



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Leane Rodrigues dos Santos

**VARIABILIDADE TEMPORAL DA QUALIDADE FÍSICA E  
QUÍMICA DO SOLO SOB CULTIVO DE MANGUEIRA NO  
VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

JUAZEIRO-BA  
2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Leane Rodrigues dos Santos

**VARIABILIDADE TEMPORAL DA QUALIDADE FÍSICA E  
QUÍMICA DO SOLO SOB CULTIVO DE MANGUEIRA NO  
VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

Trabalho apresentado a  
Universidade Federal do Vale do  
São Francisco – UNIVASF, Campus  
Juazeiro, como requisito da  
obtenção do título de mestre em  
Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Miguel  
Lima Nascimento  
Coorientador: Dr. Jailson Cavalcante  
Cunha

JUAZEIRO-BA  
2016

Santos, Leane Rodrigues dos.  
S237v Variabilidade temporal da qualidade física e química do solo sob cultivo de mangueira no Vale do Submédio São Francisco / Leane Rodrigues dos Santos. -- Juazeiro-BA, 2016. 83 f. : il. ; 29 cm.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro-BA, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima.

1. Solo – Uso. 2. *Mangifera indica* L..3. Química do solo. I. Título. II. Lima, Augusto Miguel Nascimento. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 631.47

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF  
Bibliotecário: Renato Marques Alves

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Leane Rodrigues dos Santos

**VARIABILIDADE TEMPORAL DA QUALIDADE FÍSICA E  
QUÍMICA DO SOLO SOB CULTIVO DE MANGUEIRA NO  
VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovada em: 28 de março de 2016.

**Banca Examinadora**



Professor Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima  
Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF



Dr. Jailson Cavalcante Cunha  
Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF



Professor Dr. Marcos Sales Rodrigues  
Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF

**Juazeiro, 28 de março de 2016**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus que me concedeu a vida e me permitiu chegar até aqui.

Aos meus pais Marilene Rodrigues e Adão Rodrigues Machado (in memoriam), pelos ensinamentos, dedicação, amor e pelo apoio. Serei eternamente grata a vocês, meus heróis. Meu amor por vocês é incondicional.

Aos meus irmãos Éverton, Geiziane e Quézia, aos meus sobrinhos Kauan, Kaune e Kauê, por estarem presentes em todos os momentos da minha vida e pelo amor incondicional. Aos meus cunhados Edvânio e Nádia.

Ao meu amado filho, Kaio Vinicius, a minha razão de viver

À Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade e infraestrutura oferecida para a realização do curso de mestrado.

Ao Prof. Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima (orientador) e ao Prof. Dr. Marcos Sales, pela oportunidade e orientação recebida.

A Jailson Cunha (coorientador), pela paciência, incentivos e por nunca ter negado compartilhar os seus valiosos conhecimentos.

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE).

À Fazenda DAN pela concessão da área experimental, fornecimento de dados e todo o apoio durante os trabalhos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pelos ensinamentos prestados.

À Secretária do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – UNIVASF, Carolina Torres, pelo apoio e amizade.

A todos os amigos e colegas da Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - UNIVASF, em especial ao meu amigo Max e Glauciane, pelo companheirismo e palavras de apoio, durante essa jornada, quero amizade de vocês para a vida toda. À Fernanda Alencar pelo todo o apoio durante esses dois anos de mestrado, por contribuir que me tornasse uma pessoa melhor. A Márcio Carneiro pelo companheirismo e pelas suas palavras de incentivo

Aos meus amigos por estarem sempre comigo em especial a Erifranklin pela sua amizade e lealdade, ao meu amigo Roberto Lustosa pelas palavras de

incentivos, pelo companheirismo, pelas inúmeras correções dos meus textos. A Jaciara Bispo, pelas mensagens de incentivos e pela sua preocupação.

A Victor Hugo pelo apoio e pelos momentos de distração.

A minha amada equipe de trabalho sem vocês teria sido muito mais difícil, a Elder Barbosa, Thiago Bruno, Laura Paula, Emerson, Eduardo, Jeferson, Juliana e Raiza. Por todos os momentos que compartilhamos juntos, vou sentir muita falta de vocês.

A todos do Laboratório de Química e Física do Solo/CCA/UNIVASF em especial a Sheila, Daiane, David e Katia pelas experiências trocadas.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para o presente estudo.

Meu muito obrigado!

SANTOS, L.R. . **Variabilidade temporal da qualidade física e química do solo sob cultivo de mangueira no Vale do Submédio São Francisco**. 2016. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF.

## RESUMO

A mudança de uso do solo para cultivos agrícolas sem respeitar as peculiaridades e suas limitações, poderá causar a degradação, acarretando em queda significativa da produção agrícola devido a redução da qualidade física e química do solo. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar, em dois anos consecutivos (2014 e 2015), o efeito do cultivo de mangueira irrigada em alguns atributos físicos, químicos e matéria orgânica do solo - MOS em relação à Caatinga em Petrolina-PE. Nas áreas sob mangueira irrigada (linha e entrelinha de cultivo) e Caatinga foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade. Assim, foram determinados os atributos físicos, dentre eles textura, densidade do solo - Ds, densidade das partículas - Dp, argila dispersa em água - ADA, grau de flocculação - GF e porosidade total - Pt. Quanto aos atributos químicos foram determinados os teores de macro ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , P) e micronutrientes ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ),  $\text{Na}^+$ , condutividade elétrica - CE, pH,  $\text{Al}^{3+}$  e H+Al. Também foram determinados os estoques de carbono orgânico total (COT), C das substâncias húmicas - SH (fração ácidos fúlvicos, fração ácidos húmicos e fração huminas), C da fração leve (FL) e pesada (FP) da MOS. O cultivo de mangueira irrigada (linha e entrelinha) promove poucas alterações nos atributos físicos do solo em relação à Caatinga nos dois anos avaliados. Para os anos 2014 e 2015, o cultivo de mangueira irrigada (linha e entrelinha) resulta de forma generalizada no aumento dos teores de macronutrientes no solo em relação à Caatinga. Comportamento semelhante foi observado para os micronutrientes, onde o cultivo de mangueira irrigada, principalmente na linha de plantio, apresenta maiores teores em relação à Caatinga. O cultivo de mangueira irrigada (linha) também promove maiores estoques de COT, C da FH e SH quando comparado à Caatinga nos dois anos avaliados. O cultivo de mangueira irrigada (linha) também resultou em aumento do estoque de C na FL na camada de 0-10 cm de profundidade no ano de 2014 e, aumento no estoque de C na FP quando comparado com a Caatinga nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade no ano de 2015. Poucas alterações nos valores dos atributos físicos do solo sob mangueira irrigada foram observadas comparando-se os anos agrícolas 2014 e 2015. Os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e V (%) reduziram do ano de 2014 para o ano de 2015 no solo sob mangueira irrigada (linha), e os micronutrientes tiveram seus teores aumentados. Quando comparou-se o ano de 2014 com 2015, observou-se que o cultivo de mangueira irrigada (linha) resultou no aumento de 26,09% e 35,29% no COT nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente. Para a mangueira irrigada (entrelinha), os estoques de C das SH, FH e FP foram inferiores no ano de 2015 em relação ao ano de 2014.

**Palavras-chave:** Atributo físico do solo. Atributo químico do solo. Matéria orgânica do solo. *Mangifera indica* L. Semiárido.

SANTOS, L.R . **Temporal variability of soil physical and chemical quality under mango cultivation in the Lower São Francisco Valley region, Brazil.** 2016. 83 f. Dissertation (Master in Agricultural Engineering) – Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF.

## ABSTRACT

Soil is an important component of terrestrial ecosystem because preserves nutrient reserves and supports crop production. The change of land use for crops without respecting its characteristics and limitations can cause degradation, leading to a significant decrease in crop production due to reduced physical quality and soil chemistry. This study aims at evaluating in two consecutive years (2014 and 2015), the impact of irrigated mango cultivation in some physical and chemical properties and soil organic matter in relation to Caatinga (Reference) in the municipality of Petrolina-PE. In areas under irrigated mango tree (in and inter- rows) and Caatinga, soil samples at 0-10 and 10-20 cm depth were collected. Physical, texture, soil density, particle density and total porosity analysis were determined. Regarding chemical analysis, macro ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , P) and micronutrients ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ) contents, electrical conductivity, pH, exchangeable acidity ( $\text{Al}^{3+}$ ) and potential acidity (H+Al) were assessed. It were also determined total organic carbon (TOC) storage, C from humic substances - HS (fulvic acid fraction - FAF, humic acid fraction – HAF and humin fraction - HF), C from light (LF) and heavy (HF) fraction of SOM. The change of land use did not affect the physical quality of the evaluated soil and years. The irrigated mango cultivation increased contents of macronutrients (P,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$ ), micronutrients ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  and  $\text{Mn}^{2+}$ ), sum of bases and base saturation in the first and second year of evaluation at 0-10 and 10-20 cm depth. Under appropriate management, irrigated mango cultivation can maintain soil quality under conditions similar to those of native vegetation and in some situations, can improve chemical and physical soil attributes. For organic matter, irrigated mango cultivation (rows) showed higher TOC, C from fulvic acid, humic acid and humin fractions, C from heavy fraction and light organic matter when compared to Caatinga in the two evaluated years. By comparing 2014 with 2015, it was observed that irrigated mango cultivation (rows) had increase of 26.09% and 35.29% on TOC in the layers at 0-10 and 10-20 cm depth, respectively. There were no differences in C storage of HS in soil under irrigated mango cultivation (inter-rows) in the layers at 0-10 and 10-20 cm depth between 2014 and 2015. On the other hand, irrigated mango cultivation (inter-rows), C storage of HS, HF and HF were lower in 2015 compared to 2014. In São Francisco sudmedium Valley region, increased C storage in SOM fractions were more restricted to row growing of irrigated mango cultivation compared to Caatinga.

**Keywords:** Soil physical attribute. Soil chemical attribute. Soil organic matter, *Mangifera indica* L. Semiarid region.



