



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

ANGEFFERSON MONTEIRO DA SILVA

**FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM DIFERENTE
ROTAÇÃO DE CULTURAS EM SOLO ARENOSO NO SEMIÁRIDO**

MOSSORÓ -RN

2022

ANGEFFERSON MONTEIRO DA SILVA

**FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM DIFERENTE
ROTAÇÃO DE CULTURAS EM SOLO ARENOSO NO SEMIÁRIDO**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como exigência final para obtenção do título de bacharelado em Engenharia Agrônômica.

Orientadora: Prof^a Dra. Eulene Francisco da Silva – UFERSA

Co-Orientadora: Prof^a Dra. Jeane Cruz Portela - UFERSA

MOSSORÓ - RN

2022

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

S586f Silva, Angefferson Monteiro da .
Frações da matéria orgânica do solo em diferente
rotação de culturas em solo arenoso no semiárido /
Angefferson Monteiro da Silva. - 2022.
41 f. : il.

Orientadora: Eulene Francisco da Silva.
Coorientadora: Jeane Cruz Portela.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2022.

1. Cultivos agrícolas. 2. Manejo de carbono. 3.
Caatinga. I. Silva, Eulene Francisco da, orient.
II. Portela, Jeane Cruz, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM DIFERENTE ROTAÇÃO DE CULTURAS EM SOLO ARENOSO NO SEMIÁRIDO

Monografia apresentada à
Universidade Federal Rural do Semi-
Árido (UFERSA), como exigência
final para obtenção do título de
bacharelado em Engenharia
Agrônoma.

DATA DA DEFESA: 07 de junho de 2022

BANCA EXAMINADORA

Dr^a. Eulene Francisco da Silva
(Orientadora – Professora UFERSA)

Prof^a. Dr^a. Jeane Cruz Portela
(Co-Orientadora – Professora UFERSA)

Prof^a. Dr^a Diana Ferreira de Freitas
(Membro- Professora UFC)

“Dedico aos meus pais e amigos que sempre estiveram do meu lado em todos os momentos, e em especial ao meu cunhado que hoje não mais se faz presente em nosso meio”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me guiado e cuidado de tudo até este momento, por ter me dado forças para nunca desistir, e por Ele ter colocado em minha vida pessoas que me ajudaram nesta caminhada.

Agradeço aos meus pais por sempre me incentivarem a lutar e buscar o caminho da educação, e por serem presentes em todo este percurso.

Agradeço a minha irmã e aos meus sobrinhos que também me incentivaram e apoiaram durante todo o tempo.

Aos meus amigos que construí dentro da instituição, em especial Jéssica por sempre me ajudar e me emprestar a sua casa e família, a Ianca Dias e Ilana Dias por todo o carinho e parceria, ao meu amigo e companheiro de estudos Renato Domingos, que sempre esteve comigo e sempre foi a minha maior dupla. E ao meu amigo Eduardo Andrade, que não fazia parte dos colegas de curso, mas somou ao grupo e a minha formação.

Agradecer a todos os companheiros do transporte universitário que faziam todo o trajeto entre Baraúna a Mossoró.

Agradecer a minha parceira inseparável Amanda Layana, e as grandes e também inseparáveis Sabrina Queiroz e Karem Sousa.

Agradecer a amiga e professora Eulene Francisco, que me deu todo o apoio profissional e o suporte de uma grande amiga.

Agradecer aos professores que colaboraram com a minha formação e a minha preparação.

Agradecer as “tias do RU”, que sempre colocavam um pedaço de carne a mais para mim.

Agradeço a UFERSA por toda a colaboração e por todo o suporte que nos trás.

Agradeço a mim mesmo por ter conseguido superar tudo o que passei para estar hoje agradecendo por ter chegado ao fim de mais um ciclo, pois não foi nada fácil.

*“Você foi chamado para este tempo, você
é mais forte do que imagina”. Es 4:14*

RESUMO

Sistemas de cultivo e de manejo de solo podem alterar as propriedades químicas, física e biológica do solo, sendo a rotação de cultura uma das estratégias para melhoria da fertilidade e aumento de carbono nas frações orgânicas. Assim, este estudo objetivou avaliar as frações da matéria orgânica do solo em diferente rotação de culturas em um solo arenoso no semiárido. O experimento foi implantado ao longo de cinco anos (2014 a 2019) com delineamento em blocos casualizados em quatro repetições. Optou-se na rotação de culturas por plantas que fossem usadas rotineiramente pelo produtor local e que os mesmos já estivessem adaptados ao cultivo. No início da rotação de cultura foi implantado o experimento com a crotalaria, posteriormente rotacionou-se com milho e feijão. O solo permaneceu em pousio por 8 meses, posteriormente foi semeado melão, seguido de sorgo e atualmente está sob pousio com vegetação espontânea. Para efeito de comparação, coletou-se solo sob a mata nativa no ano de 2014, 2015, 2017 e 2019, sendo apresentada a média dos dados. Todas as coletas de solo nas culturas principais foram aos 30 dias após a colheita e para o pousio foram aos 60 dias após a colheita da cultura antecessora. Foram analisados o carbono orgânico total, carbono lábil e carbono nas frações humina, ácido húmico e fúlvico, cujo somatório deu-se as substâncias húmicas de 0-10 e 10-20 cm profundidade. Por meio dos resultados constatou-se que independente da cultura em sucessão, a retirada da mata nativa (MN) para o cultivo causou redução: nos teores de carbono orgânico total, carbono nas frações orgânica e nitrogênio total nas duas profundidades estudadas. Nos solos sob cucurbitácea indicou-se que há uma propensão maior na oxidação dessas frações em curto espaço de tempo, devendo a rotação ser sucedida por espécies de gramíneas. A rápida mineralização do C recalcitrante proveniente das substâncias húmicas no solo das culturas em rotação, está associado a falta de mecanismos de proteção física e agregados, por ser um solo arenoso, e ainda com revolvimento do solo ainda que seja mínimo, pode conduzir a um desequilíbrio ainda maior a longo prazo, caso não haja gramíneas na rotação.

Palavras Chave: cultivos agrícolas, manejo de carbono, caatinga.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Nova delimitação do Semiárido de 2021.....	14
Figura 2:Mapa com indicação dos municípios excluídos na delimitação do Semiárido 2021...	15
Figura 3. Evolução do critério de precipitação pluviométrica.....	16
Figura 4. Evolução do critério de Aridez.....	17
Figura 5. Evolução do critério de Deficit Hídrico.....	17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variação da quantidade de municípios entre as delimitações do Semiárido de 2017 e 2021.....	15
Tabela 2: Rotação de cultura e tempo de permanência das culturas no período de 2014 a 2020 em Latossolo Vermelho-Amarelo Textura Arenosa, Mossoró-RN.....	24
Tabela 3: Carbono orgânico e nitrogênio total de um Latossolo Vermelho-Amarelo textura arenosa, coletado em diferente rotação de culturas, nas camadas 0-10 e 10-20 cm, na Fazenda Experimental da UFERSA, em Mossoró-RN.....	27
Tabela 4: Carbono Lábil de um Latossolo Vermelho-Amarelo textura arenosa, coletado em diferente rotação de culturas, nas camadas 0-10 e 10-20 cm, na Fazenda Experimental da UFERSA, em Mossoró-RN.....	31
Tabela 5: Carbono das substâncias húmicas e suas frações de um Latossolo Vermelho-Amarelo textura arenosa, coletado em diferente rotação de culturas, nas camadas 0-10 e 10-20 cm, na Fazenda Experimental da UFERSA, em Mossoró-RN.....	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1. Semiárido Nordeste.....	17
2.2. Rotação de culturas com ênfase no semiárido.....	21
2.3. Matéria orgânica e suas frações lábeis e recalcitrantes do solo	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1. Área de estudo	26
3.2. Rotação de culturas	26
3.3. Análise de Carbono Orgânico Total (COT)	27
3.4. Análise de Carbono Lábil (CL) e Índice de Manejo de Carbono (IMC)	27
3.4. Análise de Carbono das Substâncias Húmicas (CSH) e suas Frações	28
3.5. Análises estatísticas	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1. INTRODUÇÃO

A região Nordeste com 1,56 milhão de km², cobre 18,2% da superfície do País e tem a maior variabilidade de solos do Brasil e com mosaico de áreas de agricultura, pastagens e vegetação remanescente com diferentes tempos de regeneração. Grande parte das áreas tem sido convertida para agricultura ou utilizada com práticas extrativistas, o que está associado à perda de biodiversidade e a processos de degradação ambiental. Nesse contexto, a mudança do uso da terra, que envolve alterar ecossistemas remanescentes para uso agrícola, tem demonstrado diminuir o teor de matéria orgânica do solo (MOS) (GIONGO et al., 2021).

A MOS corresponde a material orgânico vivo ou morto, como por exemplo, os microrganismos que compõem a massa microbiana do solo ou os restos mortais de quaisquer vegetais, animais e organismos do solo presente na superfície, ou incorporado ao solo, nos mais diferentes estágios de decomposição (SILVA & MENDONÇA, 2007). No contexto semiárido a MOS é muito importante pois desempenha importante papel em diversos processos, entre eles pode-se destacar a diversidade e atividade da biota, formação e estabilização dos agregados, retenção e infiltração da água, e ciclagem de nutrientes (LOSS et al., 2014; VALIM et al., 2016). Dessa forma, a quantificação dos seus teores no solo é um forte indicativo para avaliação e monitoramento da qualidade do manejo.

O carbono (C) orgânico do solo pode-se acumular em diferentes compartimentos. Grande parte consiste de compostos ácidos não humificados e macromoléculas humificadas. As substâncias húmicas (SH) são as frações recalcitrantes e estão em torno de 85% a 90% do carbono orgânico total (COT) e são divididas em: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) e humina (HU) (GUERRA et al., 2008), sendo que suas divisões se diferem quanto à solubilidade no meio aquoso quanto ao pH. Já a fração lábil é mais efêmera, com alta taxa de decomposição, liberando nutrientes às plantas por mineralização, bem como, energia e C aos organismos do solo. Esta fração é composta principalmente por carbono solúvel em água e carbono lábil, e devem ser quantificados pois são muito sensíveis a mudanças no uso da terra (SCHIAVO et al., 2011).

