: uma análise comparativa entre dois censos agropecuários. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2011.

GUANZIROLI, Carlos Enrique; CARDIM, Silvia Elizabeth C. S. Novo retrato da agricultura familiar: o Brasil redescoberto. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, INCRA, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, 2000.

GUERRA, J.G.M.; SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O.; Macromoléculas e substâncias húmicas. In: Santos et al. Fundamentos da 45 Matéria orgânica do solo – Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre. Metrópole. 2008.

HAYNES, R.J. & BEARE, M.H. Aggregation and organic matter storage in meso-thermal, humid soils. In: CARTER, M.R. & STEWART, B.A., eds. Structure and organic matter storage in agricultural soils. Boca Raton, CRC Press, 1996. p.213-262.

IDEMA. Anuário Estatístico do Rio Grande do Norte. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do RN, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Climate change 2001: The scientific basis. Cambridge, Cambridge University Press, 2001. 881p.

LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, Amsterdam, v. 123, p. 1-22, 2004

LI, L.; SUN, J.; ZHANG, F.; GUO, T.; BAO, X.; SMITH, A. & SMITH, S. Root distribution and interactions between intercropped species. *Oecologia*, 147:280-290, 2006.

MANLY, B.F.J. **Multivariate statistical methods**. 2.ed. London, Chapman & Hall, 1994. 215p.

PARRON, L.M.; Garcia, J.R.; Oliveira, E.B.; Brown, G.G. e Prado, R.B. eds. Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica. In: Parron, L.M.; Garcia, J.R.; Oliveira, E.B.; Brown, G.G. & Prado, R.B. eds. Estoques de carbono no solo como indicador de serviços ambientais. Brasília, DF : Embrapa, 2015. P.92-100.

PAULO, E.A. & CLARK, F.E. Soil microbiology and biochemistry. San Diego, Academic Press, 1989. 272p

ROCHA, G. X.; PIERANGELI, M. A. P.; MARQUES, M. C. S.. Atributos de fertilidade dos solos as margens do Rio Paraguai, Pantanal de Cáceres/MT. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.4, p.99-110, 2018. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.004.0008>.

SILVA, I.R. & MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374.

SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; OGLE, S.M.; MORAES, J.C. & ALBRECHT, A. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils - Effects of no-tillage. *Agronomie*, 22:755-775, 2002.

SOUZA, E. J.; CARVALHO, I. D.; SOUSA, M. A. S. Sequestro de carbono em áreas de pastagens e Cerrado stricto sensu. 2012.

SOUZA, R. V. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; CORRÊA, M. M.; ALMEIDA, M. C.; CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO FILHO, M. R.; SCHULZE, M. B. B. Caracterização de Solos em uma Topoclimossequência no Maciço de Triunfo – Sertão de Pernambuco. *R. Bras. Ci. Solo*, v.34, p.1259-1270, 2010.

Teixeira, P. C.; Donagema, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. Manual de Métodos de Análise de Solo. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, v.3, p.575, 2017.

VARGAS, L.K. & SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 24:35-42, 2000.

WATSON, R. T. (Ed.). Climate change 2001: synthesis report: third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 408 p.

Yeomans, J. C. & Bremner, J. M. A rapid and precise method for routine determination of carbon in soil. **Commun. in soil Sci. Plant Anal.**, v.19, p.1467-1476, 1988.

ZANATTA, J.A.; BAYER, C.; DIECKOW, J.; VIEIRA, F.C.B. & MIELNICZUK, J. Soil organic carbon accumulation and carbon costs related to tillage, cropping systems and nitrogen fertilization in a subtropical Acrisol. *Soil Till. Res.*, 94:510-519, 2007.