## SUMÁRIO

	Página
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>12</b>
2.1. Atributos físicos e químicos dos solos .....	12
2.2. Compartimentos da matéria orgânica do solo.....	17
<b>3. ARTIGO 1 - EVOLUÇÃO TEMPORAL DA QUALIDADE FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO CULTIVADO COM MANGUEIRA IRRIGADA NO SEMIÁRIDO .....</b>	<b>23</b>
RESUMO .....	23
ABSTRACT .....	24
INTRODUÇÃO .....	25
MATERIAL E MÉTODOS.....	26
RESULTADOS.....	29
DISCUSSÃO.....	40
CONCLUSÕES .....	46
REFERÊNCIAS.....	47
<b>4. ARTIGO 2 - EVOLUÇÃO TEMPORAL DA QUALIDADE FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO CULTIVADO COM MANGUEIRA IRRIGADA NO SEMIÁRIDO .....</b>	<b>51</b>
RESUMO .....	51
ABSTRACT .....	52
INTRODUÇÃO .....	53
MATERIAL E MÉTODOS.....	55
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	59
CONCLUSÕES .....	69
REFERÊNCIAS.....	69
<b>5. CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>74</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>75</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a fruticultura brasileira é considerada uma das maiores do mundo, no que se refere à produção de frutas frescas e área cultivada. É um dos ramos do agronegócio mais importante, respondendo com uma produção de 41,5 milhões de toneladas de frutos colhidos (FAO, 2014). A manga foi a fruta que trouxe mais divisas para o país. De janeiro a novembro de 2014, o volume exportado de manga foi de 120,3 mil toneladas, 8% superior a 2013, resultando numa receita de US\$ 146,5 milhões em 2014 (CEPEA, 2015).

O Polo agrícola Petrolina - PE/Juazeiro - BA (Vale do São Francisco) situado no Semiárido brasileiro, atualmente apresenta um dos mais importantes centros econômicos no Sertão Pernambucano e Baiano, apresentando mais de 90% da produção de frutas exportadas para Europa, Estados Unidos e Japão, devido à alta qualidade dos seus produtos (ARAÚJO; SILVA, 2013). A área plantada de mangueira irrigada no Vale do Submédio São Francisco, que abrange municípios de Juazeiro - BA e Petrolina - PE, em 2014 foi de aproximadamente 25.750 ha (CEPEA, 2015).

A região é caracterizada pela presença do bioma Caatinga, que é considerada um ecossistema frágil, sendo, dentre os biomas brasileiros, o que mais sofre com a ação antrópica (HAUFF, 2010). A conversão da Caatinga em pomares de mangueira irrigada proporciona uma exploração agrícola contínua e intensiva dos solos com a utilização de irrigação e insumos químicos que pode causar a degradação dos solos, modificando os atributos físicos, químicos e biológicos, além de influenciar na sustentabilidade do agronegócio, podendo acarretar, com o tempo, danos ao solo que poderão inviabilizar a sua utilização agrícola (AGUIAR; MONTEIRO, 2005; CUNHA et al., 2011).

Para avaliar a qualidade de um solo é importante que se analise os atributos do solos, que em conjunto, são chamados de indicadores da qualidade do solo, podendo ser atributos físicos, químicos e biológicos. Os indicadores de qualidade do solo tendem a explicar variações ambientais e agronômicas, tais como, ciclagem de nutrientes, retenção hídrica, potencial de erosão, potencial de lixiviação, textura, porosidade, densidade e estabilidade de agregados, matéria orgânica do solo

(MOS), acidez (pH), salinidade, teor de carbono orgânico total, fósforo disponível, capacidade de troca iônica, entre outros (MAIA; PARRON, 2015).

A MOS está intimamente relacionada à várias funções essenciais do solo, e entre os indicadores mais estudados para avaliar a qualidade do solo (REEVES, 1997; MARTINEZ- SALGADO et al., 2010). A MOS influencia os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, tais como agregação, porosidade, densidade, retenção hídrica, potencial de infiltração e lixiviação, resistência à erosão, capacidade de troca iônica e teor de nutrientes, caracteriza-se por ser a principal fonte de energia e nutrientes para a atividade microbiana (ROSCOE; MACHADO, 2002). Para Corrêa et al. (2009), as avaliações de usos agrícolas de solos utilizando-se atributos do solo como indicadores de qualidade, estabelecem um trabalho constante na avaliação de sistemas produtivos, com a finalidade de adaptar sistemas ou propor usos do solo mais sustentáveis. Segundo estes mesmos autores, a variação dos atributos do solo na vegetação nativa é muito menor quando comparada com a dos solos de usos agrícolas e, por isso, a vegetação nativa é uma referência para avaliação de solos incorporados a sistemas agrícolas.

Paula et al. (2015), avaliando atributos físicos, químicos e biológicos do solo, sob pomares de pêssigo em cinco propriedades agrícolas familiar, localizadas em Pelotas- RS, concluíram, que os atributos físicos do solo, apresentaram-se em geral, com níveis adequados, semelhantes ao observados a área de referência. Provavelmente este resultado foi influenciado pela manutenção da cobertura vegetal na superfície, comum nas áreas dos pomares. Os teores de P foram considerados altos e de K muito alto, na área de cultivo, este resultado se deve provavelmente, a incorporação sistemática de fertilizantes NPK. Porém, as condições biológicas estão abaixo dos níveis adequados, tanto nas áreas de pomar, quanto nas de vegetação nativa.

Avaliar a variação temporal dos atributos físicos e químicos de solos cultivados com mangueira irrigada, sob solo anteriormente ocupados com vegetação de Caatinga, é imprescindível, pois é sabido que o solo possui uma variabilidade dependendo do clima, da cultura, da utilização de máquinas agrícolas e aplicação insumos.

Amaral et al.(2016), avaliaram alguns atributos físicos e químicos de um Neossolo Quartzarênico em área cultivada com a cultura da mangueira sob irrigação de longo prazo e uma área de referência (vegetação de caatinga),em Petrolina-PE,

Brasil, constataram na área de mangueira irrigada (linha), os teores de carbono orgânico do solo (CO) ( $4,5 \text{ g kg}^{-1}$ ) foram maiores do que na Caatinga ( $2,9 \text{ g kg}^{-1}$ ) na camada de 0-10 cm do solo. Os autores justificaram este resultado atribuindo ao tipo e tempo de uso do solo e a forma de manejo dos resíduos culturais e ao clima Semiárido.

Diante da importância econômica do mercado de manga no Brasil, sobretudo no Vale do São Francisco, o objetivo do presente trabalho foi avaliar em dois anos consecutivos, a influência do cultivo de mangueira irrigada em alguns atributos físicos e químicos do solo em relação à Caatinga em Petrolina - PE.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Atributos Físicos e Químicos dos solos**

A reconhecimento da relevância dos benefícios prestados pelo solo para as sociedades humanas vem mudando ao longo da história, conforme o conhecimento e o nível econômico da sociedade (ROMANYÁ et al., 2006). O solo tem múltiplas funções, dentre elas a produção de bens primários, retenção de carbono e nitrogênio, conservação da qualidade da água, influência no equilíbrio do clima e na manutenção da biodiversidade (HARMAND et al., 2007; MOÇO et al., 2009; PILLAR et al., 2012).

Portanto, com a consciência eminente da importância do solo para a qualidade ambiental nas últimas décadas, intensificaram-se os estudos voltados para a preocupação com a degradação dos recursos naturais. Andrews et al. (2002), enfatizaram que a qualidade do solo decorre dos componentes da qualidade do ambiente, influenciando a produtividade e contribuindo para a deterioração do agrossistema.

A qualidade do solo está relacionada com as funções que capacitam o solo a aceitar, estocar e reciclar água, ciclar nutrientes, servir de suporte para o crescimento das plantas e animais, desintoxicar, ser tampão, filtrador e imobilizador

de substâncias, fornecer suporte mecânico para os organismos vivos e as suas estruturas (DE LA ROSA; SOBRAL, 2008).

Assim, a qualidade do solo é a junção dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, que é capaz de exercer suas funções na integridade. Se o solo se encontra em equilíbrio com os seus atributos físico-químicos e biológicos, o mesmo proporciona serviços ambientais adequados, culturas produtivas, uma fauna e flora diversa (DORAN; ZEISS, 2000; MELLONI et al., 2008).

A qualidade do solo não é estática, podendo acarretar em mudanças conforme as forças naturais ou artificiais, tais como o cultivo do solo (BOCKARI; GEVAO et al., 2006).

A retirada da vegetação natural e conseqüentemente a implantação de culturas agrícolas causa uma perturbação no sistema natural, tendendo a um novo estado de equilíbrio, que reflete nos atributos do solo, os quais podem ser favoráveis ou desfavoráveis para a manutenção da capacidade produtiva e a conservação do solo.

A qualidade do solo pode ser avaliada pelos atributos físicos, químicos e biológicos. Os atributos também podem ser definidos por indicadores da qualidade do solo a partir de diferentes pontos de vista, como o ecológico, o econômico ou o social e levam em consideração certo atributo, ou função do solo, que reflita as mudanças nos atributos e nos processos do solo, na sustentabilidade e na qualidade ambiental, que ocorram no tempo, em resposta ao uso da terra e as práticas de manejo (MARTINEZT- SALGADO et al., 2010).

Os indicadores de solos podem representar os atributos físicos, químicos ou biológicos associadas aos diferentes processos que ali ocorrem, tais como, ciclagem de nutrientes, retenção hídrica, potencial de erosão, potencial de lixiviação, atividade biológica (MAIA; PARRON, 2015).

Do ponto de vista das atividades agrícolas, os atributos físicos do solo são de grande importância por estabelecerem relações fundamentais com os processos hidrológicos, tais como variação da taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Possuem também função essencial no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo. Textura, porosidade, densidade e estabilidade de agregados, resistência à penetração, profundidade de enraizamento, capacidade de água disponível e percolação da água estão entre os atributos físicos do solo utilizados como indicadores de qualidade do solo e que

influenciam a produtividade das culturas (GOMES; FILIZOLA, 2006; MAIA; PARRON, 2015).

