



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE ECOSISTEMAS
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ESTOQUE DE CARBONO E NITROGÊNIO EM ÁREAS DE
VEGETAÇÃO NATIVA E ANTROPIZADA NO MUNICÍPIO DE IRECÊ**

MÁRCIA MOURA MOREIRA

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA

AGOSTO - 2013

ESTOQUE DE CARBONO E NITROGÊNIO EM ÁREAS DE VEGETAÇÃO NATIVA E ANTROPIZADA NO MUNICÍPIO DE IRECÊ

MÁRCIA MOURA MOREIRA

Engenheira Agrônoma

Universidade Estadual da Bahia, 2007.

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas, Área de Concentração: Manejo e Qualidade de Agroecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Souza Fadigas

Co-orientador: Dr. Carlos Alberto Tuão Gava

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

MESTRADO EM SOLOS E QUALIDADE DE ECOSSISTEMAS

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2013

Ficha Catalográfica

C744 Moreira, Márcia Moura

Estoque de carbono e nitrogênio em áreas de vegetação nativa e antropizada no município de Irecê-Ba/Márcia Moura Moreira - Cruz das Almas, 2013.

52f.; il.

Orientador: Francisco de Souza Fadigas

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2013.

1. Caatinga 2. Biomassa microbiana 3. Estoque de C e N no solo
I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas II. Título

CDD 631.4

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Francisco de Souza Fadigas
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
(Orientador)

Prof. José Fernandes de Melo Filho
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

Prof^a. Maria Herbênia Lima Cruz Santos
Universidade do Estado da Bahia - UNEB

Dissertação homologada pelo colegiado de curso de Mestrado em Solos e
Qualidade de Ecossistemas.....

Conferindo o grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas
em.....

Quando a última árvore for abatida, quando o último rio for envenenado, quando o último peixe for capturado, somente então nos daremos conta de que não se pode comer dinheiro.

Cacique Seattle

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo durante o mestrado.

Ao professor Luciano de Souza pela eterna disposição em ajudar. O ser humano mais educado e gentil que tive o prazer de conhecer.

Ao professor Francisco Fadigas por toda paciência, orientação e pelas correções.

Aos pesquisadores da Embrapa Semiárido, Carlos Alberto Tuão Gava e Vanderlise Giongo, pela assistência e colaboração durante a execução do trabalho.

À amiga-irmã, Gizelia Barbosa Ferreira, sempre presente.

À pesquisadora da Embrapa Solos UEP Recife, Maria Sonia Lopes da Silva, pela confiança, amizade e disposição para ajudar a resolver os problemas. Meu muito obrigada por toda a generosidade!!

Ao pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, João Gomes da Costa, o anjo da guarda que me auxiliou na estatística.

À Embrapa Semiárido por ter disponibilizado seus laboratórios para a realização das análises e por todo o apoio logístico.

Aos docentes do Curso do Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas, pelos ensinamentos ministrados.

Aos discentes do Curso do Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas, pelo companheirismo e colaboração na minha formação; aos funcionários pelo convívio gratificante.

Ao Centro Territorial de Educação Profissional (CETEP), pelo espaço concedido para o estudo das áreas.

Aos meus irmãos pelo apoio sempre presente.

Ao meu amado, David Oliveira, pelo companheirismo de todas as horas, pelo apoio e incentivo, pelo porto seguro. Obrigada!!

ESTOQUE DE CARBONO E NITROGÊNIO EM ÁREAS DE VEGETAÇÃO NATIVA E ANTROPIZADA NO MUNICÍPIO DE IRECÊ

Autora: Márcia Moura Moreira

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Souza Fadigas

Co-orientador: Dr. Carlos Alberto Tuão Gava

RESUMO: Nos últimos anos a vegetação de Caatinga passou de 68% para 47%, e as áreas antropizadas cresceram de 32% para 53% da superfície total do Bioma Caatinga. A crescente conversão do ecossistema natural em agroecossistemas, com a redução da cobertura da vegetação nativa no semiárido nordestino tem levado à degradação dos recursos naturais, provocando alterações significativas na fertilidade natural e na dinâmica da matéria orgânica do solo. As diferentes práticas adotadas influenciam de forma direta nos estoques de carbono e nitrogênio. O objetivo da pesquisa foi avaliar as variações nos estoques de carbono e nitrogênio do solo e na atividade biológica, em função do uso agrícola e da antropização da Caatinga. O estudo foi realizado em um Cambissolo de textura argilosa no município de Irecê-Ba (11° 18' 58, 44" S e 47° 49' 48,11" W). Foram coletadas amostras em três áreas (Caatinga nativa, Caatinga pastejada e mamona integrada com pastagem), em quatro profundidades (0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm). Foram avaliados atributos químicos, físicos e microbiológicos. Os resultados obtidos indicam que a mudança de uso nas áreas de estudo está colaborando para que ocorram mudanças nos padrões físicos do solo (densidade do solo e porosidade total); o carbono da biomassa microbiana do solo não se mostrou como um bom indicativo das mudanças de uso e manejo do solo. Houve variações nos estoques de C entre as áreas de Caatinga pastejada (45,05 Mg ha⁻¹), Caatinga nativa (54,06 Mg ha⁻¹) e mamona/pastagem (52,82 Mg ha⁻¹); para o N-total, o maior acúmulo se deu nas camadas mais profundas, apesar de não haver variação nos estoques entre os sistemas de manejo.

Palavras-chave: Caatinga, conversão, agroecossistema, solo, matéria orgânica.

STOCK OF CARBON AND NITROGEN IN AREAS OF NATIVE VEGETATION AND DISTURBED THE MUNICIPALITY OF IRECÊ

Author: Márcia Moura Moreira

Adviser: Prof. Dr. Francisco de Souza Fadigas

Co-adviser: Dr. Carlos Alberto Tuão Gava

ABSTRACT: In recent years the Caatinga vegetation increased from 68% to 47%, and disturbed areas grew from 32% to 53% of the total area of the Biome Caatinga. The increasing conversion of natural ecosystems into agroecosystems, with reduced coverage of native vegetation in the semiarid Northeast has led to degradation of natural resources, causing significant changes in natural fertility and organic matter dynamics of soil. The different practices adopted influence directly in the stocks of carbon and nitrogen. Thus, the main objective of the research was to evaluate the changes in carbon stocks and soil nitrogen and biological activity, depending on the agricultural use and human disturbance of Caatinga. The study was conducted in a Cambisol clayey in the municipality of Irecê-Ba (11° 18' 58,44" S e 47° 49' 48,11" W). Samples were collected in three areas (Native Caatinga, Caatinga grass pasture and castor integrated with pasture) at four depths (0-5, 5-10, 10-20 and 20-40 cm). The attributes evaluated were the chemical, physical and microbiological. We evaluated the chemical, physical and microbiological. The results indicate that the change of use in the study areas are contributing to changes that occur in the patterns of soil physical (bulk density and porosity); carbon from the soil microbial biomass was not a good indication of changes use and soil management. There were variations in C stocks between areas grazed Caatinga (45.05 Mg ha⁻¹), Caatinga native (54.06 Mg ha⁻¹) and castor / pasture (52.82 Mg ha⁻¹), for N-total, the highest accumulation occurred in the deeper soil layers, although no change in N-total stocks between management systems.

Keywords: Caatinga, conversion, agroecosystem, soil, organic matter.

SUMÁRIO

Página

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Bioma Caatinga e desmatamento	4
2.2. Dinâmica da matéria orgânica	6
2.3. Atividade microbiana no solo	8
2.4. Teores de carbono e nitrogênio no solo	9
3. Material e métodos	12
3.1. Localização das áreas de estudo	12
3.2. Descrição das áreas de estudo	13
3.3. Aspectos gerais da região	13
3.4. Amostragem do solo	16
3.5. Determinações analíticas	16
3.5.1. Atributos físicos	16
3.5.2. Atributos químicos	17
3.5.3. Atributos biológicos	19
3.6. Teores de carbono e nitrogênio no solo	21
3.7. Estoques de carbono e nitrogênio no solo	21
3.8. Análise estatística	22
4. Resultados e discussão	23
4.1. Atributos físicos	23
4.2. Atributos químicos	27
4.3. Atributos biológicos	31
4.4. Teores de C e N e relação C/N	35
4.5. Estoque de C e N no solo	37
5. CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área desmatada acumulada (km ²) considerando o período entre os anos de 2002 e 2008, nos estados que compõem o Bioma Caatinga	5
Tabela 2 - Teores médios de areia, silte e argila presentes nas áreas estudadas....	23
Tabela 3 - Valores médios da densidade do solo calculado para as diferentes camadas de solo	25
Tabela 4 - Valores médios da porosidade total para os diferentes usos do solo	26
Tabela 5 - Valores médios de MO, pH(H ₂ O), P, K ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ e H+Al para os diferentes sistemas de uso do solo	28
Tabela 6 - Valores médios da CTC efetiva, Soma de bases e saturação por bases para os diferentes sistemas de uso	30
Tabela 7 - Valores médios de Cu, Fe, Mn e Zn para os diferentes sistemas de uso do solo.....	31
Tabela 8 - Teores médios de carbono na biomassa microbiana (g kg ⁻¹ solo)	33
Tabela 9 - Teores médios de respiração basal (μGco ₂ g ⁻¹ d ⁻¹), quociente metabólico (μGco ₂ biomassaμg ⁻¹ d ⁻¹) e quociente microbiano.....	34
Tabela 10 - Valores médios de carbono orgânico, nitrogênio total e relação C/N para os diferentes usos do solo.....	36
Tabela 11 - Teores médios de carbono orgânico para os diferentes usos do solo em função da profundidade.....	36
Tabela 12 - Estoques de carbono e nitrogênio com e sem correção para os diferentes usos do solo	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área de estudo localizada no Centro Territorial de Educação Profissional (CETEP) no município de Irecê (BA). 2012.....	12
Figura 2 - Áreas de coleta das amostras de solo para o estudo: (a) Caatinga nativa (CN); (b) Caatinga pastejada (CP); (c) mamona integrada com pastagem (MIP). Centro Territorial de Educação Profissional (CETEP), Irecê - BA. 2012	14
Figura 3 - (a) Solo exposto ao clorofórmio; (b) amostras fumigadas e não-fumigadas em triplicata	20
Figura 4 - Respiração microbiana no solo - incubação com NaOH (a e b)	21
Figura 5 - Porosidade, densidade do solo no sistema de uso e manejo da Caatinga nativa.....	26
Figura 6 - Porosidade, densidade do solo no sistema de uso e manejo da Caatinga pastejada.....	27
Figura 7 Porosidade, densidade do solo no sistema de uso e manejo de mamona/pastagem.....	27
Figura 8 - Estoques de carbono no solo.....	39
Figura 9 - Estoques de nitrogênio no solo.....	39

1. INTRODUÇÃO

O Bioma Caatinga ocupa uma área de cerca de 844.453 quilômetros quadrados, o equivalente a 11% do território nacional. Engloba os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais. Rico em biodiversidade, o bioma abriga 178 espécies de mamíferos, 591 de aves, 177 de répteis, 79 espécies de anfíbios, 241 de peixes e 221 abelhas. Cerca de 27 milhões de pessoas vivem na região, a maioria carente e dependente dos recursos do bioma para sobreviver. Esse bioma tem um imenso potencial para a conservação de serviços ambientais, uso sustentável e bioprospecção que, se bem explorado, será decisivo para o desenvolvimento da região e do país (MMA, 2013).

O aumento da pressão sobre os recursos naturais, sobretudo o solo e a cobertura vegetal, tem provocado impactos ambientais negativos consideráveis em grandes extensões do território brasileiro, principalmente em biomas ecologicamente frágeis onde o modelo tradicional ainda se mantém presente, como por exemplo, a Caatinga (ALMEIDA et al., 2001).

Irradia-se pelo Bioma Caatinga o desmatamento decorrente da agricultura de subsistência, devido à abertura anual de novas áreas para formação de lavouras. Este fenômeno ocorre porque este tipo de agricultura prevê o uso intensivo da mesma área de produção por um período 3 a 4 anos, permanecendo em pousio por 7 a 8 anos. No entanto, diferente dos demais Biomas do país, a produção agrícola em áreas dependentes de chuva (agricultura de subsistência) não é responsável por frentes importantes de desmatamento no Bioma Caatinga (MMA, 2010). A agricultura dependente da irrigação e de insumos externos, que se estrutura em torno da produção em larga escala, tem sido a grande vilã. A produção agrícola,

nestas áreas irrigadas, pode implicar nos processos de fragmentação, remoção e conversão de uso de áreas naturais no Semiárido. Essas alterações nos Biomasm modificam o ciclo do carbono, reduzindo seu estoque no solo, aumentando a emissão de CO₂ para a atmosfera. No Brasil a agricultura e as mudanças de uso da terra são responsáveis por 80% das emissões de GEE e aproximadamente 15% das emissões de CO₂ no Brasil são oriundas do Bioma Caatinga (BRASIL, 2010).

Dados gerados pelo MMA sobre o desmatamento da Caatinga entre os anos de 2002 e 2008 apontam o Estado da Bahia como líder do desmatamento com mais de 4.500 km² de vegetação destruída. Isso é quase trinta vezes mais que o Estado de Sergipe, com 157 km², o nono colocado na lista de desmatamento do Bioma Caatinga (MMA, 2010).