Segundo Sales et al. (2010), apesar da baixa aptidão para o cultivo de lavouras de ciclo anual, várias áreas de ocorrências de solos arenosos têm sido incorporadas ao processo de produção de maneira intensiva. Estudos como de Salviano et al. (2016) trazem um alerta, pois esses autores observaram que predomínio da areia entre as frações granulométricas e baixos teores de matéria orgânica, são os principais fatores limitantes à produção agrícola dos solos

avaliados, e quando mal manejados, elevam os riscos de contaminação dos mananciais próximos.

Os diferentes manejos do solo, incluindo o sistema plantio direto que é mais conservacionista, com diferente rotação, provocam alterações nos atributos do solo, que podem significar perda de qualidade, portanto, a compreensão e a quantificação desse impacto das diferentes rotações em solo arenoso, até mesmo quando esse solo encontra-se em repouso são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis.

Assim, tem como hipótese nesse trabalho que o solo arenoso submetido a diferente rotação de culturas apresenta perdas em todas as frações orgânicas, todavia as gramíneas em rotação são fundamentais para recuperação de carbono nessas frações. Com isso, objetiva-se verificar mudanças nos teores de carbono das frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em diferente rotação de culturas em solo arenoso no semiárido potiguar.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Semiárido Nordeste

O Semiárido brasileiro possui uma extensão total de 1.182.697 km² e uma população estimada de 27.830.765 habitantes (BRASIL, 2017). Considerando os dados da Articulação Semiárido Brasileiro (ASA), desde sua última delimitação, em 2017, o Semiárido brasileiro ocupava cerca 12% do território nacional e abrangia 1.262 municípios, provenientes de todos os estados do Nordeste (Maranhão passou a fazer parte do Semiárido legal a partir 2017), mais a parte setentrional de Minas Gerais (Norte mineiro e Vale do Jequitinhonha) (SUDENE, 2021).

Atualmente, o Conselho Deliberativo da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) alterou a delimitação das fronteiras do Semiárido brasileiro com base na Resolução 150/2021 (BRASIL, 2021), e a lista dos municípios que integram a região, agregou mais 215 municípios e excluiu outros 50, passando de 1.262 para 1.427 municípios que atingiram pelo menos um dos critérios para classificação de pertencimento ao Semiárido. Os critérios para classificação foram a média de precipitação pluviométrica anual abaixo de 800mm, alto índice de aridez, calculado pelo balanço hídrico relacionando precipitações e evapotranspiração potencial, risco de seca igual ou maior que 60% e continuidade territorial (BRASIL, 2021). Os municípios inseridos na Delimitação do Semiárido de 2021 são apresentados na Figura 1.



Figura 1. Nova delimitação do Semiárido de 2021.

Fonte: SUDENE (2021).

Dos municípios, seis deles faz parte de um estado que, até então, não estava incluído nessa classificação, o Espírito Santo. Dos 50 municípios retirados do mapa, 42 são do Nordeste e oito

são de Minas Gerais (Tabela 1). A localização com a indicação dos municípios excluídos na delimitação do Semiárido 2021 apresenta-se na Figura 2.

Tabela 1: Variação da quantidade de municípios entre as delimitações do Semiárido de 2017 e 2021.

Semiárido 2021					
UF	Semiárido 2017	Constavam 2017	Inseridos	Excluídos	Total
AL	38	34	4	4	38
BA	278	274	9	4	283
CE	175	171	0	4	171
ES	0	0	6	0	6
MA	2	2	14	0	16
MG	91	83	126	8	209
PB	194	184	4	10	188
PE	123	118	19	5	137
PI	185	184	1	7	141
RN	147	140	1	7	141
SE	29	22	1	7	23
Total	1.262	1.212	215	50	1.427

Fonte: SUDENE (2021).

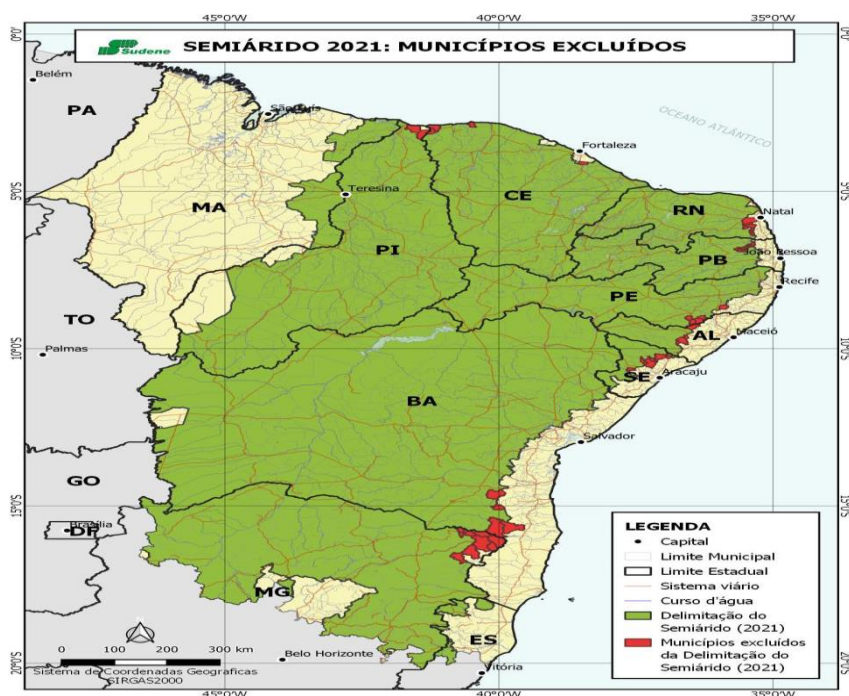


Figura 2. Mapa com indicação dos municípios excluídos na delimitação do Semiárido 2021.

Fonte SUDENE (2021)

Esta região caracteriza-se, de modo geral, por apresentar um período seco que varia, normalmente, de 6 a 8 meses, com precipitações pluviais muito irregulares tendo médias anuais na faixa de 400 a 800 mm. Os rios da região são na maioria, intermitentes e condicionados ao período chuvoso, quando realmente se tornam rios superficiais, ao passo que no período de estiagem parecem se extinguir e na realidade estão submersos nos aluviões dos vales, ou baixadas, compondo o lençol freático com pouca reserva de água (ARAÚJO, 2011, ARAÚJO FILHO et al., 2019).

As temperaturas são mais estáveis com média anual na faixa de 24 a 26 °C, podendo ser atenuadas nos ambientes mais elevados para uma média ao redor de 22°C (ARAÚJO FILHO et al., 2019). O comportamento climático da última década, marcado predominantemente por fortes secas, fortalece a mudança no delineamento do Semiárido Brasileiro. As figuras 3, 4 e 5 demonstram como foi a evolução de cada um dos três critérios técnicos científicos adotados nas Delimitações do Semiárido de 2005, 2017 e 2021, considerando suas respectivas janelas temporais de análise (SUDENE, 2021).

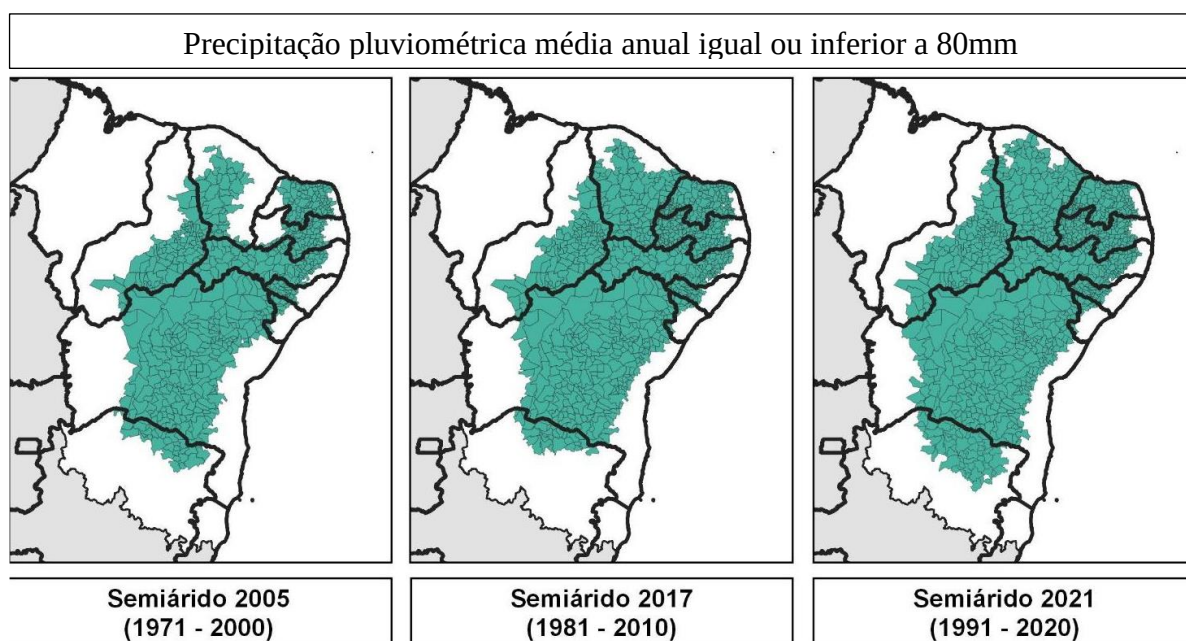


Figura 3. Evolução do critério de precipitação pluviométrica.
Fonte SUDENE (2021)

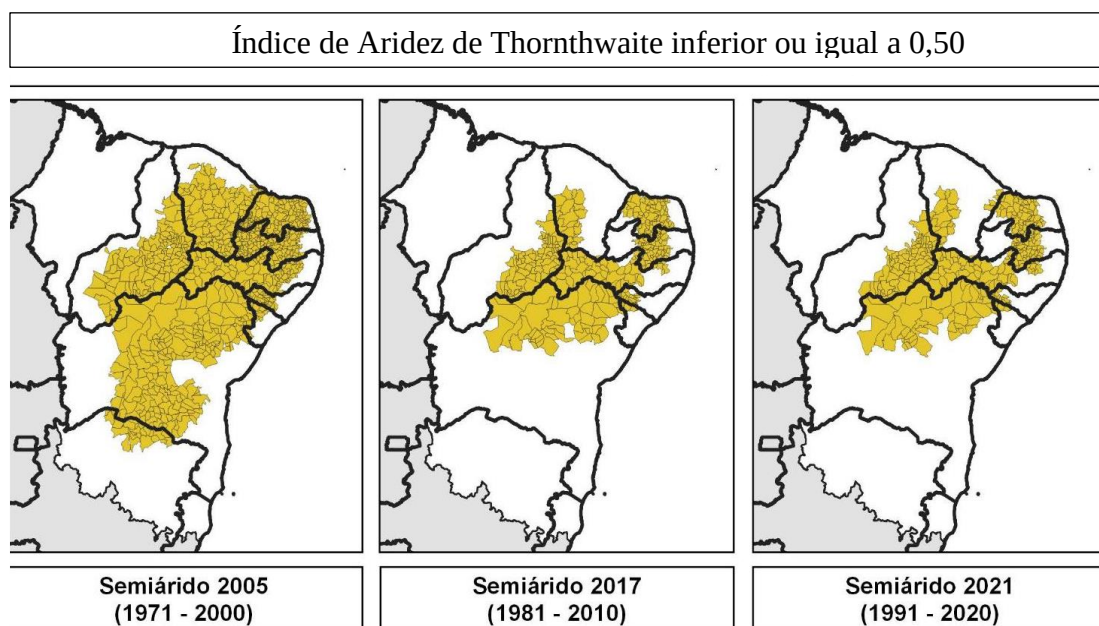


Figura 4. Evolução do critério de Aridez.