Conforme o solo sofre intervenções no uso, ocorrem modificações nos seus atributos físicos como o aumento da densidade do solo, diminuição da porosidade total, distribuição do diâmetro dos poros, alteração na agregação e no teor de matéria orgânica (OLIVEIRA et al., 2013).

Segundo Santos et al. (2011a), com a intensificação do uso agrícola os atributos físico-hídricos do solo sofrem alterações, geralmente comprometendo o crescimento vegetal, que ficam mais nítidas quando os sistemas de uso são comparados com o estado do solo ainda sob vegetação natural.

Em estudo realizado por Dantas et al. (2012), no perímetro irrigado localizado na Chapada do Apodi- CE, avaliando a qualidade de um Cambissolo Háplico Eutrófico típico com áreas sob sistemas de cultivo anual e perene irrigados, comparando com a área nativa, constatou-se que, ocorreu um aumento da densidade do solo (Ds) com o cultivo perene de banana irrigada e o de cultivo anual de milho irrigado sendo que o aumento da Ds nas áreas cultivadas pode estar associado à compactação pelo tráfego de máquinas e implementos e à menor estabilidade da estrutura do solo (MAZURANA et al., 2011).

Nesse contexto, a avaliação dos atributos físicos e químicos do solo em solos arenosos cultivado com mangueira irrigada é de extrema importância devido à sua sensibilidade, às alterações na qualidade do solo, uma vez que pode fornecer subsídios para o estabelecimento de sistemas racionais de manejo e contribuir para a manutenção de ecossistemas sustentáveis (CARNEIRO et al., 2009).

Os atributos químicos do solo são bastante esmiuçados na literatura e citados como indicativos de sua fertilidade (TEIXEIRA et al., 2001; VAZ; GONÇALVES, 2001; GATIBONI et al., 2003; SOUZA et al., 2004; SILVA et al., 2007). Eles também atuam como indicadores da qualidade do solo (DORAN; PARKIN, 1994). Portanto, a escolha dos atributos do solo, deve levar em conta a facilidade de medição, sensibilidade às mudanças e limites claros.

O conhecimento dos atributos químicos do solo permite uma melhor compreensão da dinâmica de liberação dos nutrientes para as plantas e pode fornecer subsídios à adequação das recomendações de adubação e manejo da irrigação, de modo a aumentar o rendimento agrícola. O pH é um atributo químico

indicador das alterações nos processos do solo que implicam na disponibilidade e absorção dos nutrientes pelas plantas (CHAVES et al. 2004).

De acordo com Chaves et al. 2004, a capacidade do solo em manter os elementos essenciais disponíveis às plantas é influenciada pela CTC, quantidade total de cátions retidos nos colóides minerais e orgânicos do solo. Seguindo esta mesma tendência, os teores de nitrogênio total, o fósforo disponível, e as formas trocáveis de K, Ca e Mg indicam se as reservas do solo atenderão às necessidades nutricionais das plantas.

A qualidade química do solo é um dos fatores mais rapidamente afetado pelos processos de degradação. Spagnollo (2004) em seu trabalho afirma que mudança no uso da terra diminui a qualidade do solo, principalmente o cultivo em áreas anteriormente ocupadas por vegetação nativa.

O cultivo convencional com a utilização de insumos químicos pode aumentar o teor de metais pesados disponíveis às culturas, o que tem sido motivo de preocupação sobre suas consequências ao ambiente e à saúde humana, em razão da possibilidade do aumento do teor nos produtos agrícolas (MENDES et al., 2010).

Dantas et al. (2012) ,avaliando a qualidade de um Cambissolo Háplico Eutrófico típico,sob diferentes usos (banana e milho irrigado), e vegetação nativa no Perímetro Irrigado Jaguaribe/Apodi, CE, Brasil. Os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  foram maiores nas áreas cultivadas. Os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  foram influenciados pela origem calcária desses solos. Os autores concluíram que houve impacto negativo sobre a matéria orgânica do solo na área de cultivo. Este resultado se deve ao aumento do quociente microbiano nas áreas de cultivo, que resultou na redução do COT.

Avaliando os atributos químicos de uma Argissolo Vermelho em pomar orgânico de citros com manejo da vegetação nas entrelinhas no Rio Grande do Sul, Muller et al. (2011), observaram incremento nos teores de P,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e matéria orgânica do solo na camada de 0-40 cm em relação à área adjacente com a vegetação nativa. A aplicação de compostos orgânicos de características alcalinas contribuiu para elevar o pH, o teor de MOS e de nutrientes no solo sob cultivo orgânico. Os valores de MOS são responsáveis, em grande parte, pelo aumento nos valores de CTC e disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Nos perímetros irrigados do Vale do São Francisco há cultivos de manga, uva, coco, maracujá e outras frutíferas, com pouco revolvimento de solo, além de cultivos

de ciclo curto, com manejo convencional de aração e gradagem do solo. O conhecimento dos atributos físicos e químicos dos solos irrigados no Semiárido poderá fornecer subsídios para a compreensão dos processos em andamento, informação que poderá contribuir em futuros ajuste das técnicas de manejo adotadas, evitando a degradação de solos produtivos, recurso natural que ainda é tão limitador no Nordeste brasileiro.

Estudos dos atributos físicos e químicos do solo sob cultivo de mangueira irrigada com textura arenosa, com área anteriormente ocupada com o bioma Caatinga no Semiárido brasileiro, são escassos. É importante conhecer as modificações nos atributos físicos e químicos do solo, causado pelo manejo do solo ao longo do tempo. O entendimento sobre a variação dos atributos físicos e químicos do solo é imprescindível porque irá auxiliar na escolha do manejo adequado do solo que possa manter ou melhorar a qualidade do solo (SILVA et al., 2003).

Os atributos químicos dos solos são alterados com a retirada da vegetação nativa e ocupação do cultivo agrícola, especialmente na camada arável que é a mais afetada, devido à influência do manejo adotado como, por exemplo, a adição de corretivos e fertilizantes e a utilização de máquinas agrícolas. Essas modificações dependem de vários fatores, como a cultura implantada e o manejo adotado, a classe e a fertilidade inicial do solo, o comportamento físico-químico de cada nutriente e suas interações com o meio (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 2000).

Faria et al.(2007), avaliaram as alterações de características de solos do Submédio São Francisco sob diferentes cultivos irrigados, em Neossolo Quatzrenico sob mangueira irrigada, observaram, aumento nos teores de Ca (62 a 130%), Mg (50 a 250%), K (37 a 90%) e P (200 a 433%) e nos valores de pH (4 a 29%), CTC (13 a 25%) e V (31 a 102%), e redução nos teores de Al (40 a 83%) nas três camadas (0 – 10, 10 – 20 e 20 – 40 cm) em relação aos do solo de Caatinga, em virtude das calagens e adubações realizadas. Também foi verificado aumento nos teores de MO nas três camadas do solo analisada (0 – 10, 10 – 20 e 20 – 40 cm), na área sob a linha (9 a 35%) e nas duas primeiras camadas do solo da área de entrelinha das plantas (11 a 21%). Verifica-se que nas áreas sob a linha da cultura, os incrementos foram maiores que na área de entrelinha das plantas. A melhoria que houve nas características do solo nesta área é devido ao aproveitamento de



tudo material proveniente da poda para fazer uma cobertura morta entre as filas de plantas do pomar.

## **2.2. Compartimentos da matéria orgânica do solo**

A matéria orgânica do solo (MOS) é mensurada como importante atributo da qualidade do solo, em virtude da grande relevância na melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos dos solos. Por estar relacionada com muitos dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo aumentando a capacidade produtiva dos solos, se torna necessário conhecer as diversas funções que a matéria orgânica exerce sobre a qualidade do solo (PRIMO et al., 2011).

A maior fonte de carbono (C) terrestre está contida na MOS, podendo variar em decorrências dos tipos de uso do solo. Na maioria dos solos minerais o teor de MOS pode variar de 5 a 50 g.kg nos horizontes minerais (STEVERSON, 1994; MOREIRA; SIQUEIRA 2006). No entanto, o declínio da qualidade do solo está relacionado com a redução nos estoques de carbono total e da massa microbiana do solo, sendo uma preocupação nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) para a atmosfera (ESWARAN et al., 2001).

No contexto das mudanças climáticas globais, o solo e suas formas de manejo estão em eminência, especialmente no que se refere às práticas agrícolas. Dados acumulados do período de 1750 – 2011, mostram as estimativas das emissões globais de CO<sub>2</sub> são de 180 GtC para o desmatamento e outras mudanças no uso da terra (agricultura, pastagem, etc.) (IPCC, 2014).

Segundo Bayer et al. (2006), sistemas de manejo que aumentam a adição de resíduos vegetais e a retenção de C no solo constituem em alternativas viáveis para aumentar a capacidade de dreno de C-CO<sub>2</sub> atmosférico e diminuir o aquecimento global. Uns dos fatores que aumenta o CO<sub>2</sub> atmosférico se devem principalmente ao desmatamento, queimadas, e perda de MOS. Foi constatado que 70% das emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil provêm de práticas agrícolas inadequadas (CERRI et al., 2013).

A MOS é fonte importante de nutrientes para as plantas, além de apresentar cargas de superfície que colaboram para o aumento da CTC do solo e, possui alta reatividade, que atuam na regulação e disponibilidade de vários nutrientes, em especial os micronutrientes (ZANDONADI et al., 2014), participa na agregação e na

estabilização da estrutura do solo (BRONICK, 2005), bem como a infiltração de água (FRANZLUEBBERS, 2002; MENDONÇA et al., 2009) e a retenção de água (MACHADO et al., 2008; SMAGIN et al., 2004).

Os resíduos orgânicos sob o solo, são oriundos de resíduos vegetais e animais, sendo acometidos à uma transformação contínua que leva a constituição de complexo de substâncias de elevado grau de alteração, definido como substâncias húmicas (SH) (SANTOS et al., 2013a). As SHs são os compartimentos mais estáveis da MOS; dependendo da solubilidade em meio aquoso, as SHs são classificadas em três categorias: ácidos fúlvicos (AF), solúveis em pH ácido ou alcalino; ácidos húmicos (AH), solúveis em pH alcalino; e humina (HU), insolúvel em qualquer pH (ZECH et al., 1997; HAYES, 1998).