Até os dias de hoje a utilização da Caatinga se fundamenta em processos bastante primitivos para a obtenção de produtos de origem pastoril, agrícola e madeireira. A cada período de seca que ocorre no semiárido nordestino, os agricultores recorrem ao processo de corte das plantas que podem servir de forragem, como o mandacaru e o cardeiro, para a alimentação dos animais. Considerada a forragem de maior responsabilidade na “salvação” dos animais nesses períodos, poucos são os produtores que se preocupam em recompor os bancos forrageiros nativos (MOREIRA, 2002). Mas é a substituição da vegetação nativa por agricultura o aspecto que mais impacta esse ecossistema.

Os impactos ambientais negativos desse modelo são facilmente percebidos na paisagem sertaneja. São registradas perdas irreversíveis nas diversidades florística e faunística (e na aceleração dos processos erosivos), com consequências sobre o declínio da fertilidade dos solos e da qualidade dos recursos hídricos. Ao retirar a vegetação natural para instalação de um sistema agrícola, ocorre um desequilíbrio no teor de carbono orgânico do solo, pois se intensifica a mineralização da matéria orgânica, provocando inicialmente a liberação de alguns nutrientes, favorecendo a nutrição vegetal. E quando o processo de adição da matéria orgânica no solo é inferior ao de decomposição, este sistema não atinge um novo equilíbrio, tornando-se exaurido e provocando a degradação do solo.

A partir de estudos de estoque e dinâmica de carbono realizados no Bioma Caatinga, em áreas preservadas e em sistemas antropizados, será possível ampliar as bases tecnológicas e científicas para desenvolver estratégias que possibilitem

a valorização da Caatinga e que consigam manejar os agroecossistemas de forma que estes acumulem carbono, diminuindo a emissão de gases de efeito estufa e /ou aumentando o sequestro deste.

Diante do exposto a Embrapa Semiárido vem desenvolvendo um projeto “Estoque e dinâmica do fluxo de carbono no Bioma Caatinga” (Número: 02.09.01.028.00.00) em parceria com a UFRBA, do qual esta dissertação faz parte, visando quantificar os estoques de carbono, nitrogênio e a atividade biológica do solo em função do uso agrícola e da antropização da Caatinga nativa, objetivando subsidiar a manutenção da dinâmica do referido ecossistemas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Bioma Caatinga e desmatamento

O Brasil tem 180.000 quilômetros quadrados de área em processo grave e muito grave de desertificação, concentrada principalmente no Nordeste, no chamado Semiárido Brasileiro (SAB), com mais da metade (55,25%) do seu território atingido em diferentes graus de degradação. O SAB representa 11.39% do território nacional, possui uma extensão de 969.589,4 km² e abriga quase 21 milhões de pessoas, aproximadamente 12% da população brasileira (IBGE, 2000).

Situado em uma zona de transição entre florestas semiúmidas e úmidas, o SAB está coberto pela Caatinga. O Bioma Caatinga é composto por diferentes “Caatingas” caracterizadas como formações arbóreo-arbustivas, hierarquizadas em diversas tipologias, muitas das quais ainda são praticamente desconhecidas do ponto de vista ecológico. A vegetação considerada mais típica de Caatinga encontra-se nas depressões sertanejas: uma ao norte e outra ao sul do bioma, separadas por uma série de serras que constituem uma barreira geográfica para diversas espécies. Mas os diferentes tipos de Caatinga estendem-se também por regiões mais altas e de relevo variado, e incluem a Caatinga arbustiva a arbórea, a mata seca e a mata úmida, o carrasco e as formações abertas com domínio de cactáceas e bromeliáceas, entre outras.

Estudos também demonstram que a Caatinga é a forma de vegetação mais resiliente do Brasil. As áreas de sua ocorrência se encontram perante intensa utilização desde os primórdios da colonização no século XVI e com boa parte de sua área profundamente antropizada (BRASIL, 2010 – Plano de Ação para a Prevenção e o Controle do Desmatamento na Caatinga). As causas desse processo estão

associadas, principalmente, as práticas inadequadas de exploração de seus recursos naturais.

Avaliações dos impactos das mudanças climáticas sobre a estabilidade dos biomas predominantes no Brasil indicam que o Bioma Caatinga está entre os mais vulneráveis num cenário de aumento das temperaturas globais, o que coloca a Região Nordeste do Brasil em estado especial de alerta. Dados de satélite indicam que a Caatinga perdeu, num período de seis anos (2002 a 2008), 16.576 quilômetros quadrados de vegetação nativa. Isso equivale a 2% do Bioma, que detêm cerca de 11% do território nacional. E apesar de sua vegetação possuir um porte menor, o abate da Caatinga foi responsável pelo lançamento de 25 milhões de toneladas de carbono por ano na atmosfera. Isso significa o dobro do corte das emissões de carbono planejado pelo governo com medidas de eficiência energética em 2020. Bahia e Ceará concentram mais da metade do desmatamento medido pelo ministério no período mais recente, até 2008 (MMA, 2010).

Os estados da Bahia, Ceará, Piauí e Pernambuco foram os que mais contribuíram para que esses números fossem alcançados (Tabela 1).

Tabela 1. Área desmatada acumulada (km²) considerando o período entre os anos de 2002 e 2008, nos estados que compõem o Bioma Caatinga (Fonte: MMA, 2010).

Estado	Desmatamento acumulado (km ²)
Bahia	4.527
Ceará	4.132
Piauí	2.586
Pernambuco	2.204
Rio Grande do Norte	1.142
Paraíba	1.013
Minas Gerais	359
Alagoas	353
Sergipe	157
Maranhão	97

A pressão existente sobre a vegetação da Caatinga é uma realidade e para compreendê-la é necessário um olhar mais aguçado sobre a organização dos sistemas produtivos. De acordo com Leal et. al. (2005), a agricultura de corte e queima – que converte anualmente remanescentes de vegetação em culturas de ciclo curto – o corte de madeira para lenha, a caça de animais e a contínua remoção da vegetação para a criação de bovinos e caprinos, têm levado ao empobrecimento ambiental, em larga escala, da Caatinga.

2.2. Dinâmica da matéria orgânica

A matéria orgânica do solo é um complexo conjunto de materiais orgânicos que diferem em composição, grau de disponibilidade para a microbiota e função no ambiente (CARTER, 2001).

O termo MOS (matéria orgânica do solo) refere-se a todos os compostos que contêm carbono orgânico no solo, incluindo organismos vivos e mortos, resíduos de plantas e animais parcialmente decompostos, produtos de sua decomposição e substâncias orgânicas microbiologicamente e/ou quimicamente alteradas (MIELNICZUK, 2008). Ela representa o principal reservatório de nutrientes para as plantas e os microrganismos. E os teores dessa MOS resultam de um equilíbrio dinâmico entre as taxas de adição e decomposição e podem ser indicadores do estado de preservação dos ecossistemas naturais e de agroecossistemas (GAMA-RODRIGUES et al., 2008).

O conteúdo e a qualidade da matéria orgânica também são atributos dos solos que podem ser utilizados para avaliar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (MIELNICZUK, 1999). A manutenção da quantidade e qualidade da matéria orgânica no solo é importante, pois ela é fundamental na estruturação, fertilidade e atividade biológica do ecossistema solo.

Garantir a biodiversidade desse ecossistema não é o único fator positivo da conservação da Caatinga uma vez que as mudanças no uso da terra podem acelerar a decomposição da matéria orgânica do solo (MOS), promovendo a liberação do CO₂ intensificando o efeito estufa. Pois, sob vegetação natural, o teor de MOS se encontra estável, mas quando a vegetação nativa é substituída pelos sistemas agrícolas, os estoques de carbono orgânico (CO) podem ser reduzidos,

com perdas de aproximadamente 50 % nos primeiros 20 cm de profundidade e de até 20 % na profundidade de um metro.

Em alguns solos brasileiros, estudos têm mostrado que as perdas acentuadas de carbono com o desmatamento e cultivo dos solos são acompanhadas pelo consumo de frações orgânicas de maior labilidade, o que implica no aumento do já elevado grau de aromaticidade da MOS (SILVA et al., 1999). As mudanças na composição da matéria orgânica e as reduções nos estoques de carbono comprometem a sustentabilidade desses agroecossistemas, uma vez que a maior disponibilidade, no solo, de compostos orgânicos pode aumentar a CTC (BAYER, 1999), a atividade microbiana (SCHERER et al., 2007), aumentar a capacidade de armazenamento de água no solo e reduzir a adsorção de grupamentos fosfatos aos colóides do solo (GUERTAL et al., 1991).

Para Post et al. (2000), a substituição da cobertura vegetal e práticas de preparo do solo influenciam diretamente no estoque de C por alterar a taxa de adição e de decomposição da MOS. Segundo Zinn et al. (2005), as maiores taxas de decomposição da MOS observadas em áreas sob cultivo ocorrem em razão às perturbações físicas do solo, que implicam no rompimento dos macroagregados (reduz a proteção física da MOS), expondo a MOS protegida aos processos microbianos, contribuindo para aumentar as taxas de emissão de CO₂ para a atmosfera. Quando um solo é submetido a um intenso cultivo, os macroagregados são rompidos rapidamente, tornando a fração oclusa da matéria orgânica do solo (que está fisicamente protegida) mais vulnerável a decomposição e a mineralização (SIMANSKY et al., 2013).

O impacto dos sistemas de manejo do solo sobre a dinâmica da MOS ou sobre o ciclo do carbono nos agroecossistemas merece uma atenção especial. E quando falamos do Bioma Caatinga, essa atenção deve ser redobrada, pois este é um ecossistema que apresenta uma fragilidade natural, além dos inúmeros problemas de ordem socioambiental que são agravados pelas limitações impostas pela escassez de água.

2.3. Atividade microbiana no solo

Os microrganismos do solo têm um papel fundamental no funcionamento e na sustentabilidade dos agroecossistemas, por atuarem na gênese e morfologia dos solos, na troca de nutrientes solo-planta e na ciclagem de compostos orgânicos. São eles que promovem a decomposição de resíduos, a mineralização e a absorção de determinados nutrientes pelas plantas, melhorando sua nutrição, resistência a doenças e a estresses abióticos (COLOZZI et al., 1999).

A biomassa microbiana do solo (BMS) é um componente importante da matéria orgânica do solo (MOS) responsável por regular as transformações microbiológicas e acúmulo de nutrientes, sendo o componente mais dinâmico da matéria orgânica do solo, podendo sofrer alterações de forma muito rápida em função de estresses abióticos, da mesma forma que interfere significativamente sobre os demais componentes do estoque de carbono (MENDONÇA et al., 2005). Ela representa o destino inicial do carbono em transformação no solo (MOREIRA et al., 2006), e por ser a fração ativa da MOS, é mais sensível que os resultados de C orgânico e N total para aferir alterações causadas por práticas de manejo (GAMA-RODRIGUES, 2008). Estima-se que 1 a 3% do carbono orgânico total presente em solos tropicais está associado à biomassa microbiana. O carbono da biomassa microbiana é um tipo de carbono de fácil degradação e serve como um índice qualitativo do solo, principalmente por estar associado aos microrganismos do solo, sendo utilizado para medir a atividade biológica e inferir sobre as condições de vida no solo (MOREIRA et al., 2006).

A respiração microbiana reflete a atividade microbiana no solo, e é medida através da quantificação de CO₂ liberado e/ou O₂ absorvido, resultando da atividade dos microrganismos. Quando a respiração microbiana é relacionada com o carbono da biomassa microbiana, é possível determinar o quociente metabólico (qCO_2), o qual possibilita quantificar de forma mais clara e com menor variabilidade a atividade microbiana (AQUINO et al., 2005), além de caracterizar os efeitos na atividade biológica decorrente de atividade antrópica, como o empobrecimento dos solos causado pelo revolvimento e adição de fertilizantes nitrogenados.

Altos valores de qCO_2 mostram que a eficiência da atividade microbiana está baixa e que os microrganismos do solo estão sob estresse ambiental (WARDLE et

al., 1995), pois uma biomassa microbiana eficiente libera menos carbono em forma de CO₂ pela respiração, mas incorpora carbono em sua constituição aumentando assim a sua massa microbiana (AQUINO et al., 2005).

2.4. Teores e estoques de carbono e nitrogênio no solo

Para Doran e Parkin (1994), qualidade do solo pode ser definida como a aptidão do mesmo em funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens. Com base nesta teoria, um solo com qualidade deve fornecer as condições necessárias para as plantas expressarem o seu potencial produtivo. Sendo assim, tanto os solos sob sistemas agrícolas quanto sob vegetação nativa comportam-se como sistemas abertos, trocando energia e matéria com o meio. Portanto, é importante conhecer os solos do Semiárido Tropical brasileiro para verificar o potencial que estes solos possuem de estocar carbono e nitrogênio e compreender a dinâmica destes elementos no ecossistema.