Fonte SUDENE (2021).

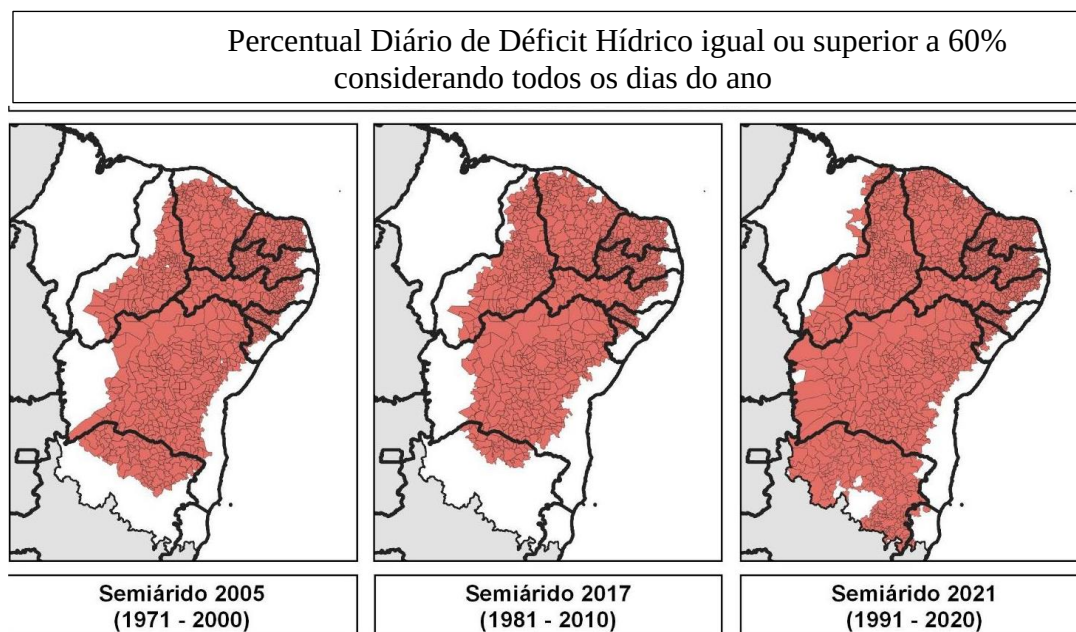


Figura 5. Evolução do critério de Déficit Hídrico.

Fonte SUDENE (2021).

Na região semiárida, os solos são, em geral, pouco desenvolvidos em função das condições de escassez das chuvas, tornando os processos químicos e físicos mitigados. Devido a variedade de condições climáticas, vegetação, tipos de rochas e formações do relevo, apresenta os mais diversos ambientes e, conseqüentemente, os mais diversos tipos de solos. Dentre os solos predominantes nas diferentes paisagens do semiárido se destacam os Latossolos, Argissolos, Planossolos, Luvisolos, Neossolos e Cambissolos. Em baixas proporções têm-se os Nitossolos, Chernossolos, Vertissolos e Plintossolos (ARAÚJO FILHO et al., 2019).

2.2. Rotação de culturas com ênfase no semiárido

A rotação de culturas consiste em alternar no tempo, o cultivo de espécies vegetais numa determinada área, preferencialmente com culturas que possuem sistemas radiculares diferentes (gramíneas e leguminosas, por exemplo) onde cada espécie deixa um efeito residual positivo para o solo e para a cultura sucessora. Nas regiões onde a soja predomina, ela é a cultura principal, sendo a escolhida para a geração de renda (CALEGARI, 1990, BROCH et al., 1997). Com a preocupação no aspecto ambiental, a rotação de culturas tem auxiliado na sustentabilidade da produção agrícola, trazendo benefícios como a alternância no padrão de extração e de ciclagem de nutrientes melhorando as condições nutricionais do solo (CANDIDO et al., 2021).

Outros benefícios são citados como a estabilidade de produtividade de grãos, pela quebra do ciclo de pragas, doenças e plantas daninhas, e a manutenção ou a melhoria das condições físicas, química e biológica do solo, proporcionando uma melhor condição para o desenvolvimento das plantas (CANDIDO et al., 2021; CRUZ et al., 2021). Somando-se aos aspectos de fertilidade, proteção, agregação de solo e correção, a rotação de culturas, sua importância está também na promoção de um ambiente adequado para as futuras gerações, proporcionando a sustentabilidade da produção agrícola (CANDIDO et al., 2021; RAMBO et al., 2021). Vários autores tem encontrados que independentemente da cultura e da região, elas são importantes para a produção de palhada para o controle da erosão, elevação dos níveis de carbono no solo, diminuição de ervas daninhas, fertilização dos solos e ciclagem de nutrientes (GARCIA et al., 1996; AITA & GIACOMINI, 2006).

O cultivo agrícola usado no semiárido brasileiro deve direcionar-se para culturas que se adaptem bem às condições de sequeiro e irrigadas da região. Albiero et al. (2015) citam que as principais culturas agrícolas em lavouras temporárias para o plantio são abacaxi, algodão, cebola, feijão, mamona, mandioca, milho, sorgo e tomate. Em lavouras permanentes destacam-se: banana, cacau, castanha de caju, goiaba, mamão, manga, maracujá. E no Rio Grande do Norte tem-se grande destaque para o melão. Pontes Filho (2018) relata que o plantio de culturas anuais como sorgo, milheto, milho e girassol no período de chuva no semiárido será uma estratégia para o produtor rural, já que muitos produtores ainda utilizam a monocultura, não utilizando os espaçamentos adequados entre as culturas e nem a aplicação de uma adubação planejada conforme a análise de solo que atenta as exigências nutricionais das culturas.

Dessas culturas, o milho assume papel de destaque na economia da região semiárida por participar representativamente na geração da renda agrícola e pelo papel importante na alimentação

humana e animal. Já o sorgo possui potencial para se desenvolver e se expandir em regiões com baixas distribuições de chuvas e altas temperaturas, como é o caso de semiárido. Ele tem se destacado para alimentação animal por ser uma planta com elevado rendimento forrageiro e apresentar uma boa capacidade de rebrota e adaptabilidade às regiões secas, sendo capaz de sobreviver e produzir em condições de limitado suprimento de água (ELIAS et al., 2016). O cultivo do sorgo vem aumentando sua importância na região Nordeste, principalmente, nas áreas com ocorrências frequentes de deficiência hídrica, devido às suas características de resistência a seca e substituto do milho na alimentação animal em rações balanceadas para bovinos, suínos e aves.

Outra opção de rotação é o feijão-caupi, conhecido por feijão macassar ou feijão-de-corda, é uma fonte de renda alternativa e considerado alimento básico da população da Região Nordeste do Brasil. É uma leguminosa anual herbácea que produz frutos tipo vagem, podendo apresentar porte baixo e médio (QUIN, 1997). Souza et al. (2016) conclui-se que o feijoeiro é uma cultura de extrema importância para a economia e para sobrevivência da agricultura no semiárido, necessitando, portanto, de novas tecnologias para aumento da produção e sustentabilidade do produtor, mas 85% dos pequenos agricultores no município de Parari-PB, utilizam o feijoeiro em consórcio, sempre com a cultura do milho. Como adubo verde, a crotalária destaca-se também pela capacidade de fixação biológica de nitrogênio atmosférico e produção de biomassa. Apresenta potencial produtivo de 7 a 10 t ha⁻¹ de matéria seca, podendo atingir valores de até 17 t ha⁻¹ (AMABILE et al., 2000).

Alguns agricultores familiares do semiárido também usam o sistema de pousio em seus cultivos agrícolas. O conceito de pousio é definido como uma forma de agricultura marcada pela rotação de pequenas áreas de cultivos. Nesse sistema o solo é deixado em repouso por um período que pode variar de 2 a 10 anos, em média. Durante esse tempo ocorre o desenvolvimento gradual de uma vegetação na qual incorpora nutrientes capazes de ampliar a regeneração do solo de forma natural, gradual e espontânea (BERTONILO; BERTONILO, 2010).

2.3. Matéria orgânica e suas frações lábeis e recalcitrantes do solo

A Caatinga é a vegetação predominante do nordeste brasileiro, recobrando 54,53% da área da região. De acordo com Rodal et al. (2008), sua variada cobertura vegetal está, em grande parte, determinada pelo clima, relevo e embasamento geológico que, em suas múltiplas inter-relações, resultam em ambientes ecológicos bastante variados e se traduz em diferentes paisagens, como os vales úmidos, as chapadas sedimentares e as amplas superfícies

pediplanadas (SANTANA & SOUTO, 2006). Pereira Filho et al. (2010) caracterizam-nas como formações xerófilas, lenhosas, decíduas, em geral espinhosas, com presença de plantas suculentas e estrato herbáceo estacional, além de uma ampla variação florística.