Aproximadamente 80% do carbono orgânico do solo estão contidos nas SHs, em especial na fração HU (GUERRA; SANTOS, 1999). Por outro lado, o fracionamento densimétrico é utilizado para isolar a MOS que não está firmemente associada à fração mineral do solo (fração leve, FL) da fração formada por complexos organo-minerais (fração pesada, FP), com intuito de obter informações sobre os diferentes compartimentos funcionais da MOS, representantes de sua estabilidade: o ativo, um intermediário e o passivo (LÜTZOW et al., 2007). Portanto, este procedimento é usado principalmente para quantificar os compartimentos da MOS, com intuito de observar a dinâmica e compreender a função das frações minerais na estabilização e transformação da MOS (ROSCOE; MACHADO, 2002).

A substituição de sistemas nativos por cultivos agrícolas, o uso constante de queimadas e o preparo intensivo do solo, promove a rápida redução da matéria orgânica do solo (SILVA; MENDONÇA, 2007), devido a diminuição no conteúdo de C do solo, principalmente em resposta a aceleração na taxa de decomposição causada pelo cultivo do solo, maior aeração e exposição física da MOS aos microorganismos decompositores (CARNEIRO et al., 2009). Portanto, a redução ou aumento de C, nas frações da MOS, pode indicar o nível de conservação da vegetação natural e os possíveis impactos causados em sistemas agrícolas com diferentes tipos de uso solo (SILVA et al., 2011).

A dinâmica da MOS pode ser influenciada pelo manejo, tipos de culturas e pelas formas de preparo do solo, além do mais, pela adição de fertilizantes químicos e materiais orgânicos, que participam dos processos biológicos de decomposição e mineralização (LEITE et al., 2003).

Fontana et al. (2011), avaliaram os compartimentos da MOS em áreas cultivadas com as culturas de mandioca (monocultivo) e banana (sistema agroflorestal), uma área sob capoeira e outra sob floresta secundária (Mata Atlântica) no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar, Ubatuba, Estado de São Paulo em duas épocas (2003 e 2004). Os teores de COT para a área com banana variaram entre 34,6 e 32,1 ( $\text{g kg}^{-1}$ ), e para floresta de 32,3 a 35,3 ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em 2003 e 2004 nas profundidades de 0-5 cm, respectivamente. Os autores concluíram que tal fato por estar relacionado ao menor grau de antropização e maior aporte de matéria orgânica bruta nas áreas de floresta e banana.

Fontana et al. (2011), também avaliaram as substâncias húmicas e observaram comportamentos distintos entre as frações, com predomínio geral do C-HUM, seguido pelo C-FAF nas duas épocas de coleta e nas diferentes áreas e, maiores teores do C-FAF e CHUM em 2003 em relação a 2004.

Machado et al. (2014), avaliaram as alterações na fertilidade e os diferentes compartimentos da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes sistemas de manejo da lavoura cafeeira, em área de influência de Floresta Atlântica, no distrito de Boa Esperança, em Marechal Floriano - ES, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, observaram que os sistemas de café provocaram redução no teor e estoque de carbono e nitrogênio do solo. A floresta apresentou equilíbrio na cinética de decomposição dos resíduos orgânicos e na liberação de N e outros nutrientes (P e  $\text{K}^+$ ) via serrapilheira no solo. A implantação do cafeeiro promoveu mudanças no comportamento das substâncias húmicas, apresentando valores inferiores C-FAF, C-FAH e C-HUM comparando com a floresta nativa na camada de 0,5 cm de profundidade. Os autores explicaram esses resultados atribuindo a maior deposição de material vegetal (folhas frutos, raízes e exsudados de raízes) encontrada no solo sob floresta.

Já Matias et al. (2012), observaram a influência do uso e o manejo do solo sob diferentes sistemas de cultivo, nos atributos físicos e nos teores de carbono orgânico em uma área de Latossolo Vermelho Distroférico de textura argilosa no município de Jaboticabal - SP, em áreas sob sistemas de plantio direto, plantio convencional, plantio de seringueira com Kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*) na entrelinha e mata nativa nas profundidades de 0-5; 5-10 e 10-20 cm, concluíram que o sistema de plantio direto e o sistema cultivado com seringueira foram os sistemas de cultivo comercial que apresentaram os maiores valores de estoque e de taxa de

estratificação de carbono orgânico na camada superficial, devido ao manejo dessas áreas que proporciona à acumulação residual do carbono orgânico na superfície do solo, indicando serem os sistemas que melhor mantêm a qualidade física do solo.

Chaves et al. (2012) no seu estudo afirmaram que dentre os atributos de qualidade do solo avaliados, enfatizaram-se a matéria orgânica e a densidade do solo, que permitiram constatar que o uso do solo mais intensivo está diretamente relacionado à redução na qualidade do Latossolo Vermelho estudado.

Avaliando o impacto do cultivo de mangueira irrigada no estoque de carbono orgânico (CO) e nas MOS, em relação à Caatinga região do Vale do Submédio São Francisco, em único período de coleta de solo Cardoso et al. (2015), concluíram que o cultivo de mangueira irrigada promoveu maiores estoques de COT, C das frações ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina, C da fração pesada e matéria orgânica leve, quando comparado à Caatinga, principalmente na camada mais superficial do solo de 0-10 cm. Os autores justificaram tais resultados, atribuindo aos resíduos orgânicos da cultura que são deixados na linha da cultura, sendo fonte de C para o solo.

É sabido que as mudanças nos sistemas de uso e manejo do solo comumente afetam primeiramente os estoques da fração leve livre (FLL), cuja persistência no solo depende basicamente de sua recalcitrância, seguida pela fração leve oclusa (FLO), que além da recalcitrância é protegida pela oclusão em agregados, e, finalmente, pela fração pesada (FP) que pode sofrer a influência dos três mecanismos (recalcitrância, oclusão e interação coloidal) (TOMAZI, 2008).

Santos et al. (2013b) estudaram a camada mais superficial (0-7,5 cm) de um Argissolo Vermelho Eutrófico arênico, submetido a diferentes sistemas de uso (florestamento homogêneo de *Eucalyptus grandis*, sistema agrossilvi-pastoril e campo nativo) e observaram maiores estoques de C nas frações FLL e FLO em solos sob eucalipto do que nos demais usos. O estudo mostra que em solos arenosos, geralmente não há formação de agregados que possibilita a proteção física da MO, assim à sustentabilidade de solos arenosos, caso as adições de resíduos sejam eliminadas e/ou o solo revolvido pelo preparo geralmente impõe um elevado risco à degradação.

Diversos trabalhos citam na literatura que os compartimentos da MOS, podem perceber, mais rapidamente, as mudanças nos conteúdos de C no solo associadas a diferentes usos agrícolas do solo e das culturas agrícolas. As reduções nestes

compartimentos, geralmente são maiores que as verificadas, quando se considera apenas o COT (LEITE et al., 2003; CONCEIÇÃO et al., 2005; SILVA et al., 2011). Dentre os compartimentos o C das frações labéis da MO ( Fração leve, oclusa), em curto prazo de tempo pode subsidiar informações relevantes sobre a sustentabilidade ambiental e qualidade do solo, permitindo adequação do manejo do solo que mantenha a qualidade do solo ou melhore (SANTOS et al., 2013).

Contudo, essas frações são extremamente sensíveis às modificações no uso e manejo e pode ser prontamente perdida pelo uso e manejo inadequado nos primeiros anos de cultivo. Além do mais, essas frações podem contribuir para a fertilidade do solo a partir da ciclagem de nutrientes (MIELNICZUK, 2008).

Guimarães et al. (2014), estudaram as mudanças na dinâmica e no estoque de carbono em solos cultivados com banana e citrus e uma área nativa em solo classificado com Ultisols nas camadas 0-10 cm de profundidade em Sergipe, verificaram o teor da FL variou de 1,84, 1,80 e 4,32 g kg<sup>-1</sup> para banana, citrus e mata nativa nesta mesma ordem. Os maiores teores da fração leve foram encontrados na mata, tal fato foi relacionado com contribuição dos exsudatos das raízes das plantas. Os autores concluíram seu estudo afirmando que o fracionamento físico da MOS é eficiente em mostrar as mudanças no uso da terra.

Pegoraro et al. (2011), pesquisaram os estoques de COT e N total, estoque de C e N nas substâncias húmicas (ácidos fúlvicos, húmicos e húminas), e FL, na linha e entrelinha do solo sob cultivo de eucalipto, e em área de pastagem cultivada com brachiaria, com solo classificado Argissolo Amarelo, no Espírito Santo. O estoque de COT e de carbono na FL do solo nas primeiras camadas do solo (até 60 cm) foi superior na entrelinha do eucalipto em comparação àquele cultivado com pastagem e na linha de cultivo do eucalipto, possivelmente influenciado pela incorporação de resíduos da colheita do ciclo anterior de eucalipto na atual entrelinha.

Já Bernardi et al. (2004), avaliando o efeito do cultivo de banana e mangueira irrigadas na fertilidade e nos estoques de C e N de um Neossolo Quartzarênico em Paraipaba-CE. Os teores de carbono e nitrogênio dos solos na linha e na entrelinha de plantio foram significativamente maiores na camada superficial (0 a 10 cm) devido à influência da decomposição do líter e da alta densidade de raízes.

Não foi encontrado na literatura trabalhos avaliando os compartimentos da MOS em solo com textura arenosa sob cultivo de mangueira irrigada na linha e entrelinha da cultura em dois anos consecutivos. Diante da importância da cultura da

mangueira irrigada para o desenvolvimento do vale do São Francisco, se faz importante a investigação temporal das frações da MOS.