O carbono constitui cerca de 56% da matéria orgânica do solo e cerca de 45% do tecido vegetal. Segundo Houghton (2001), o estoque de C orgânico nos solos, em torno de 1,5 a 2 Pg, é cerca de duas vezes maior que o estoque de C na atmosfera e cerca de três vezes maior que todo o C contido na biomassa vegetal do planeta. O teor de carbono orgânico no solo em diferentes sistemas fornece informações importantes para a avaliação da qualidade do solo. Existe interesse cada vez maior na identificação dos sistemas de manejo de culturas e pastagens que promovam o aumento do estoque de carbono no solo (FREITAS et al., 2000). Entretanto, é importante salientar que o estoque de carbono no solo não é um bom parâmetro, se utilizado isoladamente, para avaliar a dinâmica de carbono no Semiárido porque os solos da região possuem, de modo geral, baixo teor de matéria orgânica.

Segundo Sampaio e Freitas (2008) há cinco razões principais para o interesse no estoque e produção de biomassa na vegetação nativa do Semiárido Tropical brasileiro: parte da biomassa é utilizada na produção de lenha; outra parte constitui a pastagem nativa, usada nos sistemas agropecuários; a acumulação de biomassa e

de nutrientes faz parte da etapa de pousio no ciclo da agricultura itinerante; a revegetação de área degradada ou onde a agricultura é descontinuada pode entrar no mercado de carbono; e a vegetação nativa é o melhor indicador da capacidade de produção de um sistema.

Uma análise comparativa dos estoques de carbono dos diferentes Biomas brasileiros foi realizada por Fidalgo et al. (2007), utilizando a base de dados de Chagas et al. (2004) com dados provenientes da caracterização de diferentes solos. A partir dos dados apresentados pelos autores verifica-se que o acúmulo médio de carbono orgânico total é de 23,7 Mg ha⁻¹ para os solos do Bioma Caatinga, valor menor do que os apresentados para os para os Bioma Mata Atlântica e Cerrado, 41,8 e 39,2 Mg ha⁻¹ respectivamente. No entanto, Maia et al. (2007) encontraram, em Luvissole crômico, sob Caatinga hiperxerófila no semiárido cearense, estoque de carbono de 48,4 Mg ha⁻¹.

Em estudos realizados nos diferentes biomas brasileiros, os autores demonstraram haver relação direta entre o teor de C e N do solo e o tipo de vegetação (SIQUEIRA NETO et al., 2009; SIQUEIRA NETO et al., 2010; MAIA et al., 2009; MAIA et al., 2010; FRAZÃO et al., 2010). Drumond et al. (2008) avaliaram a produção e distribuição de biomassa de algumas espécies arbóreas introduzidas, de uso múltiplo para a região semiárida, em solos de baixa fertilidade, comparando a uma espécie nativa, de alto potencial de produção de biomassa. Entre as espécies estudadas a *Mimosa tenuiflora* apresentou a menor produção de biomassa seca de parte aérea e raiz, respectivamente 21,62 e 6,60 Mg ha⁻¹, enquanto a *Caesalpinia velutina* apresentou produção de biomassa aérea e radicular de 51,64 e 12,04 Mg ha⁻¹.

Os teores de carbono das espécies do Cerrado e da Caatinga foram determinados por Vieira et al. (2009), em diferentes partes das árvores: folhas, galhos, raízes, cascas e fustes. Os teores médios de carbono para as espécies do Cerrado foram: 43,24% para a folhagem, 42,06% para os galhos, 40,09% para as raízes, 41,01% para os fustes e 40,60% para as cascas. Já para o Bioma Caatinga foram encontrados os seguintes resultados: 47,39% para a folhagem, 44,68 para os galhos, 44,38% para as raízes, 43,75% para os fustes e 44,60 % para as cascas. Estima-se que a produção anual de fitomassa da Caatinga varia de 1,0 a 7,0 Mg ha⁻¹. Mas, embora seja importante realizar determinações diretas dos teores

de carbono, há uma grande dificuldade para se estimar a fitomassa média total produzida pela vegetação da Caatinga. Se os dados de produção e estoque de fitomassa da parte aérea da Caatinga são escassos, dados do sistema radicular são praticamente inexistentes (SAMPAIO et al., 2008).

Frente aos dados que foram apresentados pelos autores, fica evidente a necessidade por maiores informações a respeito do estoque de carbono na fitomassa aérea e radicular nos agroecossistemas e na Caatinga. O conhecimento dos reais teores de carbono de um bioma é um dos pontos-chave na elaboração de projetos ambientais voltados ao sequestro de carbono (VIEIRA et al., 2009).

A preocupação com a conservação e restauração da Caatinga só cresce nos últimos anos, em razão da grande ameaça de extinção das áreas desse ecossistema. A produção agrícola, especialmente a de áreas irrigadas pode provocar processos de fragmentação, remoção e conversão de uso de áreas naturais no Semiárido, enquanto a agricultura de subsistência ocupa pequenos espaços e não promove uma frente de desmatamento ou fronteira agrícola. Os cultivos comerciais ganharam forma nos últimos anos. A expansão destas culturas tem impacto sobre o desmatamento do Bioma pela abertura de grandes áreas. As alterações devido ao processo de antropização no Bioma Caatinga alteram consideravelmente o estoque de carbono no solo e na vegetação. No caso da exploração pecuária, o superpastoreio de ovinos, caprinos, bovinos e outros herbívoros tem modificado a composição florística do estrato herbáceo, quer pela época quer pela pressão de pastejo. Além disso, a exploração madeireira já tem causado mais danos à vegetação lenhosa da Caatinga do que a própria agricultura migratória. As conseqüências desse modelo extrativista predatório se fazem sentir principalmente nos recursos naturais renováveis da Caatinga (GIONGO, 2010).

As alterações dos Biomas pela ação humana modificam os ciclos do carbono e nitrogênio, elementos importantes para manutenção da dinâmica dos ecossistemas. E, embora pouco se saiba a respeito da contribuição da Caatinga para os seus estoques, é importante se desenvolver estratégias de manejo que visem à preservação de áreas não antropizadas e à recuperação de áreas degradadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização das áreas de estudo

As áreas estudadas estão localizadas no Centro Territorial de Educação Profissional (CETEP), coordenadas 11°18' 58,44"S e 47°49' 48,11"W, no município de Irecê, região Centro Norte do Estado da Bahia (Figura 1). Situada a 478 km da cidade de Salvador, Irecê fica na zona fisiográfica da Chapada Diamantina Setentrional, abrangendo toda a área do Polígono das Secas. Pertence à bacia do São Francisco, abrange uma área de 254 km² e apresenta uma densidade populacional rural de 43 hab/km². É famosa e reconhecida pelo grande potencial agrícola e agropecuário, tendo recebido importantes títulos de *Cidade do Feijão* e *Capital da Mamona* pelas grandes safras colhidas. Atualmente a economia do município e região é baseada na produção agrícola de várias culturas, dando-se destaque além da produção de mamona e feijão, à produção de cebola, tomate, beterraba, cenoura, pinha (que também tem grande destaque na região). O município ainda hoje é considerado um dos principais produtores de feijão do Nordeste e o segundo do País.

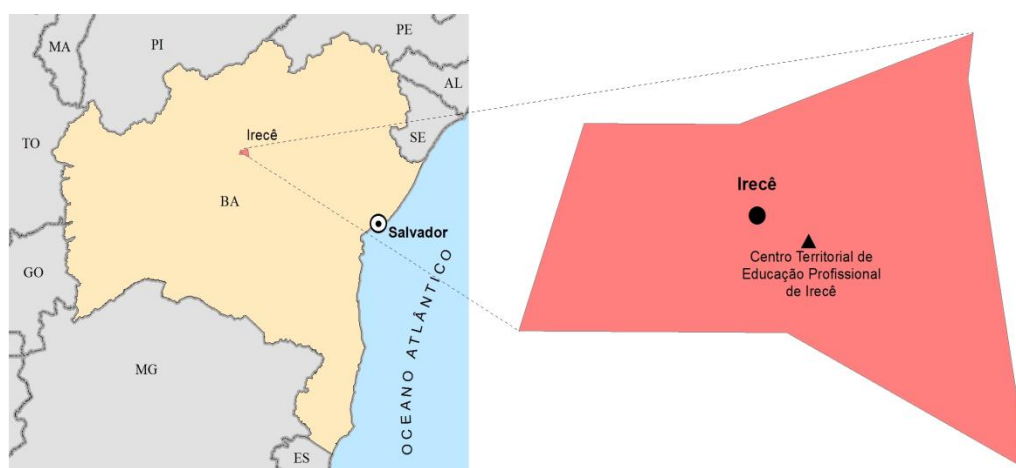


Figura 1. Área de estudo localizada no Centro Territorial de Educação Profissional (CETEP) no município de Irecê (BA), 2012.

3.2. Descrição das áreas de estudo

Para o estudo foram selecionadas três áreas (Figura 2). Área 1: Caatinga nativa (CN), sem interferência antrópica que constitui tratamento referência. A área de Caatinga nativa (CN) é um fragmento de Caatinga preservado, que não sofre operações de manejo há pelo menos 20 anos; área 2: Caatinga pastejada (CP), que era uma área de Caatinga desmatada há 20 anos e que vem em processo de regeneração há aproximadamente 15 anos, sendo atualmente utilizada por vacas leiteiras (gado de leite); área 3: mamona integrada com pastagem (MIP) que foi cultivada com diferentes culturas por um período de 20 anos, sendo em seguida cultivada por cinco anos com mamona, e nos últimos dois anos foi substituída por pastagem. Essa área usava sistema convencional de preparo do solo com uma aração e duas gradagens.

3.3. Aspectos gerais da região

- ***Relevo e geologia***

O relevo da área em estudo constitui-se por uma chapada irregular formada por planos rampeados, contendo formas de dissolução cársticas. As principais drenagens são representadas pelos rios Jacaré e Salitre, da bacia do rio São Francisco (PROJETO RADAM, 1983).

Do ponto de vista geológico, a região é representada pela Bacia Calcária de Irecê, que está inserida na Formação Salitre, do Grupo Una e do Supergrupo São Francisco. A Bacia de Irecê possui ainda depósitos de zinco com chumbo subordinado, jazimentos de bário, flúor, chumbo, cristal de rocha e calcita. A fonte de calcário da bacia é praticamente inesgotável em função de sua grande área de ocorrência, de uso múltiplo e composição variada (SAMPAIO, 2001).



(a)



(b)



(c)

Figura 2. Áreas de coleta das amostras de solo para o estudo: (a) Caatinga nativa (CN); (b) Caatinga pastejada (CP); (c) mamona integrada com pastagem (MIP). Centro Territorial de Educação Profissional (CETEP), Irecê - BA, 2012.

- **Clima**

A região de Irecê está localizada no Centro Norte da Bahia e possui características climáticas de semiaridez, com precipitação anual média de 650 mm e temperatura média anual de 23,5 °C e o platô de Irecê é a principal unidade geoambiental da região (CAR, 2002).

As precipitações médias registradas demonstram que o período chuvoso inicia em outubro, com 21,0 mm e se estende até abril, com 45,0 mm. A evapotranspiração potencial é de 1.613 mm/ano, sendo os valores mais baixos no período seco e os valores mais altos no período chuvoso, favorecendo a ocorrência de déficits hídricos.

- **Solos**

Os solos são de alta fertilidade natural, com grandes áreas de predomínio dos Cambissolos eutróficos originados de rochas calcárias e a vegetação nativa é formada por Caatinga (SILVA et al. 1993; CAVEDON, 1986; RESENDE et al., 1988). Segundo a Codevasf (1991), os solos mais importantes do Platô de Irecê são os Cambissolos Bruno Avermelhados eutróficos, não apenas pela sua elevada expressão geográfica, mas também por apresentar boas características físicas e químicas.

- **Vegetação**

A vegetação nativa formada pela Caatinga hipo e hiperxerófila em razão da fertilidade natural dos solos foi, em grande escala, destruída para dar lugar às culturas sazonais. Restam apenas 5% do território de Irecê cobertos por fragmentos descontínuos de vegetação primária. Segundo levantamento recente, as espécies vegetais que ainda podem ser encontradas na Caatinga são a *Acacia glomerosa*, *Terminalia brasiliensis*, *Piptadenia stipulacea*, *Myracrodruon urundeuva*, *Piptadenia viridiflora*, *Ziziphus joazeiro*, *Cochlospermum regium*, *Manihot glaziovii*, *Caesalpinia*

ferrea, *Spondias tuberosa*, *Sideroxylon obtusifolium*, *Schinopsis brasiliensis*, *Aspidosperma pyrifolium*.

3.4. Amostragem do solo

A coleta das amostras de solo foi realizada em julho de 2012. Em cada área as amostragens do solo foram feitas em seis trincheiras nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, totalizando 72 amostras. A área amostral foi de 1 hectare dentro de cada cobertura vegetal. O solo foi descrito em campo segundo Cunha (2012) e classificado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) como Cambissolo. As análises físicas, químicas e biológicas foram realizadas no Laboratório de Solos e no Laboratório de Microbiologia da Embrapa Semiárido: densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), porosidade total estimada (Pt), areia total, argila, silte, nitrogênio, pH em água, hidrogênio mais alumínio, potássio, magnésio, fósforo, sódio, cálcio, ferro, zinco, cobre e manganês, carbono orgânico total, carbono da biomassa e respiração basal.