A caatinga possui formação vegetal com características bem definidas com árvores baixas, arbustos, cactáceas e bromeliáceas agrupadas em três estratos: arbóreo, medindo de 8 a 12 metros; arbustivo de 2 a 5 metros e herbáceo com menos de 2 metros (ALVES et al. 2009). Em estudo desenvolvido na caatinga do Rio Grande do Norte na Estação Ecológica do Seridó (EsEc-Seridó), Santana e Souto (2011) constataram-se que, após doze meses foram depositados 2.068,55 kg ha⁻¹ de serrapilheira, com as folhas constituindo a fração predominante responsável por 79,90% do material decíduo. A fitomassa de galhos e cascas atingiu 9,27% do total depositado, enquanto a participação de material reprodutivo foi de 2,92% e a de miscelânea 7,91% (fragmentos de folhas, galhos, ramos, flores, frutos, sementes e outros materiais vegetais de difícil identificação, além de insetos ou partes destes e fezes), sendo todo esse material responsável pela formação da matéria orgânica do solo (MOS). No entanto, a Caatinga vem sendo sistematicamente devastada devido ao uso e manejo do solo com a pecuária intensiva, sistemas agrícolas com manejos inadequados, retirada de lenha e madeira, além de outros fins de menor interesse socioeconômico (SANTANA & SOUTO, 2006), o que reduziu o potencial para formação da MOS.

A matéria orgânica do solo (MOS) pode ser definida como todo material vivo ou morto, como por exemplo, os microrganismos que compõem a massa microbiana do solo ou os restos mortais de quaisquer vegetais, animais e organismos do solo presente na superfície, ou incorporado ao solo, nos mais diferentes estágios de decomposição. A MOS tem grande importância no fornecimento de nutrientes às plantas, retenção de cátions, complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, estabilidade da estrutura, infiltração e retenção de água, aeração, e na atividade microbiana, constituindo-se, assim, em um componente fundamental e determinante da capacidade produtiva de solos altamente intemperizados (SILVA & MENDONÇA, 2007).

A matéria orgânica pode ser separada em diferentes frações ou compartimentos. Os teores de C-fração leve, varia com o tipo de solo, o clima e com as práticas de manejo adotado (JANZEN et al., 1992). A taxa acentuada de decomposição da fração leve se deve a natureza lábil de seus constituintes e à ausência de proteção pelos colóides do solo. Em função da sua maior biodisponibilidade, a fração leve se constitui em uma importante fonte de energia e carbono para a biomassa microbiana (JANZEN et al. 1992). Segundo Baldock (2002) e Baldock & Skjemstad (2000) há uma divisão de diferentes componentes da MOS, baseada em padrões

biológicos, na composição química, e na interação de componentes químicos e físicos. De acordo com o grau de estabilidade desta matéria orgânica podem ser classificadas em lábil e estável, a primeira é mais propensa ao ataque microbiano, enquanto que a segunda é associada aos minerais, cujos compostos apresentam recalcitrância molecular.

Um sistema de uso do solo diferente do sistema natural ou prática de manejo inadequada, auxilia a perda de qualidade destes solos, que é acompanhado pela redução nos teores de MOS, sendo as frações mais biodisponíveis reduzem primeiro, enquanto que as mais recalcitrantes podem ser enriquecidas (PRESTON et al., 1996; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2008). Aliado que em solos tropicais, a taxa de perda de carbono da fração leve é de duas a onze vezes maiores que a fração pesada (DALAL; MAYER, 1986). O aumento do estoque de MOS e suas frações é um processo lento e necessita de um manejo adequado, notadamente em regiões de clima tropical, onde a taxa de decomposição é mais acentuada devido às altas temperaturas e umidade do solo (SIX et al., 2002). Os estoques de carbono variam em função do tipo de solo, profundidade, clima, bioma e, principalmente, uso e manejo do solo.

O revolvimento do solo durante as práticas agrícolas acelera a oxidação da matéria orgânica do solo, provocando sua mineralização e, por outro lado, frequentemente intensificando as perdas por erosão. Por outro lado, sistemas mais conservacionistas como os SAF's, que reduzem a erosão e tendem a apresentar incremento de 19 matéria orgânica na superfície do solo, assim aumentando os estoques de C no solo (PORTUGAL et al., 2008). Analisando a rotação de cultura em Latossolo Vermelho-Amarelo de textura franco-argilo-arenosa no semiárido, com diferentes coberturas vegetais, Sales et al. (2016) observaram que as gramíneas no Sistema de plantio direto incrementam o teor de carbono no solo, devido à maior produção de cobertura morta em relação ao girassol.

O sistema de manejo e rotação de culturas, influenciam os teores de C em frações mais recalcitrantes. Assim, Sales et al. (2017) analisando cultivos agrícolas sob sistema de plantio direto (SPD) nas condições semiáridas, em especial com o milho, promoveram maiores teores de carbono, nitrogênio e frações da matéria orgânica, na camada superficial do solo (0,00 a 0,05 m). Na camada de 0,05-0,10 m os cultivos sob SPD promoveram aumento nos teores de carbono nas substâncias húmicas, em comparação aos SPC. Maior sustentabilidade foi observada nos cultivos em SPD no semiárido, em relação àqueles sob SPC, indicado pelos maiores Índices de Manejo de C na camada superficial do solo sob SPD. Ferreira et al. (2019), observaram aumento nos teores e os estoques de carbono orgânico total, em solos com as gramíneas, pois estas apresentam uma maior relação C/N, o que acarretará uma decomposição mais lenta do resíduo e o que favorece o aumento dos teores de C.

Avaliando a estocagem de carbono e nitrogênio em diferentes sistemas de cultivo, PEGORARO et al. (2018) verificaram que o estoque de C, NT e de C nas frações das substâncias húmicas da MOS não diferiu entre a maioria dos sistemas de cultivo e a mata nativa, indicando a manutenção do C e N nos solos cultivados em comparação à condição nativa. Os sistemas de cultivo com bananal, cana-de-açúcar e crotalária aumentam o estoque de C na fração humina e o grau de humificação da MOS, na maioria das profundidades de solo avaliadas. O uso de sistemas integrados de produção agropecuária torna-se alternativa importante para a agropecuária do Semiárido ou recuperação de áreas degradadas, frente a outras estratégias de recuperação, como o pousio. Uma vez que uma década de pousio reduziu perda de carbono orgânico, escoamento superficial e erosão de áreas degradadas, porém não promoveram mudanças significativas na perda de nutrientes (ALMEIDA et al., 2017).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Fazenda Rafael Fernandes (latitude 5° 03' 40'' Sul, longitude 37° 23' 51'' Oeste e altitude 72 m), comunidade de Alagoinha, Mossoró, RN. O clima do local foi classificado como BSh, de acordo com a classificação de Köppen, temperatura média de 26,5 °C, precipitação pluviométrica média anual menor que 700 mm, com período chuvoso se estendendo de fevereiro a junho e vegetação Caatinga (ALVARES et al., 2013). O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, de textura areia franca (RÊGO et al., 2016). A análise granométrica do solo apresentou 84% areia, 4 % de silte e 12 % de argila.

3.2. Rotação de culturas

O experimento foi implantado ao longo dos anos sendo utilizado o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Optou-se na rotação de culturas por plantas que representasse a realidade do produtor local e que o mesmo já esteja adaptado ao cultivo. O início da rotação de cultura foi em novembro 2014 onde foi implantado o experimento com crotalária (*Crotalaria juncea* L.) permanecendo por 70 dias. Logo após esse período passado 40 dias, já em 2015, foi implantado o experimento com milho (*Zea mays* L.) permanecendo na área com tempo médio estimado de 70 dias. Cerca de 60 dias após sua colheita, ainda em 2015 foi implantada a cultura do feijão-verde (*Vigna unguiculata* L.), que foi colhido aos 80 dias após o plantio.

Após esse período, em 2016 o solo permaneceu em repouso por 8 meses. Em 2017 foi implantada a cultura do melão (*Cucumis melo* L.) a qual permaneceu na área por 90 dias. O solo somente voltou a ser cultivado novamente em 2018 com a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) onde permaneceu na área por 70 dias. Após a retirada do sorgo, o solo permaneceu em pousio por um ano. Em 2020 foi plantado milho novamente permanecendo na área com tempo médio estimado de 70 dias.

Para efeito de comparação coletou-se solo sob a mata nativa no ano de 2014, 2015, 2017, 2019 e 2020 sendo apresentada a média dos dados. Todas as coletas de solo nas culturas principais foram realizadas aos 30 dias após a colheita, e o pousio 60 dias após a colheita da cultura antecessora.

Tabela 2. Rotação de culturas e tempo de permanência das culturas no período de 2014 a 2020 em Latossolo Vermelho-Amarelo Textura Arenosa, Mossoró-RN.

Esquema de rotação de culturas							
Crotalária	Milho	Feijão	1º Pousio*	melão	sorgo	2º Pousio*	Milho
Tempo de permanência da cultura na área experimental							
70 dias	70 dias	80 dias	8 meses	90 dias	70 dias	1 ano	70 dias

*Apesar de ficar 8 meses e 1 ano sob pousio, as amostragens de solo foram realizadas 60 dias após a colheita da cultura antecessora sob sua palhada.

O solo quando estava sob os cultivos de crotalária, milho, feijão, melão, sorgo e milho novamente, foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento, com gotejadores espaçados de 0,3 m e de vazão média de 1,65 L h⁻¹ utilizando-se uma linha de gotejadores por fileira de plantas. As parcelas onde foram efetuadas as coletas de solo tiveram o tamanho de 5 x 6 m no total sendo considerado como área útil de 4 x 5 m. Cada cultura recebeu a fertilização condizente a sua necessidade, e somente foi realizado a calagem 1 mês antes do plantio da crotalária na dose de 2,5 t ha⁻¹ de calcário calcítico.

3.3. Análise de Carbono Orgânico Total (COT)

Para a realização das análises laboratoriais foram coletadas amostras de solo com estrutura deformada, sendo quatro amostras compostas, oriundas de 5 subamostras em cada área supracitada, na camada de 0-10 cm e 10-20 cm. Estas amostras foram retiradas com auxílio de caneco metálico em uma mini-trincheira, devido o solo ser arenoso, acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e, levadas ao Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta (LASAP) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

Posteriormente, foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Para análise do carbono orgânico total, subamostras de TFSA foram trituradas, passadas em peneira de 0,210 mm (60 mesh). A determinação do carbono orgânico total (COT) foi realizada pelo método de oxidação por via úmida, com aquecimento externo, proposto por Yeomans & Bremner (1988).

3.4. Análise de Carbono Lábil (CL) e Índice de Manejo de Carbono (IMC)

Para a determinação do teor de C lábil (CL), subamostras de 1,0 g de solo (camada de 0-10 e 10-20 cm) foram trituradas, passadas em peneira de 0,210 mm e acondicionadas em tubo de centrífuga de 50 mL, juntamente com 25 mL de solução de KMnO₄ (0,033 mol L⁻¹) (SHANG

& TIESEN, 1997). Os tubos foram colocados em agitador horizontal a 170 rpm, por 1 hora, e centrifugados a 960 g, por 10 min, sempre protegidos da luz. Após centrifugação, colocou-se 100 µL do sobrenadante em tubos de ensaio e o volume foi completado com 10 mL com água deionizada. As dosagens do CL foram realizadas em espectrofotômetro, com comprimento de onda de 565 nm, após aferimento da curva com pontos 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 e 1,0 mL. O carbono não lábil (CNL) foi determinado pela diferença entre o COT e o CL.