### 3. ARTIGO 1

## EVOLUÇÃO TEMPORAL DA QUALIDADE FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO CULTIVADO COM MANGUEIRA IRRIGADA NO SEMIÁRIDO

### RESUMO

A substituição da vegetação por cultivos agrícolas, tais como mangueira irrigada, pode resultar em alterações nos atributos físicos e químicos do solo, impossibilitando a sustentabilidade da produção agrícola. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar, em dois anos consecutivos (2014 e 2015), o impacto do cultivo de mangueira irrigada em alguns atributos físicos e químicos do solo em relação à Caatinga em Petrolina - PE. Nas áreas sob mangueira irrigada (linha e entrelinha de plantio) e Caatinga, foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade. Após coleta e preparo das amostras, foram realizadas as análises físicas (textura, densidade do solo, densidade das partículas e porosidade total) e químicas ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , P,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ , condutividade elétrica, pH, acidez trocável e acidez potencial) do solo. A avaliação dos atributos físicos do solo sob cultivo de mangueira irrigada (linha) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de solo e os anos avaliados (2014 e 2015) não comprometeu a qualidade física do solo. O cultivo de mangueira irrigada (linha) aumentou os teores de macronutrientes (P,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ), micronutrientes (Fe, Zn e Mn), soma de bases e saturação por bases no primeiro e segundo ano de avaliação na profundidade de 0-10 e 10-20 cm de solo. Para o cultivo de mangueira irrigada (linha) foram verificados menores valores médios de  $\text{Ca}^{2+}$  e SB no ano de 2014 em relação à 2015. A substituição da Caatinga por cultivo de mangueira irrigada não compromete a qualidade física do solo nas camadas avaliadas. O cultivo de mangueira irrigada promove alterações nas propriedades químicas do solo aumentando a qualidade química do solo.

**Palavras-chave:** Avaliação temporal do solo, mudança de uso, atributos do solo.

## TEMPORAL EVOLUTION OF SOIL PHYSICAL AND CHEMICAL QUALITY UNDER IRRIGATED MANGO CULTIVATION IN BRASILIAN SEMIARID

### ABSTRACT

The replacement of native vegetation by crops such as irrigated mango may result in changes in soil physical and chemical attributes, preventing the sustainability of agricultural production. The aim of this study was to evaluate, in two consecutive years (2014 and 2015), the effect of irrigated mango cultivation in some soil physical and chemical attributes in comparison to Caatinga in Petrolina County, Pernambuco State, Brazil. In areas under irrigated mango (under the canopy region and the row spacing) and Caatinga soil samples were collected at the 0-10 and 10-20 cm depths. After collection and preparing the soil samples, the physical analyzes were performed (texture, bulk density - BD, particle density - PD, water dispersible clay - WDC, flocculation degree - FD and total porosity - TP) and chemical (pH, Al+H, Al<sup>3+</sup>, electrical conductivity – EC, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, P, Na<sup>+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> and Mn<sup>2+</sup>). It was calculated also sum of bases (SB), the cations exchangeable capacity (T, t), base saturation (V) and aluminum saturation (m). The irrigated mango cultivation (under the canopy region and the row spacing) resulted in few change in soil physical attributes comparing to Caatinga in 2014 and 2015. The irrigated mango (under the canopy region) favored higher FD and, hence, lower WDC in comparison to Caatinga in 2014. The irrigated mango cultivation (under the canopy region) also resulted in higher TP than Caatinga, particularly in the uppermost soil layer. For both evaluated years, the irrigated mango cultivation (under the canopy region and the row spacing) promoted, in general, higher macronutrient content in soil than Caatinga. Similar behavior was observed for micronutrients, where the irrigated mango cultivation, mainly in the under the canopy region, showed higher levels than the Caatinga. Few changes in values of physical attributes of the soil under irrigated mango were observed comparing 2014 to 2015. The Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> and V (%) decreased from 2014 to 2015 in the soil under irrigated mango (under the canopy region), and micronutrients had their levels raised.

**Keywords:** Temporal evaluation, soil attributes, soil use change.



## INTRODUÇÃO

O Vale do Submédio São Francisco, situado no Nordeste brasileiro, é conhecido mundialmente pela qualidade e quantidade de frutas produzidas nessa região. Dentre as principais frutas cultivadas podemos destacar a manga, uva, maracujá e banana, entre outras que também apresentam alto valor agregado nos mais variados centros de comercialização, sendo destinadas até mesmo para os mercados mais exigentes (Galvão, 2007). A região do Submédio São Francisco é considerada a principal produtora e exportadora de manga, fortalecendo, dessa forma, a economia local. A área plantada em 2014 com mangueira irrigada foi estimada em 25.750 ha, abrangendo os municípios de Juazeiro - BA e Petrolina – PE. (Cepea, 2015).

A implantação de sistemas agrícolas em áreas anteriormente ocupadas por vegetação nativa pode provocar alterações nas propriedades e processos de ordem física, química e biológica no solo, as quais são dependentes das condições do solo, do clima, do tipo de cultura e das práticas culturais utilizadas (Arcoverde et al., 2015). A mudança de uso do solo de um ambiente natural para algum tipo de exploração agrícola é caracterizado por uma sequência de atividades de ordem mecânica, que venha afetar a sua condição natural. O uso inadequado do solo com técnicas de manejo inapropriadas pode ocasionar perda da qualidade do solo e, conseqüentemente, redução na produtividade das culturas (Costa et al., 2015).

Os solos da região Semiárida brasileira apresentam limitações ao uso agrícola, devido aos baixos teores de matéria orgânica e às altas temperaturas, que aliadas ao uso da irrigação favorecem ainda mais a rápida decomposição do pouco material orgânico que é depositado na superfície do solo. Devido à eliminação da vegetação natural, os solos do bioma Caatinga, se tornam propensos à erosão e ao processo de desertificação. Segundo Jacomine (2002), em virtude da fragilidade do sistema Caatinga e o uso irracional a que foram submetidos os solos, grandes extensões dessas áreas encontram-se severamente degradadas.

De acordo com Aguiar Netto et al. (2007), alguns perímetros irrigados no Nordeste brasileiro estão com problemas de degradação física e química dos solos. O conhecimento das alterações sofridas nos atributos físicos e químicos do solo pode inferir um manejo adequado para evitar a degradação do solo.

A qualidade física e química do solo influencia diretamente em sua sustentabilidade. Os atributos físicos afetam o crescimento radicular, o armazenamento e o suprimento de água e nutrientes, as trocas gasosas e a atividade biológica do solo (Arshad et al., 1996; Reynolds et al., 2002). Os atributos químicos do solo fornecem informações sobre a dinâmica e

disponibilidade de nutrientes e como componentes da produtividade agrícola, podem ser usados para avaliar a fertilidade do solo (Doran e Parkin, 1996).

Apesar da importância econômica do mercado da manga no Brasil, especialmente na região do Vale do Submédio São Francisco, pouco se sabe a respeito do impacto que a substituição da vegetação de Caatinga pelo cultivo de mangueira irrigada pode causar nos atributos físicos e químicos do solo. Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar em dois anos consecutivos (2014 e 2015), o impacto do cultivo de mangueira irrigada em alguns atributos físicos e químicos do solo em relação à Caatinga em Petrolina - PE.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área escolhida para o estudo está localizada na fazenda Desenvolvimento Agrícola do Nordeste - DAN, situada no Perímetro de Irrigação Nilo Coelho, Petrolina - PE. A região é caracterizada como bioma Caatinga e situada sob às coordenadas geográficas latitude 9°23'11,83''S e longitude 40°41'24,55'' W, com elevação de 411m. O clima da região é BShw (Semiárido), segundo a classificação climática de Köppen, com baixo índice pluviométrico durante todo ano (400 mm a 800 mm). A precipitação pluviométrica nas épocas das coletas de solo está demonstrada na Tabela 1. Nos meses mais frios do ano as temperaturas são superiores a 18 °C, sendo a média anual de 27 °C (Codevasf, 2006). O solo da área em estudo é classificado como Neossolo Quartzarênico, apresentando classe textural arenosa (Embrapa, 2013), com teores médios de 93,40%, 1,38% e 5,22% de areia, silte e argila, respectivamente.

Tabela 1. Distribuição pluviométrica na região entre os anos de 2013 e 2015.

Anos	Precipitações (mm)												
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
2013	-	-	-	-	-	6,8	13,6	4,6	0,4	0	25,6	155	206
2014	28,6	37,5	56,7	179,8	1,6	1,3	26,3	2,4	7,2	0	0	47,9	389,3
2015	12,0	34,6	27,1	78,2	0,8	2,4	-	-	-	-	-	-	155,1

Fonte: Estação Agrometeorológica de Petrolina - INMET - Instituto Nacional de Meteorologia - Petrolina, PE.

As amostras de solo foram coletadas em dois anos consecutivos (janeiro de 2014 e 2015), em duas áreas da fazenda Desenvolvimento Agrícola do Nordeste, sendo uma com mangueira irrigada (linha e entrelinha de plantio, 8 anos de idade) e outra com mata nativa (Caatinga Hiperxerófila, área de referência), localizada aproximadamente 10 m uma da outra