Em todas as trincheiras e profundidades foram coletadas amostras indeformadas pelo método do cilindro volumétrico para determinação da densidade do solo.

3.5. Determinações analíticas

A descrição detalhada dos métodos utilizados para a caracterização física e química do solo está contida no Manual de Métodos de Análises de Solo (EMBRAPA, 1997).

3.5.1. Atributos físicos

- ***Análise granulométrica***

A determinação da granulometria foi realizada para todas as amostras de solo (profundidades 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm). O método utilizado para determinar os teores de areia, silte e argila foi o densímetro, que consiste em dispersar a amostra de solo com solução de hexametáfosfato de sódio e hidróxido de sódio. Depois de

agitada a suspensão e transferida para uma proveta graduada, é feita a leitura com densímetro com vários intervalos de tempo. Os tempos adotados para o procedimento das leituras com densímetro foram: 30', 1', 2', 4', 6', 15', 30', 1h, 2h, 4h, 6h e 8h.

- **Porosidade total (Pt)**

A partir das densidades do solo (DS) e das partículas (DP) foi calculada a porosidade total, segundo a fórmula:

$$Pt = (dp - ds) \times 100/dp.$$

3.5.2. Atributos químicos

Para a caracterização química do solo das áreas estudadas foram determinados o pH em água e os teores de P, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, os micronutrientes Cu, Mn, Fe e Zn, além de H+Al, CTC (Capacidade de Troca de Cátions), Soma de bases (SB) e saturação por bases (V%).

- **pH em H₂O**

Determinado numa suspensão solo-líquido, de aproximadamente 1:2,5, agitada e deixada em repouso por uma hora. Após uma hora, agita-se novamente e faz-se a leitura em potenciômetro.

- **Condutividade elétrica**

Em pasta de saturação, em que 10 g de solo foi misturado a 25 mL de água. A leitura foi realizada no sobrenadante, após 1h de repouso, utilizando condutivímetro.

- **Carbono Orgânico**

Determinado através do método volumétrico pelo dicromato de potássio 0,4 N e titulado pelo sulfato ferroso.

- **Matéria Orgânica**

A percentagem de matéria orgânica é calculada 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%.

- **Fósforo Assimilável (P)**

Através do método colorimétrico pelo ácido ascórbico, utilizando-se como solução extratora o HCl 0,05 N e H₂SO₄ 0,25 N.

- **Potássio (K⁺) e Sódio (Na⁺) trocáveis**

Extraídos com HCl 0,05 na proporção de 1:10. Foram determinados por fotometria de chama.

- **Acidez trocável (H⁺ + Al³⁺)**

Determinada pelo método volumétrico com extração pelo acetato de cálcio normal pH 7,0 e titulação pelo hidróxido de sódio trocável 0,06 N.

- **Ca⁺², Mg⁺² e Al⁺³ trocáveis**

Extraídos com solução de KCl 1 N na proporção de 1:10. Após agitação e repouso, tira-se do sobrenadante duas alíquotas de 50 ml, sendo o Al determinado numa delas pela titulação de acidez com NaOH 0,025 N, usando-se azul de bromotimol como indicador. Nessa mesma alíquota foi efetuada a determinação de Ca⁺² + Mg⁺², com adição de uma gota de água de bromo para destruir o azul de bromotimol, adicionando-se em seguida o coquetel tampão. Já na outra alíquota, foi determinado o Ca⁺², adicionando-se trietanolamina 50% e KOH 10%. Ambas soluções foram tituladas com EDTA, usando-se como indicador, erichrome black e murexida, respectivamente; por diferença, obteve-se o Mg⁺².

- **Soma de bases trocáveis (SB)**

Expressa em cmolc dm^{-3} de terra fina seca em estufa pela expressão:

$$\text{SB} = \text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$$

- **Capacidade de troca de cátions (CTC)**

Calculada somando-se algebricamente os seguintes valores, expressa em cmolc dm^{-3} :

$$\text{CTC} = \text{S} + (\text{H}^{+} + \text{Al}^{+3})$$

- **Percentagem de saturação por bases (valor V) calculado pela expressão:**

$$\text{V}\% = 100 \text{ SB/CTC}$$

- **Micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn)**

As análises foram realizadas empregando o extrator Mehlich-1 e a determinação por espectrofotometria de absorção atômica.

3.5.3. Atributos biológicos

- **Estimativa de carbono microbiano no solo (CBM)**

Para a estimativa do CBM foi utilizado o método de fumigação-extração (VANCE et al., 1987), com uso do extrator K_2SO_4 $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, oxidação a quente com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ $0,0667 \text{ mol L}^{-1}$ + $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_3\text{PO}_4$ 2:1 e titulação com sulfato ferroso amoniacal $0,0333 \text{ mol L}^{-1}$. Esse método consiste em comparar amostras fumigadas com clorofórmio e amostras controle (sem clorofórmio). Cada amostra foi analisada em triplicata, sendo três repetições analíticas para as fumigadas e três para as não fumigadas (Figura 3).



(a)

(b)

Figura 3. (a) Solo exposto ao clorofórmio; (b) amostras fumigadas e não-fumigadas em triplicata.

- ***Estimativa da respiração basal no solo, qCO_2 e $qMIC$***

A respiração basal foi determinada pela quantificação do dióxido de carbono (CO_2) liberado no processo de respiração microbiana durante os sete dias de incubação (Figura 4). A incubação foi feita a partir do primeiro dia de coleta do solo. O solo foi incubado em vidros hermeticamente fechados junto com a solução de NaOH $0,05 \text{ mol L}^{-1}$, e acondicionadas em local isento de luminosidade. Para as amostras controle foi realizado o mesmo procedimento sem o solo. Logo após a abertura dos recipientes, adicionou-se 5 ml de $BaCl_2$ (0,5 M) no recipiente com NaOH, e o mesmo foi titulado usando como indicador fenolftaleína 1%. O quociente metabólico (qCO_2) foi calculado pela razão entre a respiração basal (RB) e o carbono da biomassa microbiana (CBM), enquanto o quociente microbiano ($qMic$) pela relação entre o teor de carbono orgânico total (COT) e o teor de carbono microbiano.



(a)

(b)

Figura 4. Respiração microbiana no solo - incubação com NaOH (a e b).

3.6. Teores de carbono e nitrogênio no solo

Para os teores de C e N, as amostras foram moídas e passadas em peneiras de 100 mesh (0,149 mm).

O carbono orgânico total foi determinado por oxidação a quente com dicromato de potássio e titulação com sulfato ferroso amoniacal, segundo o método modificado por Walkley & Black (1934). O N total foi determinado pela digestão do solo com ácido sulfúrico e água oxigenada, seguida de destilação a vapor (Kjeldahl) com hidróxido de sódio e titulação da amostra com indicador de ácido bórico e ácido clorídrico.

As formas de N amoniacal (N-NH₄) e nítrico (N-NO₃) foram determinadas segundo Bremner & Keeney (1965), com destilação a vapor do extrato de KCl 2 mol L⁻¹.

3.7. Estoque de carbono (EstC) e nitrogênio no solo (EstN)

O estoque de carbono (COT) foi calculado nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, a partir da expressão:

$$\text{EstC} = (\text{COT} \times \text{Ds} \times \text{e})/10,$$

em que **EstC** é o estoque de C orgânico em determinada profundidade (Mg ha⁻¹); CO é o teor de C orgânico total (g kg⁻¹); **Ds** é a densidade do solo média da profundidade (kg dm⁻³), **e** é a espessura da camada considerada (cm).

O estoque de N total no solo foi calculado de maneira semelhante ao estoque de carbono, tendo sido utilizada a expressão:

$$\text{EstN} = (\text{Nt} \times \text{Ds} \times e)/10,$$

onde EstN é o estoque de N total no solo em determinada profundidade (Mg ha^{-1}); Nt é o teor de N total (g kg^{-1}).

A comparação dos estoques entre as áreas estudadas deve ser feita em massas iguais de solo e como os diferentes usos e práticas podem alterar a densidade do solo, as camadas que representam a mesma massa de N ou C podem variar. Os estoques foram corrigidos para a mesma massa de solo, utilizando como referência o solo da vegetação nativa. Essa fórmula foi baseada nos trabalhos de Ellert e Bettany (1995).

$$C_s = \sum_{i=1}^{n-1} C_{ti} + \left[M_{tn} - \left(\sum_{i=1}^n M_{ti} - \sum_{i=1}^n M_{si} \right) \right] * C_{tn}$$

Onde:

C_s = estoque de C total corrigido em função da massa de solo de uma área de referência

C_{ti} = somatório dos estoques de C no solo da primeira à penúltima camada amostrada, no tratamento considerado (Mg ha^{-1})

M_{tn} = massa do solo da última camada amostrada no tratamento (Mg ha^{-1})

M_{ti} = somatório da massa total do solo amostrado sob o tratamento (Mg ha^{-1})

M_{si} = somatório da massa total do solo amostrado na área de referência (Mg ha^{-1})

C_{tn} = teor de C no solo na última camada amostrada (Mg C Mg^{-1} de solo)

3.8. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, para caracterizar as diferenças entre os tratamentos. O programa utilizado foi o SAEG (Sistema de Análises Estatísticas).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Atributos físicos

- **Granulometria**

A textura do solo é colocada na Tabela 2 em função do aporte de silte, argila e areia. As porcentagens de argila superaram as de areia e silte, mostrando que se trata de um solo de classe textural entre argila siltosa a argila.

Tabela 2. Teores médios de areia, silte e argila presentes nas áreas estudadas.

PROF. (cm)	AREIA	SILTE	ARGILA
g kg ⁻¹			
CAATINGA NATIVA – CN			
0-5	247,86 ± 104,50	434,13 ± 142,73	318,02 ± 196,43
5-10	197,01 ± 36,22	345,74 ± 132,47	457,25 ± 110,79
10-20	220,11 ± 45,48	279,26 ± 156,77	500,62 ± 151,62
20-40	239,48 ± 57,50	417,62 ± 149,23	342,91 ± 170,62
CAATINGA PASTEJADA – CP			
0-5	206,59 ± 22,79	315,74 ± 58,81	477,67 ± 39,29
5-10	212,52 ± 13,93	295,40 ± 38,32	492,08 ± 35,54
10-20	212,20 ± 2,43	261,98 ± 11,79	525,82 ± 13,03
20-40	192,21 ± 15,36	390,64 ± 19,92	417,15 ± 21,79
MAMONA/PASTAGEM – MIP			
0-5	139,51 ± 22,37	378,60 ± 37,21	481,88 ± 53,91
5-10	137,13 ± 16,42	443,39 ± 80,70	419,48 ± 74,23
10-20	181,70 ± 64,62	420,43 ± 72,66	397,87 ± 133,57
20-40	189,53 ± 27,75	443,96 ± 84,86	366,51 ± 102,04

Os dados representam a média ± intervalo de confiança.

A granulometria é um componente inerente do solo que varia em função do material de origem e grau de intemperização, não apresentando grande alteração pelo manejo.

Segundo Lima (2003), as frações areia, silte e argila estão condicionadas a gênese do solo através de perdas, adições, transformações e transporte de materiais, não sendo influenciadas diretamente pela cobertura vegetal.

A granulometria apresenta uma relação direta com a proteção física e química da matéria orgânica no solo, sendo que a sua determinação é importante para verificar a homogeneidade entre as áreas de estudo. A relação entre a matéria orgânica e o teor de argila está relacionada com a estabilidade dos agregados, o qual tem grande impacto sobre os fatores que influenciam o crescimento das culturas e a qualidade de um solo.

Foi observado que o teor de argila aumentou com a profundidade nas camadas de 0-5 a 10-20 cm, tendendo a cair na última camada. O acréscimo, possivelmente, é devido a um processo de eluviação (perda) de argilas das camadas superficiais para subsuperficiais.

- **Densidade do solo**

A densidade do solo representa a quantidade de massa de solo que ocupa um volume conhecido. Quanto maior a densidade do solo, maior será o grau de compactação, e conseqüentemente maior será a resistência à penetração de raízes, infiltração de água e aeração (KOUTIKA et al., 1997).

A densidade apresentou diferença significativa entre as camadas para as áreas de CN e CP. Abaixo de 5 cm de profundidade os valores tendem a aumentar gradativamente e isto se explica, em parte, pela redução dos teores de matéria orgânica no solo e pelo aumento no teor de argila, o que tende a reduzir a macroporosidade do solo.

As menores médias foram encontradas na área de CN, diferindo significativamente de MIP, não oferecendo restrições físicas a expansão e crescimento das plantas. Isto se deve a condição de ambiente preservado, que contribui com maior teor de matéria orgânica.

Segundo Corsini et al. (1999), a densidade com valor entre 1,27 e 1,57 g cm⁻³ é restritiva ao crescimento radicular e a infiltração de água no solo com textura argilosa. Os valores de densidade nesse estudo foram menores que o índice crítico de crescimento radicular proposto pelo autor (1,57 g cm⁻³).