Com base nas mudanças no COT, entre um sistema de referência (Mata nativa) e um com cultivo agrícola, será calculado o índice de compartimento de carbono (ICC), calculado como: $ICC = COT \text{ cultivado} / COT \text{ referência}$. Com base nas mudanças na proporção de CL (labilidade = CL / CNL) no solo, será calculado o índice de labilidade (IL) por $IL = L \text{ cultivado} / L \text{ referência}$. Estes dois índices foram utilizados para calcular o índice de manejo de carbono (IMC), obtido pela expressão $IMC = ICC \times IL \times 100$ (BLAIR et al., 1995).

3.4. Análise de Carbono das Substâncias Húmicas (CSH) e suas Frações

Para a determinação de C das frações recalcitrantes, as amostras de terra fina seca ao ar foram trituradas, passadas em peneira de 60 mesh (0,210 mm) e submetidas ao fracionamento de substâncias húmicas, segundo o método da International Humic Substances Society (IHSS) (SWIFT, 2001). Desse fracionamento, foram obtidas as frações correspondentes aos ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e huminas, pela solubilidade diferencial em soluções ácidas e alcalinas. Do somatório de todas essas frações húmicas, foram obtidas as substâncias húmicas.

Para isso, subamostras de 1,0 g de solo (60 mesh) foram acondicionadas em tubo de centrífuga de 50 mL, juntamente com 25 mL de solução de NaOH ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$), agitados por 1 hora a 170 rpm e deixados em repouso por 16 horas. Após esse período, as amostras foram centrifugadas a 960 g, por 10 min, e o sobrenadante colocado em novo tubo de centrifuga. Repetiu-se novamente o processo, com 25 mL de solução de NaOH ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) e agitados manualmente por 1 minutos, centrifugados e o sobrenadante foi colocado com extrato anterior com a obtenção final de 50 mL de extrato líquido para cada solo. A parte sólida aderida ao tudo correspondeu à humina, que posteriormente foi seco em estufa a 60°C e macerada para obtenção do teor de C conforme o COT.

Nos 50 mL de extrato líquido remanescente foram abaixados o pH em torno de 2,0 e deixados em repouso por 16 horas. Após esse período, as amostras foram centrifugadas e o ácido húmico (AH) foi o precipitado. O ácido fúlvico (AF) ficou solubilizado e foi aferido para 50 mL com água deionizada. Posteriormente, o AH foi novamente solubilizado com NaOH

(0,1 mol L⁻¹), até o volume final de 50 mL. O teor de C foi determinado em ambos os extratos líquidos (AH e AF), utilizando 10 mL da alíquota de cada, com aquecimento externo em meio ácido e titulado com sulfato ferroso amoniacal conforme método adaptado de (MENDONÇA, & MATOS, 2005)

3.5. Análises estatísticas

Os dados de carbono orgânico total e frações da matéria orgânica foram submetidos a análise de variância pelo teste F e ao ser constatado diferença significativa, as médias foram analisadas pelo teste de Tukey a 5 % pelo programa SAEG.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 apresentam-se os dados de carbono orgânico (COT) e nitrogênio totais (NT) do solo com diferentes rotação de culturas. Notou-se que independente da cultura em sucessão, a retirada da mata nativa (MN) para o cultivo causou redução nos teores de COT e o NT. Os valores encontrados no solo sob MN para COT foram 16,9 e 10,9 g kg⁻¹ 0-10 e 10-20 cm respectivamente, e para NT 4,8 e 3,20 g kg⁻¹ de 0-10 e 10-20 cm respectivamente (Tabela 3). Uma das principais alternativas para a exploração racional dos recursos naturais da Caatinga é o manejo florestal sustentável, e mesmo com esse processo Santos et al. (2021) observaram em curto prazo, que o manejo florestal na caatinga promoveu redução dos estoques de C orgânico total do solo. Os solos do bioma Caatinga, geralmente, pouco intemperizados, com reduzida presença de óxidos de ferro (Fe) e de alumínio (Al) e com predominância de areia, dificultam a proteção física do C. Com isso, há redução da estabilização da MOS, o que limita o tempo médio de residência do C no solo quando a área de caatinga é manejada (GIONGO et al., 2011).

Tabela 3. Carbono orgânico e nitrogênio total de um Latossolo Vermelho Amarelo textura arenosa, coletado em diferentes rotação de culturas, nas camadas 0-10 e 10-20 cm, na Fazenda Experimental da UFERSA, em Mossoró-RN.

Rotação de culturas	Carbono orgânico (g kg ⁻¹)		Nitrogênio total (g kg ⁻¹)	
	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
Crotalária	5,39b	2,71c	2,51b	1,20b
Milho	7,72b	4,82b	2,12b	1,01b
Feijão	5,03bc	2,90c	2,60b	1,52b
Pousio 1	2,22d	1,32d	2,42b	1,54b
Melão	2,04d	1,62d	1,44c	0,78b
Sorgo	3,59c	2,21d	1,60c	0,81b
Pousio 2	4,41c	3,25c	1,75c	0,92b
Mata Nativa	16,9 ^a	10,90 ^a	4,81 ^a	3,20 ^a
CV (%)	19,30	18,30	17,20	23,32
Média Geral	5,91	3,72	2,41	1,37

CV= coeficiente de variação. Médias assinaladas com a mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A Caatinga caracteriza-se por grande diversidade de plantas, como formações xerófilas, lenhosas, decíduas, em geral espinhosas, com presença de plantas suculentas e extrato herbáceo estacional, além de uma ampla variação florística (PEREIRA FILHO et al., 2010). Silva et al.

(2022) analisando o teor de C foliar das espécies florestais da Caatinga observaram valores entre 448,0 e 454,3 g C por kg de biomassa seca e, o teor de C do lenho das espécies entre 451,4 e 453,1 g C por kg de biomassa seca, o que gera uma serapilheira rica em material orgânico na superfície do solo sendo suporte para o aumento do teor de C do solo. Verificando os ciclos de corte e potencial aporte de carbono ao solo em manejo florestal da Caatinga, Lopes et al. (2020) encontraram quanto à biomassa remanescente a ordem de maior potencial de aporte de carbono ao solo foi ramos > serapilheira > cepas. O aporte oriundo do componente ramos é superior ao da serapilheira em 3,4 vezes.

Em estudo desenvolvido na Caatinga do Rio Grande do Norte na Estação Ecológica do Seridó (EsEc-Seridó), Santana e Souto (2011) constataram-se que, após doze meses foram depositados 2.068,55 kg ha⁻¹ de serrapilheira, com as folhas constituindo a fração predominante responsável por 79,90% do material decíduo. A fitomassa de galhos e cascas atingiu 9,27% do total depositado, enquanto a participação de material reprodutivo foi de 2,92% e a de miscelânea 7,91% (fragmentos de folhas, galhos, ramos, flores, frutos, sementes e outros materiais vegetais de difícil identificação, além de insetos ou partes destes e fezes), sendo todo esse material responsável pela formação da matéria orgânica do solo (MOS).

Souto et al. (2013) mencionam que em ambiente de Caatinga a caducidade natural de material vegetal forma uma camada de serapilheira que protege o solo na estação seca e logo nas primeiras chuvas é iniciada a incorporação ao solo por ação dos microrganismos decompositores, configurando o principal processo de circulação biogeoquímica e aumento de C. Em uma área de caatinga conservada na Serra da Caiçara, município de Maravilha, Semiárido Alagoano, Silva (2017) encontrou valores maiores de COT que os desse trabalho. Os valores de C encontrados por esses autores variaram de acordo com época da coleta, sendo que em dezembro os teores de COT e MOS foram respectivamente 46,12 e 79,52 g kg⁻¹, e os registrados em abril foram 35,39 e 61,02 g kg⁻¹, respectivamente.

Analisando somente o solo com as culturas em rotação e quando em pousio, observou-se que os maiores teores de COT de 0-10 cm foram encontrados nas três primeiras rotação com a crotalária, milho e feijão (5,4; 7,7 e 5,0 g kg⁻¹, respectivamente), o mesmo foi observado para o nitrogênio 2,5; 2,1 e 2,6 g kg⁻¹, respectivamente) com esse efeito mais pronunciado nos solos onde foram cultivadas as leguminosas (Tabela 4).

Após o pousio 1 e com o cultivo do melão notou-se uma redução nos teores de COT e NT (2,04 e 1,4 g kg⁻¹, respectivamente na camada 0 – 10 cm. Todavia, com a semeadura novamente da cultura do sorgo e, analisando solo sob sua palhada, notou-se novamente uma tendência de recuperação, principalmente do C (3,6 g kg⁻¹) (Tabela 3). Ao analisar a camada de 10-20 cm,

notou-se que as gramíneas são fundamentais para aumentar os teores de COT em profundidade, especialmente o milho ($4,8 \text{ g kg}^{-1}$), todavia para o NT não houve diferença entre os tratamentos.

O baixo teor de COT tanto no solo sob rotação de cultura como na mata nativa, se deve provavelmente a textura mais arenosa dos solos o que contribui para menor proteção da mesma ao ataque microbiano e as elevadas condições de temperatura da região que contribui para a oxidação da MOS (DIÓGENES et al., 2013). Em solos do Cerrado, Rosolem et al. (2012) apresentaram dados que sugerem que, além do manejo, à variação da textural dos solos atua como fator determinante de enriquecimento e empobrecimento do carbono orgânico do solo. O caso mais nítido observados por eles foram que em pastagens não manejadas tiveram maior teor médio de carbono em solo argiloso de alteração do basalto ($2,08 \text{ dag kg}^{-1}$), do que solo arenoso quartzoso da Formação Adamantina ($0,91 \text{ dag kg}^{-1}$).