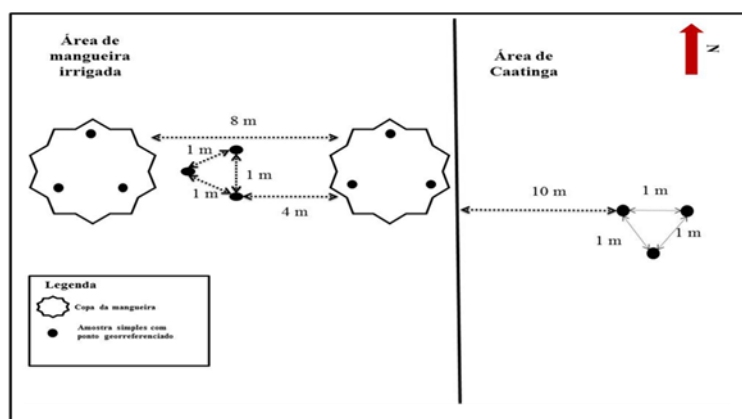
e sob a mesma classe de solo. Acredita-se que 8 anos de cultivo de mangueira irrigada possibilite verificar o efeito nos atributos físicos e químicos do solo em relação à mata nativa. Anteriormente, a área com mangueira irrigada foi ocupada com Caatinga até meados de 2006. Após a remoção da Caatinga, o solo foi preparado (aração e gradagem) para o plantio da mangueira. Em seguida, o pH do solo foi corrigido com aplicação de calcário dolomítico (PRNT 80%), para elevar o pH a 5,5-6,0, utilizando o método de saturação por bases (Alvarez V. e Ribeiro, 1999). A correção do pH do solo, quando necessário, foi realizada também anualmente, após cada ciclo de produção. A mangueira (cv. Kent) foi plantada no espaçamento de  $8,0 \times 6,0$  m onde foi adicionado esterco caprino ( $20 \text{ L cova}^{-1}$ ) e adubação de plantio (P, K,S), com valores médios de 500 g de super simples por planta, 80 g de cloreto de potássio por planta, e  $18 \text{ kg ha}^{-1}$  de enxofre. Anualmente, foram realizadas adubações de cobertura  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de ureia e  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl e micronutrientes (B, Zn), com doses médias de  $2 \text{ g planta}^{-1}$  de boro e  $5 \text{ g planta}^{-1}$  de zinco, para atender a demanda nutricional da cultura. Para a adubação de frutificação com produtividade esperada de 40 t/ha, foram aplicados 500 g de super simples por planta e 2000 g cloreto de potássio por planta ( $\text{pl}^{-1}$ ). Anualmente são adicionados  $20 \text{ L pl}^{-1}$  de esterco caprino na linha de plantio (projeção da copa). O sistema de irrigação utilizado é o localizado (microaspersão), com vazão média do aspersor de  $50 \text{ L h}^{-1}$ , procurando-se atender a demanda hídrica da planta. A indução da floração da mangueira é sempre feita pela aplicação de nitrato de cálcio e nitrato de potássio (Albuquerque et al., 2002). A linha e entrelinha de plantio sempre era mantida sem plantas daninhas por meio de capinas manuais e mecânicas. Após a colheita, anualmente é realizada a poda mantendo-se os resíduos orgânicos na linha de plantio.

O presente trabalho é composto por três tratamentos (mangueira irrigada linha, mangueira irrigada entrelinha e Caatinga), dispostos em faixas, com dez repetições (10 pontos georreferenciados) (Figura 1).



**Figura 1.** Localização das áreas de estudo (mangueira irrigada e Caatinga) na Fazenda DAN-Petrolina-PE. Fonte: Google Earth.

Nas áreas sob mangueira irrigada (linha e entrelinha de plantio) e Caatinga, foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade. Ressalta-se que na área de mangueira irrigada, foram coletadas 10 amostras de solo na linha de plantio (região da projeção da copa) e na entrelinha da cultura (4,0 m do tronco da árvore). Na área sob Caatinga foi coletada uma subamostra no centro do ponto georreferenciado e outras duas em um raio de 1 m deste ponto (Figura 2). Com isso, foram coletadas três amostras simples de cada profundidade para a obtenção de uma amostra composta.



**Figura 2.** Croqui de coleta de amostras de solo na mangueira irrigada (linha e entrelinha) e na área de Caatinga.

As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas e passadas em peneira de malha de 2,0 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Também foram coletadas amostras de solo indeformadas (com anéis volumétricos com volume interno de 98,17 cm<sup>3</sup>) nas camadas de solo supracitadas e em todos os tratamentos.

Para as análises físicas do solo foram determinados textura (método da pipeta), densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), argila dispersa em água (ADA), grau de floculação (GF) e porosidade total do solo, conforme metodologia proposta por Donagemma et al. (2011).

A partir das amostras de TFSA foram determinados os valores de pH (H<sub>2</sub>O), acidez potencial (H+Al), condutividade elétrica no extrato de saturação (CE), teores de P, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup> [extraídos com Mehlich-1 e determinados em espectrofotômetro (P) e fotômetro de chama

(K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>); Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> [extraídos com KCl 1,0 mol L<sup>-1</sup> e determinados em espectrofotômetro de absorção atômica (Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>) e por titulometria (Al<sup>3+</sup>)]. Também foram determinados os teores de micronutrientes, dentre eles, cobre (Cu<sup>2+</sup>), ferro (Fe<sup>2+</sup>), manganês (Mn<sup>2+</sup>) e zinco (Zn<sup>2+</sup>), extraídos por Mehlich-1 modificado e determinados em espectrofotômetro de absorção atômica. Todas as análises químicas foram realizadas conforme metodologia proposta por Claessen et al. (1997). Posteriormente, foram calculadas a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions (CTC), a percentagem de saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m).

As hipóteses de normalidade dos dados foram verificadas pelo teste de Shapiro-Wilk. Os dados obtidos foram analisados pelo teste t para amostras independentes em que foram feitas comparações entre a Caatinga e a mangueira irrigada linha e Caatinga e mangueira irrigada entrelinha, para cada profundidade. Os efeitos do cultivo da mangueira irrigada nos atributos físicos e químicos do solo em relação à Caatinga, para cada profundidade, e entre os dois anos avaliados (2014 e 2015), foram comparados realizando análises descritivas para obtenção das estimativas da variância e as médias comparadas com o teste t ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade). Ressalta-se que os resultados das análises físicas e químicas do solo não levaram em consideração a variação em profundidade nos tratamentos, mas entre os tratamentos em cada camada de solo avaliada.

## RESULTADOS

### Atributos físicos do solo

#### *Ano de 2014*

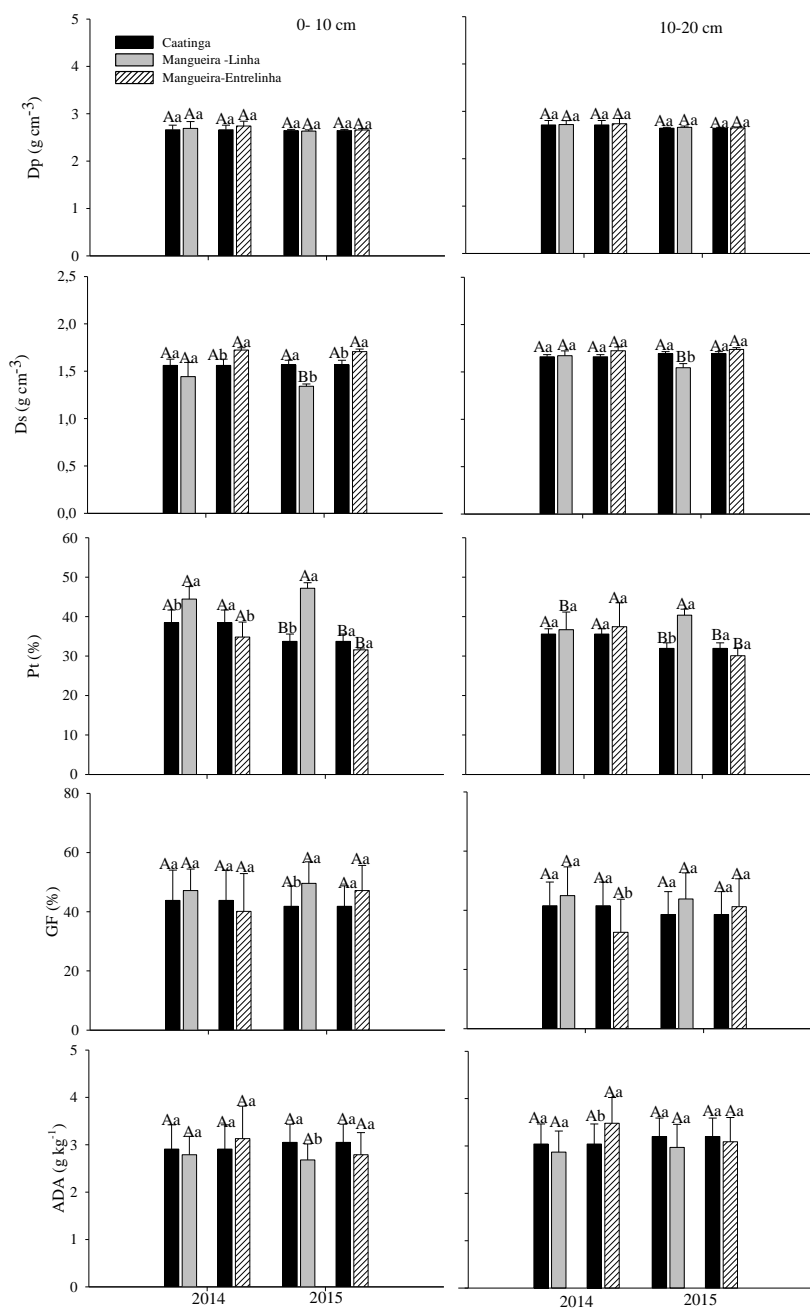
O cultivo de mangueira irrigada (linha) não promoveu diferença significativa nos valores de densidade de partícula (Dp), densidade do solo (Ds), grau de flocculação (GF) e argila dispersa em água (ADA) quando comparado com a Caatinga nas camadas de 0-10 e 10-20 cm do solo. Por outro lado, para a variável porosidade total (Pt) foi verificada diferença significativa na camada de 0-10 cm, com maior valor para a mangueira irrigada (linha) (43,32%) em relação à Caatinga (39,61%) (Figura 3).

Comparando-se a entrelinha do cultivo de mangueira irrigada com a Caatinga, observa-se que não houve diferença nos valores de Dp nas camadas 0-10 e 10-20 cm de profundidade (Figura 3). Comportamento semelhante foi observado para os valores de GF e ADA na camada de 0-10 cm, e para os valores de Ds e Pt na camada de 10-20 cm. Na camada superficial do solo sob mangueira irrigada (entrelinha), a Ds ( $1,72 \text{ g cm}^{-3}$ ) foi superior à Ds da área sob Caatinga ( $1,56 \text{ g cm}^{-3}$ ). Por consequência, a Pt (36,33%) foi inferior à do solo sob Caatinga (39,61%) na mesma camada amostrada. O GF foi maior na área Caatinga em relação a da mangueira entrelinha, consequentemente a ADA apresentou valores menores na Caatinga. (Figura 3).