Em 2006, Almeida et al., estudaram o impacto da agricultura intensiva sob um Cambissolo eutrófico da região de Irecê e concluíram que o uso indiscriminado de insumos e máquinas agrícolas provocou aumento da densidade do solo e diminuição da porosidade e da agregação do solo. Ao observar os valores nas camadas mais profundas (Tabela 3), menos sujeitas a mudanças pelo uso do solo, observa-se que não houve diferença entre os diferentes usos.

Tabela 3. Valores médios da densidade do solo calculados para as diferentes camadas de solo.

PROF. (cm)	CAATINGA NATIVA	CAATINGA PASTEJADA	MAMONA/PASTAGEM
	CN	CP g dcm ³	MIP
0-5	1,12 ± 0,03 Cc	1,17 ± 0,04 Cb	1,25 ± 0,02 Aa
5-10	1,22 ± 0,02 Bb	1,24 ± 0,02 Bab	1,26 ± 0,01 Aa
10-20	1,26 ± 0,02 Aab	1,28 ± 0,02 Aa	1,23 ± 0,03 Ab
20-40	1,14 ± 0,04 Cb	1,20 ± 0,04 Ca	1,24 ± 0,02 Aa

Letras maiúsculas comparam as médias entre camadas no mesmo uso (vertical) e letras minúsculas comparam médias na mesma profundidade (horizontal) entre os diferentes usos. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

- **Porosidade total (Pt)**

A porosidade do solo exerce grande influência sobre o crescimento e desenvolvimento vegetal, uma vez que o crescimento das raízes, assim como a produtividade das culturas, é limitado pela profundidade que atingem.

Observando a Tabela 4 verifica-se diferença estatística significativa, oscilando entre 45,54 e 54,24%, sendo que as menores porosidades correspondem às maiores Ds, como era de se esperar. Somente a profundidade de 5-10 cm não apresentou diferença estatística significativa.

Nas figuras 5, 6 e 7 observa-se que, com o aumento da densidade do solo, ocorreu uma diminuição do espaço poroso total nas áreas estudadas.

Tabela 4. Valores médios da porosidade total para os diferentes usos do solo

ATRIBUTO	SISTEMA DE MANEJO		
	CAATINGA NATIVA CN	CAATINGA PASTEJADA CP	MAMONA/PASTAGEM MIP
Pt (%)	53,70 A	0-5 cm 50,70 B	49,93 B
Pt (%)	51,46 A	5-10 cm 45,54 A	49,93 A
Pt (%)	50,36 A	10-20 cm 47,76 B	51,90 A
Pt (%)	54,24 A	20-40 cm 50,16 B	51,08 AB

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

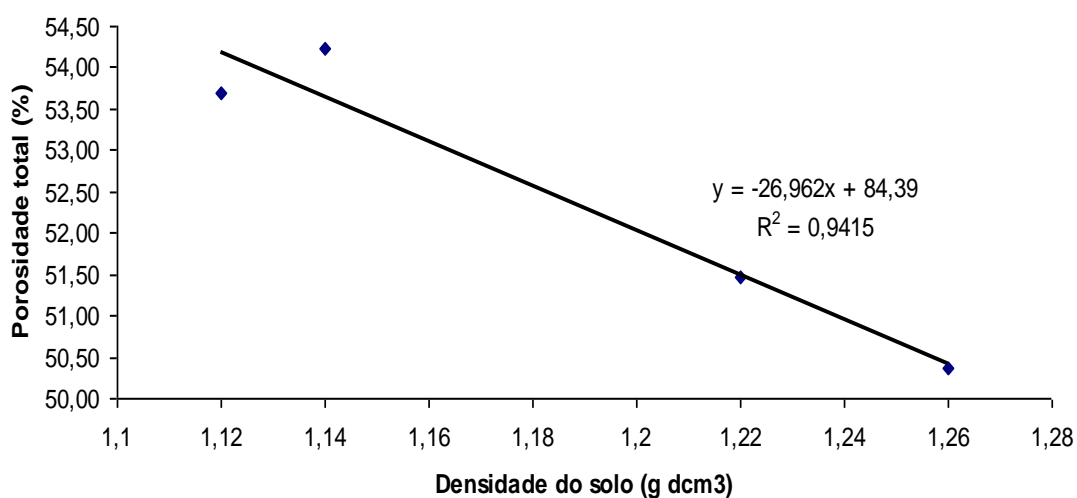


Figura 5. Porosidade, densidade do solo no sistema de uso e manejo da Caatinga nativa.

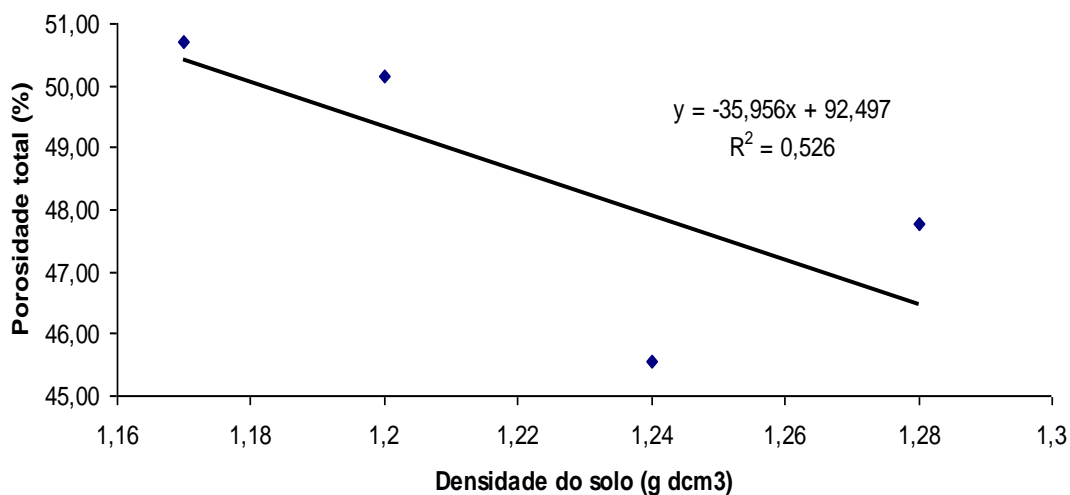


Figura 6. Porosidade, densidade do solo no sistema de uso e manejo da Caatinga pastejada.

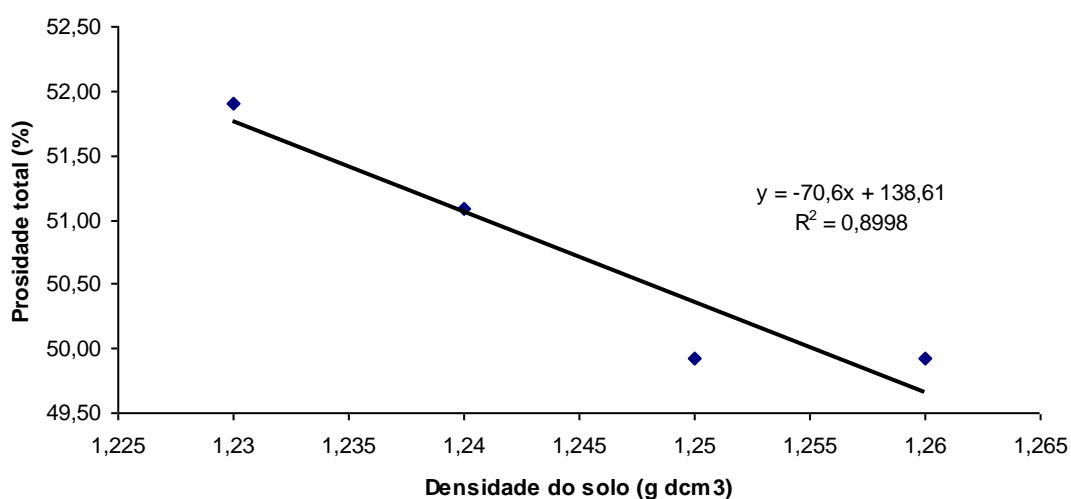


Figura 7. Porosidade, densidade do solo no sistema de uso e manejo de mamona/pastagem.

4.2. Atributos químicos

A Tabela 5 ilustra os resultados obtidos para matéria orgânica, pH medido em água (H₂O), e para os elementos P, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, além da acidez potencial do solo (H+Al). Os maiores valores de MO foram encontrados na área de CN, em todas

as camadas, e os menores em CP e MIP. A distribuição da matéria orgânica diminui com a profundidade. Este comportamento é devido ao maior aporte de restos vegetais que se acumula na superfície. É na camada superficial que ocorre maior acumulação da matéria orgânica do solo pela deposição de material vegetal da parte aérea das plantas ou cobertura morta, além do efeito das raízes.

Em solos sob vegetação natural, a preservação da MO tende a ser máxima, pois o revolvimento do solo é mínimo, sendo o aporte de C nessas áreas mais elevado do que em áreas cultivadas. Em áreas cultivadas, os teores de MO, via de regra, diminuem, já que as frações orgânicas são mais expostas ao ataque de microrganismos, em função do maior revolvimento e desestruturação do solo (RESCK et al., 1991).

O pH é uma medida útil por fornecer indicações sobre atividade microbológica (SOUZA et al., 2007). Ele está diretamente relacionado à saturação de bases, pois quanto menor o valor do pH, menor será a % de bases ocupando o complexo coloidal do solo. Nas três áreas, o pH permaneceu num nível praticamente neutro. Observando-se os dados, verifica-se que não houve diferenças significativas entre as camadas dentro do mesmo uso e entre eles, apesar de, numericamente, a CP ter apresentado o maior valor (7,26) e a CN o menor (6,92).

Tabela 5. Valores médios de MO, pH(H₂O), P, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e H+Al para os diferentes sistemas de uso da terra

PROF. (cm)	SISTEMA DE MANEJO		
	CAATINGA NATIVA	CAATINGA PASTEJADA	MAMONA/PASTAGEM
		MO (g kg⁻¹)	
0-5	77,65 a	50,48 b	36,91 b
5-10	54,05 a	39,44 b	37,11 b
10-20	40,43 a	27,56 b	35,42 ab
20-40	27,27 ab	18,07 b	34,55 a
		pH (H₂O)	
0-5	7,00 a	7,26 a	7,00 a
5-10	7,10 a	7,16 a	7,08 a
10-20	7,00 a	7,10 a	7,20 a
20-40	6,92 a	7,14 a	7,16 a
		P (mg dm⁻³)	
0-5	60,18 a	46,27 a	92,89 a
5-10	22,67 a	47,27 a	101,11 a
10-20	11,72 a	30,20 a	72,91 a
20-40	9,37 a	23,40 a	67,88 a

		K (cmolc dm⁻³)	
0-5	0,77 a	0,74 a	0,54 a
5-10	0,28 a	0,33 a	0,56 a
10-20	0,13 a	0,16 a	0,32 a
20-40	0,08 a	0,93 a	0,25 a
		Na (cmolc dm⁻³)	
0-5	0,52 a	0,05 a	0,55 a
5-10	0,03 a	0,03 a	0,05 a
10-20	0,03 a	0,02 a	0,04 a
20-40	0,04 a	0,02 a	0,04 a
		Ca (cmolc dm⁻³)	
0-5	16,92 a	17,22 a	18,42 a
5-10	15,18 a	17,10 a	17,58 a
10-20	17,36 a	17,35 a	18,84 a
20-40	16,92 a	17,68 a	17,78 a
		Mg (cmolc dm⁻³)	
0-5	3,86 a	4,41 a	4,00 a
5-10	4,05 a	4,53 a	4,56 a
10-20	3,62 a	4,65 a	3,86 a
20-40	4,03 a	4,38 a	4,62 a
		H+Al (cmolc dm⁻³)	
0-5	0,66 a	0,58 a	1,37 a
5-10	1,22 a	0,61 a	0,03 a
10-20	1,92 a	1,01 a	0,03 a
20-40	1,89 a	1,33 a	1,34 a

Letras minúsculas comparam médias entre os locais de estudo dentro da mesma profundidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para que haja boa atividade microbiana o solo precisa apresentar reação próxima à neutralidade. E para que o solo tenha reação neutra ele necessita ter no seu complexo sortivo quantidades de Ca^{+2} e Mg^{+2} suficientes para neutralizar os átomos de H^+ provenientes da MO ou da reação de hidrólise do Al^{+3} . No que se refere ao estoque de C e N, sabe-se que cátions alcalinos como Ca^{2+} e Mg^{2+} , principalmente o Ca^{2+} , favorecem a maior estabilidade da MO por proporcionar a formação de substâncias húmicas, como por exemplo ácidos húmicos e huminas, mais evoluídas e recalcitrantes, o que favorece o aumento de estoques de C e N no solo devido a maior resistência dessas substâncias aos processos de oxidação. Quanto à saturação por bases, espera-se o mesmo comportamento, pois esta é o reflexo dos teores de cátions alcalinos terrosos na CTC do solo.

Neste trabalho foi calculada a CTC efetiva (Tabela 6) com base no pH natural do solo. A soma de bases (SB) é composta pela soma das bases trocáveis (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ e Na^+). A saturação por bases (V%) é calculada pela razão entre a SB e a CTC. Essas três variáveis, CTC, SB e valor V (%) apresentaram altos valores,

segundo limites estabelecidos por Faria et al. (2007), não deferindo estatisticamente entre e dentro de cada uso, confirmando a alta fertilidade do solo, das áreas de CN, CP e MIP, evidenciada pelo valores desses três atributos. De maneira geral, os solos das três áreas em estudo, que são derivados de calcário, possuem retenção neutra e são ricos em nutrientes, com saturação de base superior a 90%.