Neste estudo notou-se nitidamente que as gramíneas são essências para aumento de C em solos arenosos. No caso do milho, este apresenta sistema radicular bastante extenso e ramificado, alcançando 1,8 m de profundidade e produz cerca de 6 Mg ha^{-1} de matéria seca com alta relação C/N (em média 52) (LIMA FILHO et al., 2014). Portanto, esta combinação de sistemas radiculares profundos e densos que realizam rizodeposição de C com grandes produções de matéria seca da parte aérea com elevada relação C/N podem explicar os maiores teores de COT encontrados no tratamento tanto na superfície quanto em profundidade. Thivierge et al. (2016) avaliaram a contribuição do sistema radicular do milho, sorgo e milheto em relação ao aporte de C no solo. Segundo os autores, a entrada de C oriundo dos restos culturas após a colheita foi maior para o milho (243 g C m^{-2}) do que para o sorgo e o milheto (197 e 131 g C m^{-2} , respectivamente) e, que grande parte desse carbono, se deve as raízes finas, com diâmetro menor que 0,5 mm. O uso de plantas de cobertura, com ênfase para as gramíneas, além de proteger o solo contra as intempéries climáticas, favorece o aporte do carbono, principalmente por rizodeposição (THIVIERGE et al., 2016).

Em um Latossolo de textura franco-arenosa (80,4% de areia) no Cerrado Baiano, Fagundes et al. (2019) verificaram que o sistema de plantio direto com milho, Braquiária, Milho, Soja e Crotalaria em rotação promoveu melhor a qualidade do solo, pelo aumento do carbono orgânico total, grau de floculação, conteúdo de água disponível e da microporosidade, além de ter reduzido o teor de argila dispersa em água. Assim sendo, estes autores concluíram que plantio direto, com gramíneas e leguminosas em rotação, é capaz de promover a estruturação, a qualidade e as funções do solo enquanto recurso natural essencial à vida.

Para o nitrogênio, os cultivos de leguminosas são fundamentais para uma tendência de aumento no solo (Tabela 3). As espécies leguminosas têm contribuído com aporte de NT na

solução do solo através da fixação biológica, em alguns casos substituindo o fertilizante mineral e reciclando nutrientes para as plantas em virtude de promover uma liberação sincronizada (TORRES et al., 2008), apresentando-se como importante papel em promover acúmulos de carbono em solo sob sistema plantio direto, o que pode ser devido à liberação de N dos resíduos vegetais (BODDEY et al., 2010).

Analisando a labilidade da MOS, a retirada da mata nativa assim como o COT, proporcionou diminuição do CL. Quanto a rotação de culturas, observou-se que os maiores teores de carbono lábil (CL) foram nas primeiras rotação 1,57, 1,42 e 1,38 g kg⁻¹ para o solo sob a cultura do milho, crotalária e feijão verde, respectivamente, e na segunda fase após o pousio, para o solo sob o sorgo 1,41 g kg⁻¹, não havendo diferença estatística entre essas rotação (Tabela 4). Assim como no Sudeste e Sul do Brasil, Dieckow et al. (2005) e Souza et al. (2009) observaram que os estoques de CL diminuíram rapidamente, porém sua recuperação também foi rápida, o que sugere o uso do CL como um indicador sensível da dinâmica do C no sistema.

O menor teor de CL foi encontrado no solo sob a cultura do melão (0,64 g kg⁻¹) (Tabela 3). Neste caso, o CL representou 31,4 % do COT (Tabela 3). Essa redução em curto prazo é preocupante, uma vez que, Ramirez et al. (2020) demonstraram recentemente em seus estudos que o carbono lábil oxidado por permanganto e a fração leve da matéria orgânica do solo regulam mudanças nas comunidades microbianas, as quais foram apoiadas por variações na diversidade α e β , frações mais importantes na riqueza de Shannon e Unidade Operacional de Taxonomia.

diferentes rotação de culturas, nas camadas 0-10 e 10-20 cm, na Fazenda Experimental da UFERSA, em Mossoró-RN.

Rotação de culturas	Carbono lábil (g kg ⁻¹)		CL/COT (%)	
	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
Crotalária	1,42b	0,71b	26,35	26,20
Milho	1,57b	0,90b	20,34	18,67
Feijão	1,38b	0,77b	27,44	26,55
Pousio 1	0,93b	0,62b	41,89	46,97
Melão	0,64c	0,34c	31,37	20,99
Sorgo	1,41b	0,81b	39,28	36,65
Pousio 2	0,79c	0,45c	17,91	13,85
Mata Nativa	3,14a	1,62a	18,58	14,86
CV (%)	15,60	20,40		
Média Geral	1,41	0,78		

CL= Carbono lábil; COT = Carbono orgânico total; CV= coeficiente de variação. Médias assinaladas com a mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Como essa fração lábil da MOS é representada por resíduos de plantas em decomposição, formas solúveis em água, e biomassa microbiana, a médio prazo, essa fração possui pouca recalcitrância, o que pode influenciar em uma oxidação maior da MOS, sendo recomendado após o plantio do melão culturas com maior lignificação para manutenção da MOS. Valores de CL semelhantes a esse artigo foram obtidos por Santos et al. (2021) em uma topossequencia no semiárido do Pernambuco. No Terço superior, médio e inferior com 72, 80 e 79 % de areia foram encontrados 1,12, 0,93 e 1,13 g kg⁻¹ de CL.

Assim como nesse trabalho, Faccin et al. (2016) também observaram que os maiores teores de CL foram verificados na camada superficial do solo, e atribuíram esses resultados a maior adição de resíduos pelas culturas na superfície do solo e fato que também associa-se ao maior teor de COT nas camadas superficiais. Efeito similar também foi relatado por Leite et al. (2013), que encontraram teores mais elevados de CL na superfície do solo, em decorrência do aporte de resíduos. Ao se comparar os tipos de cultivo em relação ao CL, Faccin et al. (2016) observaram incremento dos valores de CL com uso de gramíneas (*Urochloa brizantha* e milho) sendo isso atribuído ao fato das gramíneas depositarem grandes quantidades de material orgânico com razão C/N e lignina/N mais elevados, além de maiores teores de lignina em comparação à hemicelulose e à celulose (CARVALHO et al., 2011).

A retirada da mata nativa para o cultivo de plantas em rotação provocou redução nos teores de carbono orgânico das frações recalcitrantes do solo. O teor carbono contido nas

substâncias húmicas (SHs) variou de 15,44 a 0,63 g kg⁻¹, sendo o maior teor associado ao solo sob vegetação caatinga e o menor sob melão (Tabela 5). A quantificação do carbono nas substâncias húmicas (SH) é importante, pois o potencial de captura e armazenamento do C se dá basicamente nesta fração, e uma ciclagem tão rápida desse C em solo arenoso, demonstra que a escolha das culturas em rotação é extremamente importante para manutenção dos teores de matéria orgânica do solo. Analisando somente a mata nativa quanto as frações das SHs, os teores de C encontrados foram 11,9 e 7,0 g kg⁻¹ para humina (CHUM), 2,2 e 1,6 g kg⁻¹ para ácido húmico (CAH) e, 1,30 e 1,32 g kg⁻¹ para ácido fúlvico (CAF) nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente, os quais foram superiores a todos os tratamentos em rotação (Tabela 5).

Tabela 5. Carbono das substâncias húmicas e suas frações de um Latossolo Vermelho Amarelo textura arenosa, coletado em diferentes rotação de culturas, nas camadas 0-10 e 10-20 cm, na Fazenda Experimental da UFERSA, em Mossoró-RN.

Rotação de culturas	Substâncias húmicas		Humina		Ácido Húmico		Ácido Fúlvico	
g kg ⁻¹								
	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
Crotalária	4,98b	1,90b	4,32b	1,32b	0,40b	0,35b	0,26c	0,23c
Milho	6,53b	2,51b	5,89b	1,89b	0,35b	0,35b	0,29c	0,27c
Feijão	4,87b	2,23b	4,00b	1,55b	0,55b	0,40b	0,32c	0,28c
Pousio 1	2,03c	1,34cd	1,15c	0,66c	0,35b	0,25b	0,62b	0,32c
Melão	0,63d	0,94d	0,48d	0,46c	0,06b	0,16b	0,09c	0,32c
Sorgo	2,54c	2,14b	1,84c	1,24b	0,20b	0,30b	0,51b	0,61b
Pousio 2	2,93c	3,09b	1,99c	1,77b	0,22b	0,40b	0,72b	0,92a
Mata Nativa	15,44a	9,96a	11,93a	7,034a	2,21a	1,61a	1,30a	1,32a
CV (%)	20,5	20,8	18,30	14,30	11,60	13,20	15,32	17,56
Média Geral	5,03	3,01	3,95	1,99	0,53	0,48	0,53	0,53

CV= coeficiente de variação. Médias assinaladas com a mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A fração que apresentou o maior teor de carbono dentre as frações em todos os tratamentos foi a fração humina. A maioria dos artigos ocorre o predomínio do C na fração humina (HUM), em comparação às frações ácidos húmicos (AH) e fúlvicos (AF), independentemente dos sistemas de manejo e profundidades analisadas (SILVA et al., 2011; PRIMO et al., 2011; MARINHO et al., 2016; FONTANA et al., 2017; CASTRO et al., 2018).

Silva et al. (2011) observaram que nos sistemas de uso e manejo do solo, a fração humina representou, em média, contribuição de 45 a 74% do COT do solo, já Marinho et al. (2016) observaram que esta contribuição foi de 80% de 0-10 cm de profundidade. Neste artigo a contribuição da HUM para COT variou de 24 a 80% de 0-10 cm e 28 a 64% de 10-20 cm no solo sobmelão e mata nativa, respectivamente. Em solos do cerrado, Fontana et al. (2006) relata que os maiores valores de carbono na fração humina podem estar relacionados ao tamanho das moléculas e ao maior grau de estabilidade desta fração quando comparado aos ácidos fúlvicos e húmicos que podem ser translocadas para camadas mais profundas, ser polimerizadas ou mineralizadas, e diminuir, assim, seu teor residual no solo.

Com relação a rotação de culturas, nota-se que na primeira etapa de rotação não houve diferença estatística entre crotalaria, milho e o feijão para as frações humificadas, todavia o milho se sobressaiu numericamente para CHUM e as leguminosas para frações AH e AF. Após o período de pousio 1 na segunda etapa de rotação, observou-se que o solo sob resíduo de melão teve o menor teor de C na SH (0,63 e 0,94 g kg⁻¹ de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente), a qual correspondeu a 0,48, 0,06 e 0,09 g kg⁻¹ (0-10 cm) e, 0,46, 0,16 e 0,32 g kg⁻¹ (10-20 cm) para HUM, AH e AF, respectivamente (Tabela 4). A redução da humina deve-se ao fato de ser solo arenoso com pouca associação de argilominerais no solo não promovendo a proteção contra a decomposição da MOS por microrganismos, o que leva à menor estabilidade das frações recalcitrantes e diminuindo a sua permanência no solo.