#### *Ano de 2015*

O cultivo de mangueira irrigada (linha e entrelinha) não diferiu estatisticamente para a (Dp) quando comparado com a Caatinga nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de solo. O mesmo comportamento foi obtido para Pt, GF e ADA na entrelinha do cultivo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de solo. Seguindo essa mesma tendência, na linha de plantio de mangueira, a ADA e o GF não apresentaram diferença estatística na camada de 10-20 cm de solo (Figura 3).

Por outro lado, o cultivo de mangueira irrigada (linha) resultou em menores valores de Ds ( $1,32$  e  $1,54 \text{ g cm}^{-3}$ ) quando comparados à Caatinga ( $1,56$  e  $1,70 \text{ g cm}^{-3}$ ) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de solo, respectivamente. A Pt apresentou-se maior na linha do cultivo (47,12 e 40,37%) em relação à Caatinga (34,61 e 31,93%) nas duas camadas estudadas 0-10 e 10-20 cm, respectivamente (Figura 3).



**Figura 3.** Densidade de partículas ( $D_p$ ), densidade do solo ( $D_s$ ), porosidade total (Pt), grau de floculação (GF) e argila dispersa em água (ADA) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm dos solos sob cultivo de mangueira irrigada (linha e entrelinha de plantio) e Caatinga para os anos de 2014 e 2015. Colunas seguidas pela mesma letra minúscula entre os usos e maiúscula entre os anos não diferem pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ). As barras representam o desvio-padrão da média.

### *Comparação dos usos entre os anos de 2014 e 2015*

A análise comparativa temporal do uso de mangueira no período de amostragem (2014 e 2015) permite constatar alterações na Ds. Na linha de plantio de mangueira irrigada houve uma redução de 1,50 e 1,67 g cm<sup>-3</sup> em 2014 para 1,32 e 1,54 g cm<sup>-3</sup> em 2015, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de solo, respectivamente (Figura 3). Não houve diferença estatística no cultivo de mangueira irrigada (linha e entrelinha) para Dp, GF e ADA nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de solo (Figura 3).

### **Atributos químicos do solo**

#### *Ano de 2014*

O solo sob mangueira irrigada (linha) apresentou maiores teores de fósforo (P), cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>) e potássio (K<sup>+</sup>) em relação ao solo sob Caatinga nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade (Figura 4). Comportamento semelhante foi observado para o P e Mg<sup>2+</sup> quando a mangueira irrigada (entrelinha) foi comparada com a Caatinga. O solo sob mangueira irrigada (entrelinha) também apresentou maior teor de K<sup>+</sup> em relação ao solo sob Caatinga na camada de 0-10 cm de profundidade.

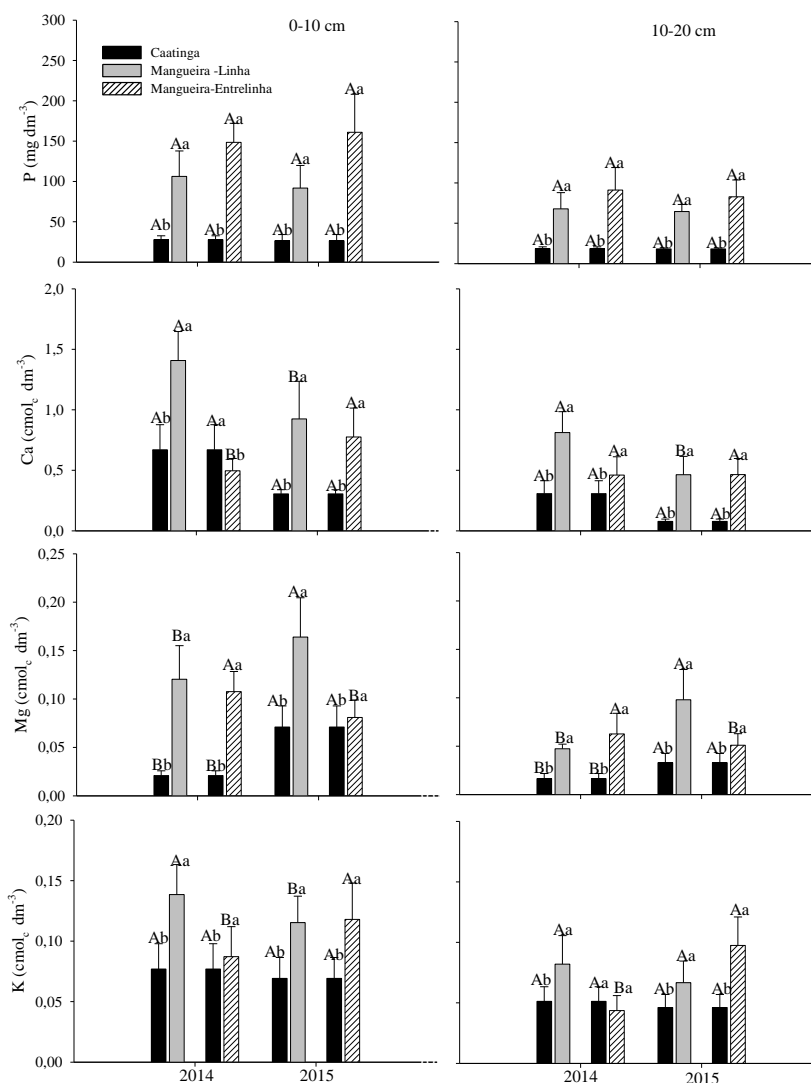
Os teores de P disponíveis observados no solo sob mangueira irrigada (linha: 106,33 mg dm<sup>-3</sup> e 67,92 mg dm<sup>-3</sup>; entrelinha: 148,42 mg dm<sup>-3</sup> e 91,13 mg dm<sup>-3</sup>) foram mais que o dobro do teor observado no solo sob Caatinga (27,73 mg dm<sup>-3</sup> e 18,53 mg dm<sup>-3</sup>) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente.

O solo sob mangueira irrigada (linha) apresentou maiores teores de Ca<sup>+2</sup> (1,41 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 0,81 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e Mg<sup>+2</sup> (0,12 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 0,05 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) em relação ao solo sob Caatinga (Ca: 0,67 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 0,31 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg: 0,02 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 0,02 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente (Figura 4). Comportamento semelhante foi observado para o Mg<sup>+2</sup> quando se comparou a mangueira irrigada (entrelinha, 0,11 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, 0,06 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) com a Caatinga (0,02 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, 0,02 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) nas duas camadas de solo avaliadas.

Os teores de K<sup>+</sup> no solo sob mangueira irrigada - linha (0,14 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; 0,08 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) foram superiores aos teores de K<sup>+</sup> do solo sob Caatinga (0,08 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; 0,05 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente (Figura 4). O teor de K<sup>+</sup> no solo sob



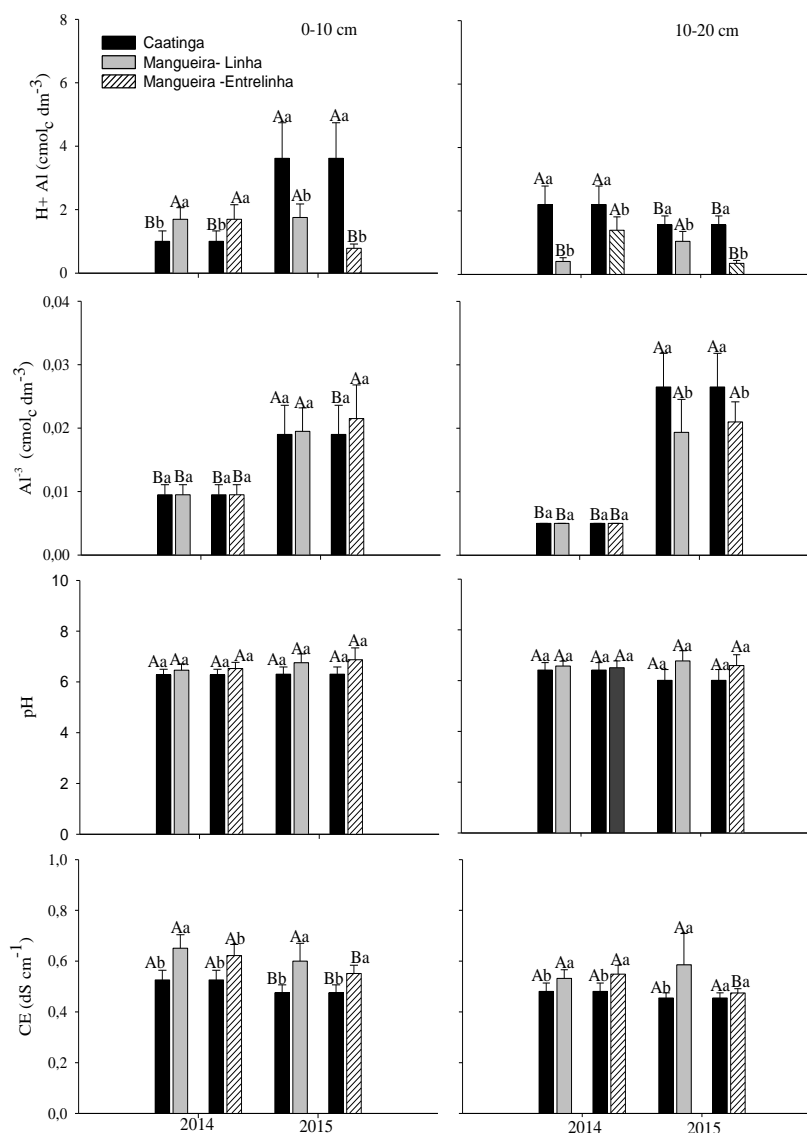
mangueira irrigada - entrelinha ( $0,09 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) também foi maior que o teor de  $\text{K}^+$  do solo sob Caatinga ( $0,08 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) na camada de 0-10 cm de profundidade.



**Figura 4.** Teores de fósforo (P), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm dos solos sob cultivo de mangueira irrigada (linha e entrelinha) e Caatinga para os anos de 2014 e 2015. Colunas seguidas pela mesma letra minúscula entre os usos e maiúscula entre os anos não diferem pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ). As barras representam o desvio-padrão da média.