Tabela 6. Valores médios da CTC efetiva, Soma de bases e saturação por bases para os diferentes sistemas de uso.

PROF. (cm)	SISTEMA DE MANEJO		
	CN	CP	MIP
	CTC efetiva (cmolc dm⁻³)		
0-5	22,27 ± 4,63	23,01 ± 1,35	24,40 ± 1,93
5-10	20,77 ± 2,52	22,61 ± 2,47	22,79 ± 1,19
10-20	23,06 ± 3,83	23,19 ± 2,15	23,09 ± 1,56
20-40	22,96 ± 2,55	23,54 ± 1,62	24,03 ± 1,62
	SB (cmolc dm⁻³)		
0-5	21,60 ± 3,09	22,43 ± 1,24	23,03 ± 1,58
5-10	19,54 ± 1,81	21,99 ± 2,45	22,76 ± 1,22
10-20	21,15 ± 3,39	22,18 ± 2,73	23,06 ± 1,62
20-40	21,07 ± 2,33	22,20 ± 2,53	22,69 ± 1,95
	V (%)		
0-5	97,82 ± 5,58	97,62 ± 6,11	94,65 ± 6,61
5-10	94,64 ± 8,70	97,46 ± 6,51	99,85 ± 0,30
10-20	92,04 ± 9,83	95,62 ± 7,19	99,84 ± 0,32
20-40	92,09 ± 9,26	94,22 ± 6,65	94,55 ± 7,08

Os dados representam a média ± intervalo de confiança.

Também foram determinados os teores dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn (Tabela 7). Oliveira et al. (1993) analisaram o gossan (formação superficial resultante da alteração intempérica de mineralizações sulfetadas e que constitui um tipo particular de chapéu de ferro) Irecê-Lapão e atestaram a riqueza em Pb, Zn, As e Ag, com teores ligeiramente elevados de Cu. Com relação ao Cu, as áreas apresentaram valores que variaram de 0,27 a 0,56 mg dm³, todos eles abaixo do valor de referência de qualidade do solo. De acordo com Alvarez et al. (1999), concentrações entre 0,4-0,7 mg kg⁻³ são consideradas como baixas.

Os valores de Zn tiveram amplitude oscilando entre 3,56 a 33,16 mg dm⁻³. Ele é considerado um dos elementos essenciais para as plantas e animais. No solo ele pode ser adsorvido por minerais de argila, óxidos metálicos hidratados e matéria orgânica e sua concentração pode variar de 10-300 mg kg⁻¹ podendo ser tóxico em

altas concentrações (KIEKENS, 1993). Seus valores se encontram abaixo dos valores considerados prejudiciais às plantas.

Tabela 7. Valores médios de Cu, Fe, Mn e Zn para os diferentes sistemas de uso

PROF. (cm)	SISTEMA DE MANEJO		
	CN	CP	MIP
		Cu (mg dm⁻³)	
0-5	0,27 ± 0,17	0,28 ± 0,08	0,29 ± 0,20
5-10	0,31 ± 0,20	0,27 ± 0,06	0,29 ± 0,13
10-20	0,33 ± 0,13	0,32 ± 0,08	0,30 ± 0,10
20-40	0,56 ± 0,35	0,35 ± 0,11	0,30 ± 0,13
		Fe (mg dm⁻³)	
0-5	14,96 ± 10,93	11,53 ± 2,47	14,16 ± 4,15
5-10	10,78 ± 8,84	8,79 ± 2,55	13,70 ± 3,91
10-20	8,57 ± 4,73	8,47 ± 2,29	15,16 ± 5,06
20-40	10,71 ± 8,59	10,25 ± 4,27	15,32 ± 3,71
		Mn (mg dm⁻³)	
0-5	89,30 ± 48,98	66,92 ± 28,58	80,36 ± 19,52
5-10	67,38 ± 18,64	62,53 ± 10,50	64,06 ± 9,88
10-20	48,37 ± 17,92	53,38 ± 7,36	54,92 ± 6,47
20-40	64,47 ± 28,19	51,28 ± 11,21	50,30 ± 3,71
		Zn (mg dm⁻³)	
0-5	3,58 ± 1,29	3,90 ± 0,98	3,56 ± 0,83
5-10	3,25 ± 0,97	3,95 ± 1,51	4,18 ± 2,10
10-20	7,05 ± 3,27	8,52 ± 5,11	33,16 ± 54,99
20-40	12,48 ± 4,01	21,16 ± 32,58	26,88 ± 41,74

Os dados representam média ± intervalo de confiança.

Quanto aos teores de Mn, eles variaram de 48,37 a 89,30 mg dm⁻³. Do ponto de vista da fertilidade do solo, Alvarez et al. (1999) consideram teores acima de 12 mg dm⁻³ como altos. Não houve diferenças significativas pelo teste de Tukey para os micronutrientes analisados.

4.3. Atributos biológicos

- **Carbono microbiano no solo**

A densidade e a atividade microbiana dependem de características químicas, físicas e biológicas do solo. Além disso, os microrganismos são diretamente influenciados por vários fatores ambientais como aeração, temperatura, umidade,

pH, mineralogia do solo, disponibilidade de nutrientes minerais e de substrato orgânico.

A estimativa da biomassa microbiana do solo pode indicar mudanças na matéria orgânica total do solo muito antes de mudanças nos teores de C e N totais do solo serem detectáveis (HENROT e ROBERTSON, 1994).

O pH é um importante fator de grande influência sobre o desenvolvimento microbiano. Os microrganismos do solo são muito sensíveis às variações de pH. A maioria deles tem uma faixa de pH que varia de duas a três unidades. As bactérias e os actinomicetos preferem pH neutro à alcalino e os fungos pH ácido.

Os valores de pH não sofreram alterações estatísticas significativas entre as áreas estudadas, ficando em todas elas na faixa da neutralidade, o que pode explicar a similaridade nos valores do carbono da biomassa. E por ser um solo na faixa de pH neutro, é possível que exista uma predominância de bactérias nitrificantes em relação as demais populações microbianas, já que esses solos são considerados como ótimos para o desenvolvimento de microrganismos como bactérias. Contudo, apesar de ser predominante no solo, devido ao tamanho celular reduzido, contribui com menos da metade da biomassa microbiana total de um solo (ARAÚJO e HUNGRIA, 1994), o que também pode explicar os baixos valores de carbono microbiano.

As áreas estudadas estão situadas no Semiárido baiano, onde o déficit hídrico, a baixa aeração, baixa umidade e as altas temperaturas são características dos seus solos que muito provavelmente estão interferindo na atividade microbiana.

É importante destacar que estudos em solos de Caatinga são recentes e que a biomassa microbiana pode se encontrar em adaptação às condições do solo sob manejo. Para Moreira e Siqueira (2006), apenas 15 a 30% da biomassa microbiana do solo é ativa, estando o restante dos microrganismos do solo em formas latentes ou inativas, com baixa atividade metabólica, podendo causar dificuldades adicionais na interpretação dos resultados.

Os teores de carbono da biomassa microbiana apresentaram uma faixa de valores de 0,360 a 0,856 g kg⁻¹ (Tabela 8), mas não foram considerados estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% para as profundidades de 0-5, 5-10 e 20-40, só apresentando diferença para a camada de 10-20 cm.

Tabela 8. Teores médios de carbono na biomassa microbiana (g kg^{-1} solo)

SISTEMA DE MANEJO	CBM g kg^{-1}
	0-5 cm
1. CAATINGA NATIVA	0,856 a
2. CAATINGA PASTEJADA	0,360 a
3. MAMONA/PASTAGEM	0,347 a
	5-10 cm
1. CAATINGA NATIVA	0,748 a
2. CAATINGA PASTEJADA	0,592 a
3. MAMONA/PASTAGEM	0,524 a
	10-20 cm
1. CAATINGA NATIVA	0,656 a
2. CAATINGA PASTEJADA	0,567 ab
3. MAMONA/PASTAGEM	0,469 b
	20-40 cm
1. CAATINGA NATIVA	0,520 a
2. CAATINGA PASTEJADA	0,484 a
3. MAMONA/PASTAGEM	0,410 a

Letras minúsculas comparam médias entre os locais de estudo dentro da mesma profundidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A similaridade entre os resultados também pode estar associada ao aporte de matéria orgânica com valores próximos nas três áreas, pois ela está diretamente relacionada com o desenvolvimento microbiano.

- **Respiração basal do solo, $q\text{CO}_2$ e $q\text{Mic}$**

Avaliar a respiração do solo tem sido a técnica mais freqüente para quantificar a atividade microbiana, sendo positivamente relacionada com o conteúdo de matéria orgânica e com a biomassa microbiana (ALEF et al., 1995). Ela é a oxidação da matéria orgânica a CO_2 pelos microrganismos aeróbios, e ocupa posição chave no ciclo do carbono nos ecossistemas terrestres (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Segundo Gama – Rodrigues (1999) à medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente, menos carbono é perdido como CO_2 , pela respiração, e uma fração significativa de carbono é incorporada ao tecido microbiano, com isto, solos

com baixo qCO_2 indica economia na utilização de energia e, supostamente, reflete um ambiente mais estável. A combinação das medidas da biomassa microbiana e respiração do solo fornecem a quantidade de CO_2 evoluída por unidade de biomassa, denominada quociente metabólico (qCO_2). Para Anderson e Domsch (1993), os maiores valores de qCO_2 são encontrados em condições ambientais estressantes, nas quais a biomassa microbiana do solo (BMS) consome mais carbono para sua manutenção. Para Santos et al. (2004), maiores valores de qCO_2 indicam maiores perdas de C no sistema na forma de CO_2 por unidade de C-microbiano. E essas perdas são provocadas pela presença de um substrato facilmente assimilável para o desenvolvimento e atividade microbiana, com menor resistência ao ataque dos microrganismos, refletindo diretamente nos estoques de C.

Não houve diferença significativa para a taxa de respiração basal e qCO_2 (Tabela 9). Assim, somente a taxa de respiração não é suficiente como indicativo para explicar o comportamento distinto entre áreas estudadas.

Tabela 9. Teores médios de respiração basal ($\mu Gco2g^{-1}d^{-1}$), quociente metabólico ($\mu Gco2biomassa\mu g^{-1}d^{-1}$) e quociente microbiano.

SISTEMA DE MANEJO	RESPIRAÇÃO	qCO_2	$qMic$
	$\mu gco2g^{-1}d^{-1}$	$\mu gco2biomassa\mu g^{-1}d^{-1}$	%
	0-5 cm		
CAATINGA NATIVA	232,49 A	0,738 A	0,01 A
CAATINGA PASTEJADA	228,46 A	0,840 A	0,01 A
MAMONA/PASTAGEM	522,11 A	1,092 A	0,02 A
	5-10 cm		
CAATINGA NATIVA	308,41 A	0,602 A	0,02 A
CAATINGA PASTEJADA	326,75 A	0,783 A	0,03 A
MAMONA/PASTAGEM	328,27 A	0,774 A	0,02 A
	10-20 cm		
CAATINGA NATIVA	227,22 A	0,450 A	0,03 A
CAATINGA PASTEJADA	281,51 A	0,886 A	0,04 A
MAMONA/PASTAGEM	228,81 A	0,772 A	0,02 A
	20-40 cm		
CAATINGA NATIVA	156,51 A	0,404 A	0,03 A
CAATINGA PASTEJADA	247,90 A	1,255 A	0,05 A
MAMONA/PASTAGEM	209,40 A	0,636 A	0,02 A

Letras maiúsculas comparam médias entre os locais de estudo dentro da mesma profundidade. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As similaridades entre as taxas de respiração nas três áreas sugerem que na composição das populações deve haver microrganismos de grande atividade decompositora. Dessa forma, as bactérias podem ser importantes, pois se trata de um grupo muito ativo metabolicamente e que contribui pouco para a biomassa total.

Os sistemas estudados não apresentaram diferenças significativas quanto ao quociente microbiano (q_{Mic}), oscilando entre 0,01 e 0,05 %. Segundo limites considerados por Jenkinson e Ladd (1981), o q_{Mic} é considerado normal quando possui 1 a 4 % do C total do solo correspondente ao componente microbiano. Valores inferiores a 1% do quociente microbiano (q_{Mic}), obtido através da relação CBM:COT, indica a existência de algum fator limitante à atividade da biomassa microbiana (CUNHA et al., 2011). A distribuição das chuvas e a umidade do solo são fatores de regulação da biomassa microbiana (GAMA-RODRIGUES et al., 2005). Assim, além do pH, o déficit hídrico pode ter contribuído para a atividade microbiana limitada, já que a coleta foi realizada no mês de julho, que apresentou precipitação pluviométrica de 0,6 mm (EBDA, 2012), e as bactérias são muito sensíveis à falta de umidade.