Nota-se que em superfície principalmente as frações mais solúveis (AH e AF) são as mais degradadas pelos organismos do solo. Isto também pode ser atribuído a pouca quantidade de palha produzida por essa cultura, o que reflete em baixos aporte de resíduo para humificação. Notou-se que ao ser semeado após o melão, o cultivo de sorgo promoveu um aumento no teor de C das SH (0,25 dag kg⁻¹), fato este já observado com o milho anteriormente, o qual em termos quantitativos foi o que obteve o maior teor de C nas SH (2,54 e 2,14 g kg⁻¹ 0-10 e 10-20 cm, respectivamente), sendo esse aumento verificado em todas as frações humificadas (Tabela 4). Esse comportamento pode indicar que a estabilização do carbono em uma forma recalcitrante pode ser limitado pela entrada da qualidade da matéria orgânica (PANDEY et al. 2014).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A retirada da mata nativa para o cultivo de plantas provoca redução nos teores de carbono orgânico total e carbono orgânico das frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica do solo. Nos solos sob cucurbitácea indicou-se que há uma propensão maior na oxidação dessas frações em curto espaço de tempo, devendo a rotação ser sucedida por espécies de gramíneas. A rápida mineralização do C recalcitrante proveniente das substâncias húmicas no solo das culturas em rotação, está associado a falta de mecanismos de proteção física e agregados, por ser um solo arenoso, e ainda com revolvimento do solo ainda que seja mínimo, pode conduzir a um desequilíbrio ainda maior a longo prazo, caso não haja gramíneas na rotação.

A necessidade de manutenção do equilíbrio e sustentabilidade do solo, aliada ao grande número de interações entre fatores clima e solo, aumenta a necessidade de um planejamento rigoroso no sistema de rotação de culturas no semiárido em termos de frações orgânicas do solo. Leguminosas solteiras apesar de serem fontes de N, apresenta baixo aporte de C. Nesse caso, recomenda-se a consorciação simultânea com milho, sorgo ou outras gramíneas o qual resultará em maior quantidade de cobertura vegetal e aumentos nos estoques de C nas frações lábeis e recalcitrantes da MOS para os cultivos em sucessão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. **Plantas de cobertura de solo em sistemas agrícolas**. In: ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; AITA, C. BODDEY, R. M.; JANTALIA, C.P. CAMARGO, F.A.O Ed). Manejo dos sistemas agrícolas: impacto no seqüestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa. Porto Alegre: Gênese, 2006. p. 59-79.
- ALBIERO, D.; CAJADO, D.; FERNANDES, I.; MONTEIRO, L. A.; ESMERALDO, G.. **Tecnologias Agroecológicas para o Semiárido (Daniel Albiero (ed.))**. UFC. (2015). Disponível em: <http://www.repositoriobib.ufc.br/000021/000021cd.pdf>. Acesso em: 23/04/2021.
- ALMEIDA, C.L.; ARAÚJO, J.C.; COSTA, M.C.G.; ALMEIDA, A.M.M.; ANDRADE, E.M. Fallow reduces soil losses and increases carbon stock in Caatinga. **Floresta e Ambient.** v.24, p. 1-10-2017. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.017516>.
- ALVARES, C. A; STAPE, J. L; SENTELHAS, P. C; GONÇALVES, J. L. M; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n.6, p.711–728, 2013.
- ALVES, J. J. A; ARAÚJO, M. A; NASCIMENTO, S. S. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. *Revista Caatinga*, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.
- AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.L.; CARVALHO, A.M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p.47-54, 2000.
- ARAÚJO FILHO, J.C.; CORREIA, R.C.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA NETO, M.B.; ARAÚJO, L.P.; SILVA, M.M.L. **Ambientes e solos do semiárido: potencialidades, limitações e aspectos socioeconômicos**. IN: XIMENES, L.F.; SILVA, M.S.L.; BRITO, L. T.L. (Eds). *Tecnologias de convivência com o semiárido brasileiro*. Fortaleza, CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2019. p. 19-84p.
- ARAÚJO, S.M.S. **A região Semiárida do Nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos**. *Rios Eletrônica* – 5 n. Dezembro de 2011.
- BALDOCK, J. A. **Interactions of organic materials and microorganisms with minerals in the stabilization of soil structure**. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester, West Sussex, UK, 2002.
- BALDOCK, J.A.; SKJEMSTAD, J.O. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. **Organic Geochemistry**, Oxford, v.31, n. 7-8, p. 697-710, 2000.
- BERTONILO, A.V.F.A.; BERTONILO, L.C. Agricultura migratória e seus efeitos sobre o solo. In: CARNEIRO, M.J.; BERTONILO, A.V.F.A.; BERTONILO, L.C. **Agricultores e território: prática e saberes**. Rio de Janeiro: Trasso comunicação Ltda, 2010. P. 53-71. Disponível em: http://r1.ufrj.br/cpda/cinais/arquivos/agri_terr_parte2.pdf. Acesso em 23/04/2021.

BLAIR, G. J.; LEFROY, R. D. B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian Journal Agriculture Research**, v.46, p.1459-1466, 1995.

BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CONCEICÃO, P. C.; ZANATTA, J. A.; BAYER, C.; MIELN ICZUK, J.; DIECKOW, J.; SANTOS, H. P.; DENARDIN, J. E.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; ALVES, B. J. R.; SEGUNDO, U. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. **Global Change Biology**, v. 16, n. 2, p. 784-795, 2010.

BRASIL. **Ministério da Integração Nacional**. Resolução CONDEL/SUDENE Nº 150, de 13 de dezembro de 2021. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13 dez. 2021. Edição: 246, Seção 1, p. 1-30.

BRASIL. **Ministério da Integração Nacional**. Resolução nº 115, de 23 de novembro de 2017. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25 dez. 2017. Seção 1, p. 26-27-34.

BROCH, D.L; PITOL, C.; BORGES, E.P. Integração agricultura-pecuária: plantio direto da soja sobre pastagem na integração agropecuária. Maracaju: FUNDAÇÃO MS, 1997. 24 p. (FUNDAÇÃO MS. Informativo Técnico, 01/97).

CALEGARI, A. Planejamento de rotação de culturas. In: II Reunião Centro-Sul de Adubação Verde e Rotação de Culturas, 2., 1989, Londrina. Ata e resumos. Londrina: Embrapa CNPSo, 1990, p. 70.

CANDIDO, G., SHIMADA, B. S., SILVA, V. B. D., & GOULART, G. R. . Rotação de culturas na sustentabilidade de um sistema de produção agrícola. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, e27, 2021. <https://doi.org/10.51189/rema/1616>

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

CARVALHO, A.M.; SOUZA, L.L.P.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; ALVES, P.C.A.C.; VIVALDI, L.J. Cover plants with potential use for crop-livestock integrated systems in the Cerrado region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1200-1205, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X2011001000012.

CASTRO, G.C.; VIEIRA, C.R.; WEBER, O.L.S. Carbono orgânico e nitrogênio total nas frações granulométricas e húmicas em solos sob diferentes texturas. **Nativa**, v. 6, n. 6, p. 575-581, 2018.

CRUZ, V. D.; MONTEL, L. V.; SOUZA, J. D. S. D.; MAIA, C. S. L. ROTAÇÃO DE CULTURAS E ADUBAÇÃO VERDE NO MANEJO E CONSERVAÇÃO DOS SOLOS. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, e21., 2021. <https://doi.org/10.51189/rema/1700>

DALAL, R. C.; MAYER, R. J. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland. 11. Total organic carbon and its rate of

loss from the soil profile. **Australian Journal Soil Research**, v. 24, p. 281-92, 1986.

DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D.P.; KÖGEL-KNABNER, I. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilisation in a Southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. **Soil and Tillage Research**, v.81, p.87-95, 2005.

DIÓGENES, L. C.; NÓBREGA, J. C. A.; NÓBREGA, R. S. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de; PRAGANA, R. B.; MATIAS, S. S. R. Microbial attributes and carbon and nitrogen stocks in Latosol under irrigated monocropping and intercropping. **Revista Ciências Agrárias**, v. 56, p. 106-111, 2013.

ELIAS, O.F.A.S.; LEITE, M.L.M.V.; AZEVEDO, J.M.; SILVA, J.P.S.S.; NASCIMENTO, G.F.; SIMPLÍCIO, J.B. Características Agronômicas de Cultivares de Sorgo em Sistema de Plantio Direto no Semiárido de Pernambuco. **Ciência Agrícola**, v.14, n.1, p.29-36, 2016.

FACCIN, F.C.; MARCHETTI, M.E.; SERRA, A.P.; ENSINAS, S.C. Frações granulométricas da matéria orgânica do solo em consórcio de milho safrinha com capim-marandu sob fontes de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.12, p.2000-2009, dez. 2016.

FAGUNDES, M. O.; REIS, D. A.; PORTELLA, R. B.; PERINA, F. J.; BOGIANI, J. C.. Qualidade de um latossolo sob plantio convencional e sistema plantio direto no cerrado baiano, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.3, p.281-297, 2019.

FERREIRA; ALVES, S. J.; DE OLIVEIRA, P. S. R.; DA COSTA, A. C. T.; NOLLA, A. Carbono orgânico e nitrogênio do solo sob alturas de pastejo da *Urochloa ruziziensis* em sistema agropastoril. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 3, p. 352– 362, 2019.

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; CUNHA, T. J. F. SALTON, J. C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 847-853, 2006.

FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; BERNINI, T.A.; ANJOS, L.H.C.; WADT, P.G.S.; SANTOS, L.L. Compartimentos da Matéria Orgânica de Solos sob Floresta no Estado do Acre. **Revista Floresta Ambiente**, v. 24, p. 2-8, 2017.

GARCIA, A.; TORRES, E.; GAUDENCIO, C. de A. **Avaliação de adubos verdes de verão em sucessão à soja precoce**. Londrina, PR: EMBRAPA-CNPSo, 1996. p. 57-69 (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 99).

GIONGO, V.; FREITAS, M.S.C.; FREITAS, R.C.A.; FREITAS, A.D.S.; TAURA, T.A.; LEITE, L.F.C. Matéria orgânica do solo em sistemas de produção integrados no Nordeste Brasileiro. IN: **Solos Sustentáveis para a Agricultura no Nordeste**. SOUZA, H.A LEITE; L.F.C; MEDEIROS, J.C. (Ed.). Embrapa Brasília, DF, 2021. p. 81-112.

GIONGO, V.; GALVÃO, S. R. da S.; MENDES, A. M. S.; GAVA, C. A. T.; CUNHA, T. J. F. Soil organic carbon in the Brazilian semi-arid tropics. *Dynamic Soil*, **Dynamic Plant**, v. 5, n. 1, p. 12-20, 2011.

GUERRA, J.G.M.; SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CAMARGO, F.A.O. Macromoléculas

e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.19-25.

JANZEN, H. H.; CAMPBELL, C. A.; BRADT, S. A.; LAFOND, G. P.; TOWNLEYSMITH, L. **Soil Science Society of America Journal**. 1992, 56, 1799.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. C. et al. Indicadores químicos de qualidade da matéria orgânica de solo da sub-bacia do Rio das Mortes sob manejos diferenciais de cafeeiro. **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1733-1737, 2008.

LEITE, L.F.C.; ARRUDA, F.P.; COSTA, C. N.; FERREIRA, J. S.; HOLANDA NETO, M.R. Qualidade química do solo e dinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de macaúba e pastagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.1257-1263, 2013. DOI: 10.1590/S1415-43662013001200002.

LIMA FILHO, O.F.; AMBROSANO, E.J.; ROSSI, F.; CARLOS, J.A.D. (Eds). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: EMBRAPA; v.1, 507p. 2014.

LOPES, J.F.B.; ANDRADE, E.M.; PEREIRA, E.C.B.; CAMPOS, D.A.; AQUINO, D.N. Cut cycles and soil carbon potential stocks in a managed forest in the Caatinga domain in Brazil. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 3, p. 735 – 745, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252020v33n317rc>

LOSS, A., PEREIRA, M.G., SCHULTZ, N., ANJOS, L.H.C., SILVA, E.M.R. Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica. **IDESIA**, v. 29, n. 2, p. 11-19. 2011.

MARINHO A.C.C.S.; JC PORTELA, J.C.; SILVA, E.F.; DIAS, N.S.; SOUSA JÚNIOR, F.S.; SILVA, A.C.; SILVA, J. F. Organic matter and physicochemical attributes of a cambisol under different agricultural uses in a semi-arid region of Brazil. **Australian Journal Crop Science**, v. 10, n.1, p. 32-41, 2016.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria Orgânica do Solo: Métodos de Análises**. Viçosa: UFV, 2005. 107 p.

MUNEER, M. & OADES, J.M. The role of Ca-Organic interactions in soil aggregate stability. I. Laboratory studies with ^{14}C -glucose, CaCO_3 and $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. **Australian Journal of Soil Research**, v. 27, p. 389-99, 1989a.

PANDEY, D.; AGRAWAL, M.; BOHRA, J.S.; ADHYA, T.K.; BHATTACHARYYA, P. Recalcitrant and labile carbono pools in a sub-humid tropical soil under different tillage combinations: A case study of rice-wheat system. **Soil and Tillage Research**, v. 143, p. 116-122, 2014.

PEGORARO, R.F.; MOREIRA, C.G.; DIAS, D.G.; SILVEIRA, T.C. Estoques de carbono e nitrogênio no solo e substâncias húmicas de cultivos agrícolas no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 4, p. 574-583, 2018.

PEREIRA FILHO, J.M.; VIEIRA, E.L.; SILVA, A.M.A; CÉZAR, M.F.; JÚNIOR, A.M.D.C. Efeito da altura de corte no controle da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild) Poir.). **Revista Caatinga**, v. 23, n. 2, p. 51-58, 2010.

PONTES FILHO, F.A.M. **Adaptabilidade e estabilidade da produção de forragem de culturas anuais e consórcio de gramíneas com milho em condições de semiárido**. Universidade Estadual Vale do Acaraú: Programa de Mestrado em Zootecnia, Sobral-CE. 2018. 114p. (Dissertação em Zootecnia).

PORTUGAL, A.F.; JUCKSCH, I.; SCHAEFER, C.E.G.R.; WENDLING, B. Determinação de estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 5, p. 2091-2100, 2008.

PRESTON, C. M. Applications of NMR to soil organic matter analysis: history and prospects. *Soil Science*, Baltimore, v. 161, p. 144-166, 1996.

PRIMO, D. C.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, v. 7, n. 5, p.2-13, maio 2011. Disponível em: <<https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/342>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

QUIN, F.M. Introduction. In: SING, B.B.; MOHAN RAJ, D.R.; DASHIEL, K.E.; JACKAI, L.E.N. *Advances in Cowpea Research*. **Ibadan: IITA-JIRCAS**, 1997. p.9-15.

RAMBO, K. L.; SHIMADA, B. S.; SIMON, M. V.; CUNHA, L. D. S.; FINKEN, P. H.. A ROTAÇÃO DE CULTURAS NA CONSERVAÇÃO DO SOLO. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, e28, 2021.

RAMIREZ, P.B.; FUENTES-ALBURQUENQUE, S.; DÍEZ, B.; VARGAS, I.; BONILLA, C.A. Soil microbial community responses to labile organic carbon fractions in relation to soil type and land use along a climate gradient. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 141, e107692, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107692>

RÊGO, L.G.S.; MARTINS, C.M.; SILVA, E.F.S.; SILVA, J.A.; LIMA, N.S. Pedogenesis and soil classification of an experimental farm in Mossoró, State of Rio Grande do Norte, Brazil. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 4, p. 1036 – 1042, 2016.

RODAL, M. J. N.; COSTA, K. C. C.; SILVA, A. C. B. e. Estrutura da vegetação caducifólia espinhosa (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. *Hoehnea*, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 209-217, 2008. DOI: 10.1590/S2236-89062008000200004

SALES, L.E.O.; CARNEIRO, M.A.C.; SEVERIANO, A.C.; OLIVEIRA, G.C.; FERREIRA, M.M.. Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34, 667-674, 2010.

SALES, R.P.; PEGORARO, R.F.; PORTUGAL, A.F.; MOREIRA, J.A.A.; KONDO, M.K. Organic matter fractions of an irrigated oxisol under no-till and conventional tillage in the brazilian Semi-arid Region. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 2, p. 303 – 312, 2017.

SALES, R.P.; PORTUGAL, A.F.; MOREIRA, J.A.A.; KONDO, M.K.; PEGORARO, R.F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 429-438, 2016.

SALVIANO, A.M.; CUNHA, T.G.F.; OLSZEWSKI, N.; OLIVEIRA NETO, M.B.; GIONGO, V.; QUEIROZ, A.F.; MENEZES, F.J.S. Potencialidades e limitações para o uso agrícola de solos arenosos na região semiárida da Bahia. **Magistra**, v. 28, n.2, p.137-148, 2016.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Diversidade e estrutura fitossociológica da Caatinga na Estação Ecológica do Seridó-RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p. 232-242, 2006.

SANTOS, E.P.S.; LIMA, F.G.F.; SILVA, E.F.; FREITAS,D.F.; FERREIRA, E.A.; VASCONCELOS, A.A. Physical, chemical, and mineralogical attributes and organic fractions of biogenic aggregates of earthworms and toposequence of Inceptisol in semi-arid region. **Ciência e Agrotecnologia**, 45:e014721, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-7054202145014721>

SANTOS, M. O., BARRETO-GARCIA, P. A. B., MONROE, P. H. M., PAULA, A. Efeito do manejo florestal da caatinga no estoque de carbono orgânico em agregados do solo. **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 129, e3419, 2021. <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n129.16>

SCHIAVO, J. A. ROSSET, J.S.; PEREIRA, M.G.; SALTON, J.C. Índice de manejo de carbono e atributos químicos de Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1332-1338, 2011.

SHANG, C.; TIESSEN, H. Organic matter lability in a tropical oxisol: evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density and magnetic fractionations. **Soil Science**. v. 162, n. 11, p. 795-807, 1997.

SILVA, A. C. F., FREIRE, F. J., BORGES, C. H. A., ARAUJO, E. C. G., SANTANA, G. M., CUNHA NETO, E. M.; SANQUETTA, C. R. Teores de carbono em espécies florestais da Caatinga. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 1, p. 71–85, 2022.

SILVA, E.F.; LOURENTE, E.P.R.; MARCHETTI, M.E.; MERCANTE, F.M.; FERREIRA, A.K.T.; FUJII, G.C. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 46, n. 10, p. 1321-1331, 2011.

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

SILVA, L. C. S. **Análise da vegetação e organismos edáficos em área de caatinga na Serra da Caiçara, Maravilha**, Alagoas. 2017. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.

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

SOUTO, P. C.; SOUTO, J.S.; SANTOS, R.V.; BAKKE, I.A.; SALES, F.C.V.; SOUZA, B.V. Taxa de decomposição da serapilheira e atividade microbiana em área de Caatinga. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 4, p. 559-565, out/dez. 2013.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; ANDRIGUETI, M.; CAIO, E. Estoque de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1829-1836, 2009.

SOUZA, J. T. A.; FERREIRA, R. C. C.; FERREIRA, T. C.; DA SILVA, K. E.; DE FARIAS, A. A.; CRUZ, M. P.; OLIVEIRA, S. J. C. Análise do sistema produtivo do feijoeiro macassar (*Vigna unguiculata* L. Walp) no município de Parari, Paraíba. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 2, p. 153–157, 2016. DOI: 10.18188/sap. v15i2.11386.

SUDENE, 2021. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Delimitação do Semiárido – 2021. Relatório Final**. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/02semiaridorelatorionv.pdf> Acesso:23/04/2021

SWIFT, R. S. Sequestration of carbon by soil. **Soil Science**, v. 166, p. 858-871, 2001.

THIVIERGE, M.N.; ANGERS, D. AS.; CHANTIGNY, M. H.; SEGUIN, P.; VANASSE, A. Root traits and carbon input in field-grown sweet pearl millet, sweet sorghum, and grain corn. **Agronomy Journal**, v.108, p. 459-471, 2016.

TORRES, J. L. R.; CUNHA, M. A.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, D. M. S. Cultivo de feijão e milho em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 117-125, 2014.

VALIM, W.C., PANACHUKI, E., PAVEI, D.S., ALVES SOBRINHO, T., ALMEIDA, W.S. Efeito de resíduos vegetais de cana-de-açúcar no controle da erosão hídrica entressulcos. **Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p. 1155-1164, 2016.

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