Nunes (2003) afirma que em circunstâncias de desequilíbrio ambiental, com matéria orgânica de baixa qualidade ou em situação em que a biomassa experimenta algum fator de estresse (deficiência de nutrientes, acidez, déficit hídrico, etc.), a capacidade de utilização de C é diminuída e, neste caso, o q_{Mic} diminui.

4.4. Teores de C e N e relação C/N

Os teores mais altos de C foram encontrados nas camadas superficiais dos solos. Este fato pode ser justificado pelo maior aporte de material orgânico na superfície do solo, decorrente da queda de galhos, folhas e da casca de árvores, nas áreas nativas, somando-se aos resíduos nas áreas cultivadas, formando a manta orgânica e a maior densidade de raízes finas.

Verificou-se que os teores de C orgânico foram maiores na área de referência (CN) e menores na área de Caatinga pastejada (CP). Isso pode estar associado à maior exposição da matéria orgânica aos fatores climáticos que contribuem para acelerar a decomposição da matéria orgânica do solo. Em geral, a substituição de mata nativa pelo cultivo agrícola, quando se retira parcialmente e/ou por completo a cobertura do solo, tem como consequência a redução dos teores de carbono orgânico e nitrogênio total (ROSA et al., 2003). Os teores de nitrogênio nas áreas de CP e MIP foram semelhantes aos encontrados na CN, não havendo diferenças significativas entre eles. Para a relação C/N também não foi detectado diferenças

entre os usos, apesar de que numericamente percebe-se uma diminuição nos valores da área CN para as demais áreas (CP e MIP).

Os resultados para os teores de C e N do solo e a relação C/N encontram-se nas tabelas 10 e 11. Com base nos resultados e na análise estatística realizada, nota-se que houve diferenças significativas em função dos usos (Tabela 10) e das profundidades (Tabela 11) para os teores de COT, mas não houve para os teores de N e a relação C/N.

Tabela 10. Valores médios de carbono orgânico, nitrogênio total e relação C/N para os diferentes usos do solo.

ATRIBUTOS	SISTEMA DE MANEJO		
	CAATINGA NATIVA	CAATINGA PASTEJADA	MAMONA/PASTAGEM
	0-40 cm		
COT (g kg ⁻¹)	11,81 a	9,57 c	10,99 b
Nt (g kg ⁻¹)	0,56 a	0,60 a	0,61 a
C/N	21,23 a	16,06 a	18,09 a

Médias seguidas de mesmas letras nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Os teores de COT diminuíram com a profundidade em todas as áreas estudadas (Tabela 11). Machado (2005) salienta que os teores de C tendem a diminuir com a profundidade havendo pouca alteração em profundidades maiores.

Tabela 11. Teores médios de carbono orgânico para os diferentes usos do solo em função da profundidade

PROF. (cm)	SISTEMA DE MANEJO		
	CAATINGA NATIVA	CAATINGA PASTEJADA	MAMONA/PASTAGEM
	C%		
0-5	12,91 a	10,28 b	11,86 a
5-10	11,96 a	9,87 b	11,23 a
10-20	11,48 a	9,56 b	10,87 a
20-40	10,92 a	8,58 c	10,04 b

Médias seguidas de mesmas letras nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Após o desmatamento, o C inicialmente presente no sistema pode ser oxidado a CO₂ de forma rápida, como ocorre durante as queimadas, ou mais lentamente,

pela decomposição gradual dos resíduos vegetais (HOUGHTON, 1990) e do C armazenado no solo. Contudo, o incremento ou a manutenção da MOS em níveis similares aos de áreas sob vegetação nativa pode ser atingido com a adoção de sistemas de manejo que garantam aporte elevado de resíduos ao solo (FRAZÃO et al., 2010).

4.5. Estoque de C e N no solo

Atualmente, o carbono (C) e o nitrogênio (N) frequentemente têm sido utilizados como indicadores da qualidade do solo, tanto em sistemas agrícolas como em áreas de vegetação nativa (JANSEN, 2005). O estoque de carbono de um solo representa o “balanço dinâmico entre a adição de vegetal morto e a perda pela decomposição ou mineralização” (MACHADO, 2005). Os estoques de C no solo são controlados por fatores climáticos e biogeoquímicos e são influenciados diretamente por mudanças no uso e ocupação do solo, em particular pela conversão de ecossistemas nativos para áreas cultivadas (CERRI et al., 2008).

Tiessen et al. (1998) estimaram o estoque de carbono para solos do Semiárido Tropical brasileiro em 20 Mg ha^{-1} para a camada de 0-20 cm de profundidade. Kauffman et al. (1993), em solo sob Caatinga, no Semiárido Pernambucano, encontraram valores de $26,2 \text{ Mg ha}^{-1}$, na mesma profundidade. O estoque médio de carbono na camada de 0-20 cm observado na área de CN também foi superior ao estimado por Tiessen et al. (1998), alcançando $29,01 \text{ Mg ha}^{-1}$ (Tabela 12). Os valores de estoques foram menores nas camadas superficiais em todas as áreas estudadas. Oliveira et al. (2008) verificaram que as camadas superficiais do solo são mais sensíveis às variações no C, devido à ação dos microrganismos na MOS.

Assis et al. (2006) sustentam que os teores de C tendem a diminuir com o cultivo do solo quando comparado à vegetação nativa. Para Don (2011), a conversão de áreas de vegetação nativa para áreas pastejadas promove perda de 12% do C orgânico do solo, o que se deve, principalmente, devido ao superpastejo, à grande exportação de biomassa e à falta de reposição dos nutrientes via adubação, características típicas de pastagens mal manejadas e que, conseqüentemente, se tornarão degradadas.

A conversão de áreas do Bioma Caatinga em sistemas agrícolas alterou os estoques de carbono no sistema solo (Tabela 12).

Tabela 12. Estoques de carbono e nitrogênio com e sem correção para os diferentes usos do solo.

Prof. (cm)	ESTOQUE DE CARBONO		ESTOQUE DE NITROGÊNIO	
	Mg ha		Mg ha	
	CALCULADO	CORRIGIDO	CALCULADO	CORRIGIDO
CAATINGA NATIVA				
0-5	7,24 Ca	7,24 Ca	0,29 Ca	0,29 Ca
5-10	7,28 Ca	7,28 Ca	0,40 Ca	0,40 Ca
10-20	14,49 Bab	14,49 Bab	0,74 Ba	0,74 Ba
20-40	25,05 Aab	25,05 Aab	1,12 Aa	1,12 Aa
	54,06 a	54,06 a	2,55 a	2,55 a
CAATINGA PASTEJADA				
0-5	6,05 Ca	5,76 Ca	0,30 Ca	0,29 Ca
5-10	6,14 Ca	6,01 Ca	0,40 Ca	0,39 Ca
10-20	12,28 Bb	12,06 Bb	0,92 Ba	0,91 Ba
20-40	20,58 Abb	19,66 Acb	1,33 Aa	1,27 Aa
	45,05 c	43,49 c	2,95 a	2,86 a
MAMONA/PASTAGEM				
0-5	7,42 Ca	6,65 Ca	0,43 Ca	0,38 Ca
5-10	7,10 Ca	6,83 Ca	0,44 Ca	0,43 Ca
10-20	13,41 Bab	13,72 Bab	0,65 Ba	0,67 Ba
20-40	24,89 Aa	23,01 Ab	1,34 Aa	1,24 Aa
	52,82 b	50,21 b	2,86 a	2,72 a

Letras maiúsculas comparam médias entre as camadas dentro do mesmo uso e letras minúsculas comparam médias entre os usos dentro da mesma camada. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Em todas as áreas estudadas observa-se uma tendência de armazenar mais carbono e nitrogênio total do solo em profundidade. Para Oliveira et al. (2008), nas camadas mais profundas o estoque de C contribui de forma mais estável para o acúmulo deste elemento no solo, o que pode ser explicado pelo menor efeito dos fatores climáticos, por fatores inerentes do resíduo, e pela menor chance de perturbação do solo. O estoque de carbono da área de Caatinga pastejada chegou ao valor absoluto de 45,05 Mg ha⁻¹, sendo superado pela Caatinga nativa e

mamona/pastagem com valores absolutos de 54,06 e 52,82 Mg ha^{-1} . A figura 8 representa os valores dos estoques de carbono no solo.

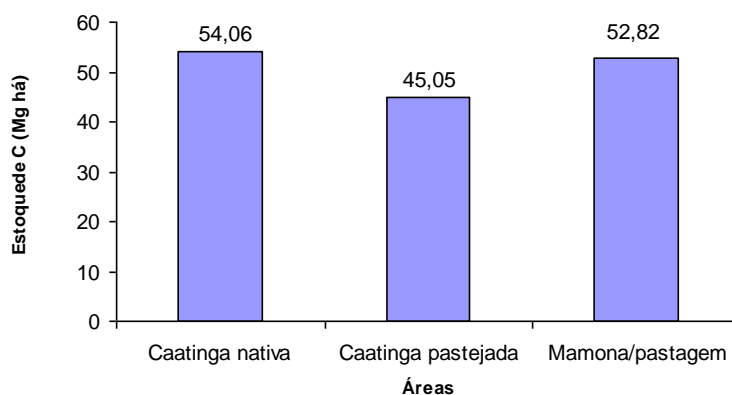


Figura 8. Estoques de carbono em diferentes usos do solo.

Os estoques de nitrogênio foram modificados pelos efeitos dos sistemas de manejo (Tabela 12) entre as camadas dentro do mesmo uso, mas não ocorreu diferença significativa nos estoques de N calculado e corrigido entre os usos dentro da mesma profundidade, sendo que os maiores resultados podem ser observados na área de CP seguidos pela de MIP.

Os estoques chegaram aos valores absolutos de 2,55 Mg ha^{-1} (Caatinga nativa), 2,86 Mg ha^{-1} (mamona/pastagem), sendo superados pela área de Caatinga pastejada que chegou ao valor absoluto de 2,95 Mg ha^{-1} (Figura 9) e que, embora não tenha sido estatisticamente diferente, foi numericamente superior.

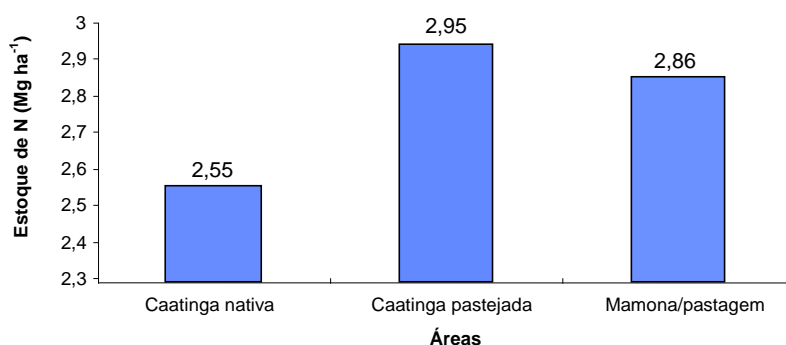


Figura 9. Estoques de nitrogênio em diferentes usos do solo.

Lovato et al. (2004) e Diekow et al. (2005) observaram maiores estoques de N-total em sistemas de culturas com gramíneas. Para Dalal et al. (2003), semelhante ao que ocorre com a dinâmica de acúmulo de C-orgânico no solo, o N-total é determinado pela relação entre a taxa de adição de N ao solo e a de perda. Sendo assim, os maiores estoques de N nos sistemas com gramíneas e algumas oleaginosas é devido à maior entrada de N no sistema solo-planta, o qual é proveniente da fixação biológica de N_2 realizada por estes vegetais.

Os estoques de C e N contidos nos solos sob vegetação nativa sofrem modificações quando esses sistemas são convertidos ao uso agrícola. Dependendo do sistema de manejo empregado os estoques podem permanecer iguais, aumentar ou diminuir em relação ao sistema natural.

5. CONCLUSÕES

A conversão de Caatinga nativa para pastagem (Caatinga pastejada) reduziu o estoque de C para cerca de 17% do conteúdo de C original.

O maior acúmulo de N se deu nas camadas mais profundas, apesar de não haver variação nos estoques entre os sistemas de manejo.

O carbono da biomassa microbiana do solo não se mostrou como um bom indicativo das mudanças de uso e manejo do solo, visto que ele não representou proporcionalmente os efeitos causados pela conversão do uso da área de Caatinga nativa para as áreas de pastagem e produção agrícola.

Nas áreas mantidas sob cultivo tradicional, devem ser adotadas práticas conservacionistas para acelerar o processo de recuperação dessas áreas, podendo aumentar a produtividade das culturas e da biomassa e incrementar os estoques de matéria orgânica no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Eds) *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. London: Academic Press, 576p, 1995.

ALMEIDA, A.J.G.; MIZUKI, T.; PAIVA, A.Q.; SOUZA, L.S. Impactos da irrigação intensiva nas propriedades de um solo na região de Irecê, Bahia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16. Aracaju, 2006.

ALMEIDA, S. G de. *Crise ambiental e conversão ecológica da agricultura brasileira: subsídios à formulação de diretrizes ambientais para o desenvolvimento agrícola*. 1 ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2001.

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação das análises dos resultados dos solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (eds.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. 5ª aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environment conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biol. Biochem.* Oxford, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993.

ARAÚJO, R.S. FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO EM FEIJÃO. 1994. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRÍA, M. (Ed.) *Microrganismos de importância agrícola*. Brasília: Embrapa-SP, 236 p.

ASSIS, C.P.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, S. & NEVES, J.C.L. Carbono e nitrogênio em agregados de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 41:1541-1550, 2006.

AQUINO, A.M., SILVA, E. M. R., SAGGIN. JUNIOR, O., RUMJANEK, N., DE POLLI, H., REIS, V.M. A biota do solo e processos relevantes no contexto da agricultura. Rio Branco, 2005, v. prelo, cap. 4.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). *Matéria orgânica do solo: fundamentos e caracterização*. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.9-26.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Segunda comunicação do Brasil à convenção-quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Ministério da Ciência e Tecnologia. Brasília, 2010.

BREMNER, J.M.; KEENEY, D.R. Steam-distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Analytica Chimica Acta*, v.32, p.485-495, 1965.

CAR. Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional. Irecê: Perfil Regional; Programa de Desenvolvimento Regional Sustentável - PDRS. Salvador: 2002. 61p. (Série Cadernos CAR, 29).

CARTER, M.R. Organic matter and sustainability. In: REES, R.M.; BALL, B.C.; CAMPBELL, C.D.; WATSON, C.A. *Sustainable management of soil organic matter*. New York: CABI Publishing, 2001. p. 9-22.

CAVEDON, A.D. Classificação, características morfológicas, físicas e químicas dos principais solos que ocorrem no semiárido brasileiro. In: SIMPÓSIO SOBRE CAATINGA E SUA EXPLORAÇÃO RACIONAL, Feira de Santana, 1984. SIMPÓSIO SOBRE CAATINGA E SUA EXPLORAÇÃO RACIONAL, Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. 361p. p.74-91.

CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C. Dinâmica da matéria orgânica do solo na Amazônia. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; Camargo, F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 325-354.

CHAGAS, C.S.; CARVALHO JÚNIOR, W.; BHERING, S.B.; TANAKA, A.K.; BACA, J.F.M. (2004). Estrutura e organização do Sistema de Informações Georreferenciadas de solos do Brasil (SIGSOLOS – Versão 1.0). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 28, p. 865-876.

CODEVASF, Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. Plano de desenvolvimento agrícola para o aproveitamento dos recursos de água subterrânea da região do Platô de Irecê/BA. Relatório de revisão e complementação dos estudos pedológicos. Vol. 1, texto. Brasília: 1991. 36p.

COLOZZI FILHO, A.; BALOTA, E.L. & ANDRADE, D.S. Microrganismos e processos biológicos no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E. & CARVALHO, J.G., eds. Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships. Viçosa, MG, SBCS; Lavras, UFLA/DCS, 1999. p.487-508.

CORSINI, P.C. & FERRAUDO, A.S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. Pesqec. Agrop. Bras., 34, 289-298, 1999.

CUNHA, E. Q. da; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. de B.; DIDONET, A.D.; MOREIRA, J.A.A.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. II - Atributos biológicos do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, p.603-611, 2011.

DALAL, R.C.; HENDERSON, P.A.; GLASBY, J.M. Organic matter and microbial biomass in vertisol after 20 yr of zero tillage. Soil Biology and Biochemistry, Oxford, v.23, p.435-441, 2003.

DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D.P. & KNABNER, I.K. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by long-term no-till cropping systems and N fertilization. *Plant Soil*, 268:319-328, 2005.

DON, A.S J.F.A. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks – a meta-analysis. *Global Change Biology*, Oxford, v. 17, n. 4, 1658-1670, 2011.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, Wisconsin: Soil Science Society American, 1994. p. 3-21. (Special Publication, 35).

DRUMOND, M.A.; PIRES, I.E.; OLIVEIRA, V.R. de; OLIVEIRA, A.R. de; ALVAREZ, I.A. (2008). Produção e distribuição de biomassa de espécies arbóreas no Semi-Árido brasileiro. *Revista Árvore*, v. 32, p. 665-669.

ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. *Canadian Journal of Soil Science*, v.75, p.529-538, 1995.

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

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: 1997. 212 p.

FARIA, C. M. B. de; SILVA, M. S. L.; SILVA, D. J. Alterações em características de solos do Submédio São Francisco sob diferentes sistemas de cultivo. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. 33 p. (Embrapa Semiárido. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 74).

FIDALGO, E. C. C.; BENITES, V. M.; MACHADO, P. L. O. A.; MADARI, B. E.; COELHO, M. R.; MOURA, I. B.; LIMA, C. X. (2007). Estoque de carbono nos solos do Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 27 p.

FRAZÃO, L.A.; SANTANA, I.K.D.S.; CAMPOS, D.V.B.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C. Estoques de carbono e nitrogênio e fração leve da matéria orgânica em Neossolo Quartzarênico sob uso agrícola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 45, n. 10, 1198-1204, 2010.

FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY, M.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, *Agropecuária Brasileira* Brasília, DF, v. 35, n. 1, p. 157-170, jan. 2000.

GAMA-RODRIGUES, E. F. da. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 227-243.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 159-170.

GIONGO, V.; Galvão, S. R. da S.; Mendes, A. M. S.; Cunha, T. J. F.; Gava, C. A. T.; Oliveira, R. C. da S. Oliveira, R. C. da S. (2010). Estoque de carbono no sistema solo em uma área referência do Semiárido. In: *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, 33. Anais... Uberlândia: SBCS, 2010. 1 CD-ROM.

GUERTAL, E.A. et al. Differential phosphorus retention in soil profiles under no-till crop production. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v.55, p.410-413, 1991.

HENROT, J. & ROBERTSON, G.P. Vegetation removal in two soils of the humid tropics: Effect on microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 26:111-116, 1994.

HOUGHTON, J. T. (Ed.). Climate change 2001: Climate change 2001 the scientific basis. Cambridge: Cambridge University Press: IPCC, 2001. 881 p.

IBGE. Cidades@. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>>. Acesso em: 10 agosto de 2012.

JANSEN, H.H. Soil carbon: A measure of ecosystem response in a changing world? Can. J. Sci., 85:467-480, 2005.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: Paul, E.A.; Ladd J.N (eds). Soil biochemistry. Marcel Dekker, 1981. p.425-471.

KAUFFMAN, J.B.; SANFORD JR., R.L.; CUMMINGS, D.L.; SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests. Ecology, v. 74, p. 140-151, 1993.

KIEKENS, L. Zinc. In: ALLOW, B.J. (Ed.). Heavy metals in soils. London, Blackie Academic & Professional, 1993. p.261-279.

KOUTIKA, L.S.; BARTOLI, F.; ANDREUX, F.; CERRI, C.C.; BURTIN, G.; CHONÉ Th. & PHILIPPY, R. Organic matter dynamics and aggregation in soils under rain forest and pastures of increasing age in the eastern Amazon Basin. Geoderma, 76:87-112, 1997.

LEAL, R. I; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; LACHER JR. Mudando o rumo da conservação da biodiversidade da Caatinga no Nordeste do Brasil. Megadiversidade, Vol. 1, N. 1, jul, 2005.

LIMA, M. R (Org.). Manual de Diagnóstico da Fertilidade e Manejo dos Solos Agrícolas. 2.ed. Curitiba: UFPR, 2003. p. 97-98.

LOURENTE, E. R. P. Manejo do solo e suas influências em atributos químicos e microbiológicos do solo. 2007. 66 f. Tese (Doutorado em Agronomia)–Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2011.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C. & VEZZANI, C. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 28:175-187, 2004.

MACHADO, P. L. A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. Química Nova, v. 28, n.2, 329-334, 2005.

MAIA, S. M. F. et al . Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. Rev. Árvore, Viçosa, v. 30, n. 5, Oct. 2007.

MAIA, S.M.F.; OGLE, S.M.; CERRI, C.E.P. & CERRI, C.C. Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. Geoderma, 149:84-91, 2009.

MAIA, S.M.F.; OGLE, S.M.; CERRI, C.C. & CERRI, C.E.P. Changes in soil organic carbon storage under different agricultural management systems in the Southwest Amazon Region of Brazil. Soil Tillage Res., 106:177-184, 2010.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. Matéria orgânica do solo: métodos de análises. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, UFV, 2005. 107p.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. In: Santos, G. A.; Silva, L. S.; Canellas, L. P.; Camargo, F. A. O. (Ed.). (2008). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole. p.1-5.

MIELNICZUCK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O (Eds.). Fundamentos da matéria orgânica do

solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. Cap.1, p.1-6.

MMA. Plano de Ação para Prevenção e Controle ao Desmatamento na Caatinga (versão preliminar). Departamento de Políticas para o Combate ao Desmatamento. Ministério do Meio Ambiente. Brasil. 2010.

MMA. Plano de Ação para Prevenção e Controle ao Desmatamento na Caatinga. Departamento de Políticas para o Combate ao Desmatamento. Ministério do Meio Ambiente. Brasil. 2013.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 729 p, 2006.

MOREIRA, J. M. Considerações a respeito da utilização do mandacaru/cardeiro-*Cereus jamacaru* D.C. na formação de banco forrageiro nas condições do Curimataú paraibano. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2002.

NUNES, L.A.P.L. Qualidade de um solo cultivado com café e sob mata secundária no município de Viçosa – MG. 2003, 102p. Dissertação (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

OLIVEIRA, S. P. Compartimentos de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo no perímetro irrigado Jaguaribe-Apodi, Limoeiro do Norte-CE. 2008. 64 f. Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

OLIVEIRA, S.M.B.; MAGAT, Ph.; BLOT, A. O gossan de Irecê – Lapão (BA). *Geochim. Brasil*, 2:131 – 149, 1993.

POST, W.M. & KWON, K.C. Soil Carbon sequestration and land-use change: Processes and potential. *Global Change Biol.*, 6: 317-327, 2000.

PROJETO RADAM (1983) Folhas SC 24/25, Aracaju/Recife. 30.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D.P. Pedologia e fertilidade do solo – interações e aplicações. Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFOS, 1988. 81p.

RESCK, D.V.S.; PEREIRA, J. & SILVA, J.E. Dinâmica da matéria orgânica na região dos cerrados. Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1991. 22p. (Documentos, 36).

ROSA, M. E. C. et al. Formas de carbono em Latossolo Vermelho eutroférico sob plantio direto no sistema biogeográfico do cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 911-923, 2003.

SAMPAIO, A. R. Geologia. In: SAMPAIO, A. R. Santos, R.A .; Rocha, A.J.D. (orgs.) Programa Levantamentos Geológicos do Brasil-PLGB. Jacobina- Folha SC.24-Y-C, Estado da Bahia. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001. p.7-44.

SAMPAIO, D. B.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas. Ciência e Agrotecnologia, v. 32, n. 2, p. 353-359, 2008.

SAMPAIO, E. V. S. B.; FREITAS, A. D. S. (2008). Produção de biomassa na vegetação nativa do Semi-árido nordestino. In: Menezes, R. S. C.; Sampaio, E. V. S. B.; Salcedo, I. H. (Ed.). Fertilidade do solo e produção de biomassa no Semi-árido. Recife: UFPE. p. 11-26.

SANTOS, V.B.; CASTILHOS, D.D.; CASTILHOS, R.M.V.; PAULETTO, E.A.; GOMES, A. S. & SILVA, D.G. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. Revista Brasileira Agrocência, 10:333-338, 2004.

SCHERER, E. E. et al. Propriedades químicas de um latossolo vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 31, p.123-131, 2007.

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

SILVA, F.B.R.; RICHÉ, G.R.; TONNEAU, J.P.; SOUZA NETO, N.C.; BRITO, L.T.L.; CORREIA, R.C.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, A.B.; ARAÚJO FILHO, A.C.; LEITE, A.P. Zoneamento Agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA/Recife: EMBRAPA/CNPS. Coordenadoria Regional Nordeste, 1993. 2v.

SIMANSKY, V.; BAJCAN, D.; DUCSAY, L. The effect of organic matter on aggregation under different soil management practices in a vine yard in an extremely humid year. *Catena*, Amsterdam, v.101, p.108-113 (2013).

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M.C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C.C. & BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. *Acta Sci. Agron.*, 34:709-717, 2009.

SOUZA, L.S.; COGO, N.P. & VIEIRA, S.R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:367-372, 1997.

TIESSEN, H., Feller C., Sampaio E. V. S. B. and Garin P. Carbon sequestration and turnover in semiarid savannas and dry forest. *Climatic Change* v. 40, p. 105-117, 1998.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass. *Soil Biology & Biochemistry*, Oxford. 19:703-707, 1987.

VIEIRA, G.; SANQUETTA, C. R.; KLÜPPEL, M. L. W.; BARBEIRO, L. S. S. (2009). Teores de carbono em espécies vegetais da Caatinga e do Cerrado. *Revista Acadêmica Ciência Agrária Ambiental*, v.7, p.145-155.

WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, v.37, p.29-38, 1934.

WARDLE, D. A.; HUNGRIA, M. A. A biomassa microbiana do solo e sua importância nos ecossistemas terrestres. In: ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. A. (Eds.). *Micro-organismos de importância agrícola*. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1995. p. 193-216.

ZINN, Y.L.; LAL, R. & RESCK, D.V.S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. *Soil Till. Res.*, 84:28-40, 2005.