Os valores médios de acidez potencial ( $\text{H}+\text{Al}$ ), acidez trocável ( $\text{Al}^{+3}$ ), pH e condutividade elétrica (CE) nas áreas sob mangueira irrigada e Caatinga nas camadas de 0-10 e 10-20 cm são apresentados na Figura 5. Os valores de  $\text{H}+\text{Al}$  variaram entre os diferentes tipos de uso, com maiores valores observados para o cultivo de mangueira irrigada (linha:

1,69  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ; entrelinha: 1,70  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) quando comparado à Caatinga (1,00  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) na camada de 0-10 cm de profundidade. Resultado oposto foi observado para a camada de 10-20 cm de profundidade. Não foi observados teores de  $\text{Na}^+$  no solo nas três áreas avaliadas.



**Figura 5.** Acidez potencial (H+Al), alumínio trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ), pH e condutividade elétrica (CE) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm dos solos sob cultivo de mangueira irrigada (linha e entrelinha) e Caatinga para os anos de 2014 e 2015. Colunas seguidas pela mesma letra minúscula entre os usos e maiúscula entre os anos não diferem pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ). As barras representam o desvio-padrão da média.

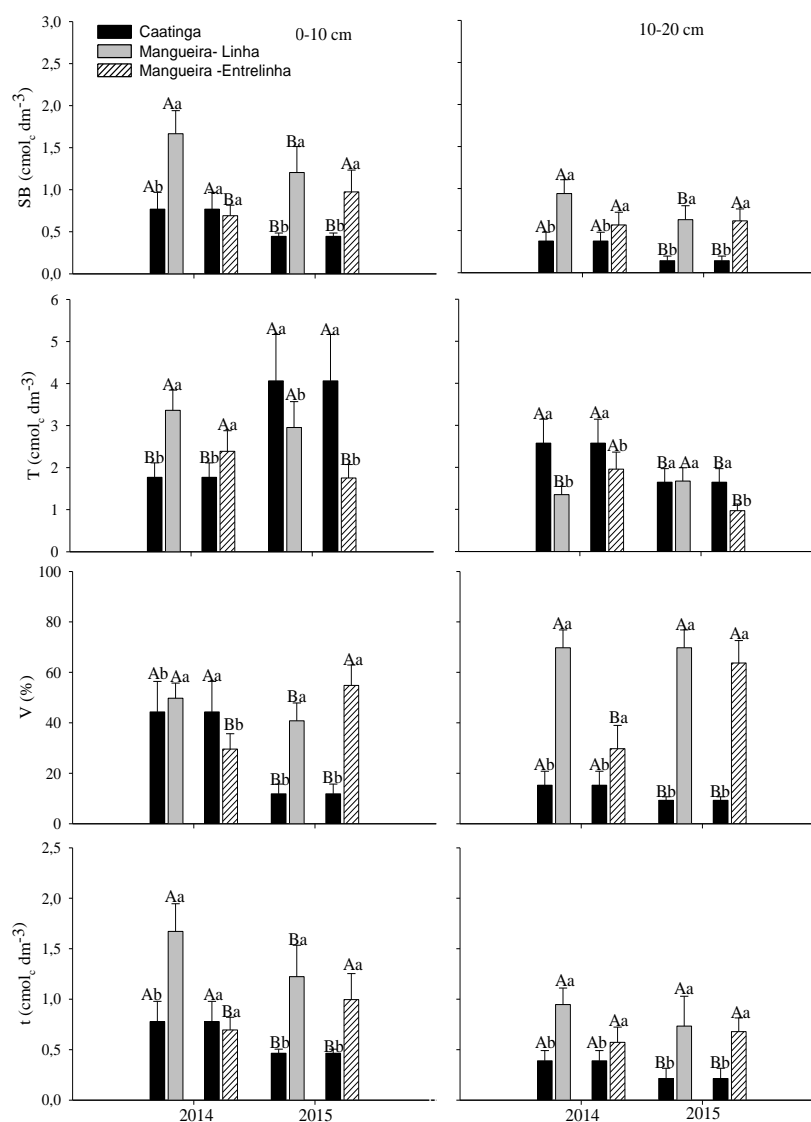
Não houve diferença nos valores de  $\text{Al}^{3+}$  entre os solos sob mangueira irrigada (linha) e o solo sob Caatinga nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade (Figura 5). Resultado

semelhante foi observado quando comparou-se o solo sob mangueira irrigada (entrelinha) com o solo sob Caatinga na camada de 10-20 cm de profundidade. Também não houve diferença nos valores de pH quando comparou-se o solo sob mangueira irrigada (linha e entrelinha) com o solo sob Caatinga nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade. No solo sob mangueira irrigada os valores de pH variaram de 6,46-6,51.

Para a CE, o solo sob mangueira irrigada (linha) apresentou maiores valores (0,65; 0,53 dS cm<sup>-1</sup>) em relação ao solo sob Caatinga (0,53; 0,48 dS cm<sup>-1</sup>) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente (Figura 5). Comportamento semelhante foi observado para a mangueira irrigada (entrelinha, 0,55 dS cm<sup>-1</sup>) em relação à Caatinga (0,53 dS cm<sup>-1</sup>) na camada de 10-20 cm de profundidade.

Os valores de soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica - CTC potencial a pH 7 (T), saturação por bases (V) e capacidade de troca catiônica - CTC efetiva (t) do solo apresentaram diferenças significativas entre a área cultivada com mangueira irrigada e a Caatinga (Figura 6). O solo sob cultivo de mangueira irrigada (linha) apresentou maiores valores de SB (1,67 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 0,94 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e V (49,7 % e 69,7 %) em relação ao solo sob Caatinga (SB: 0,77 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 0,37 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V= 44,33 % e 15,26 %), para as camadas de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente. O solo sob mangueira irrigada (entrelinha) também apresentou maiores valores de SB (0,57 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e V (29,7 %) em relação ao solo sob Caatinga (SB: 0,37 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, V: 15,26 %), na camada de 10-20 cm de profundidade.

Para a camada de 0-10 cm de profundidade, o solo sob cultivo de mangueira irrigada (linha e entrelinha) apresentou maior valor de T (linha: 3,36 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; entrelinha: 2,39 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) quando comparado ao solo sob Caatinga (T: 1,77 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) (Figura 6). O solo sob mangueira irrigada (linha) também apresentou maiores valores de CTC efetiva (t: 1,67 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 0,95 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) em relação ao solo sob Caatinga (t: 0,78 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 0,39 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente. Comportamento semelhante foi observado para a mangueira irrigada (entrelinha, t: 0,57 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) em relação à Caatinga (t: 0,39 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) na camada de 10-20 cm de profundidade.

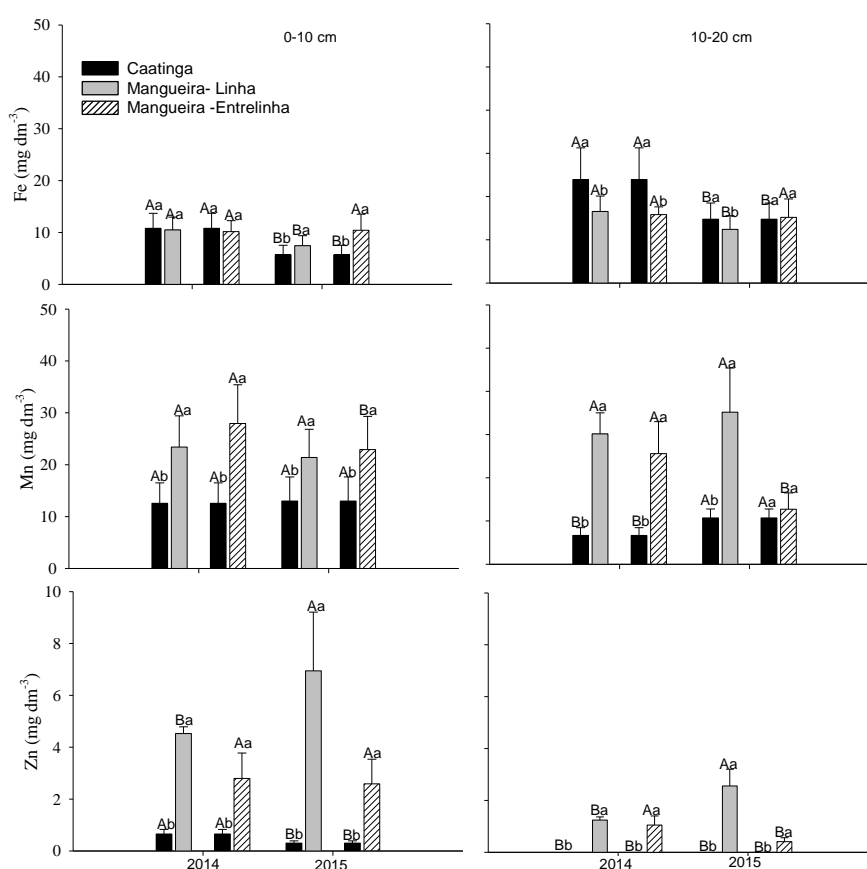


**Figura 6.** Soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions-CTC potencial (T), saturação de bases (V) e CTC efetiva (t) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm dos solos sob cultivo de mangueira irrigada (linha e entrelinha) e Caatinga para os anos de 2014 e 2015. Colunas seguidas pela mesma letra minúscula entre os usos e maiúscula entre os anos não diferem pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ). As barras representam o desvio-padrão da média.

No que se refere aos teores dos micronutrientes, o teor de ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) no solo sob mangueira irrigada (linha e entrelinha) não se diferenciou do solo sob Caatinga na camada de 0-10 cm de profundidade (Figura 7). Por outro lado, na camada de 10-20 cm de profundidade, o solo sob mangueira irrigada (linha) apresentou menores teores de  $\text{Fe}^{2+}$  ( $6,34 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e mangueira irrigada (entrelinha) maiores teores de  $\text{Fe}^{2+}$  ( $7,92 \text{ mg dm}^{-3}$ ) quando comparado à

Caatinga ( $9,94 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Os teores de  $\text{Fe}^{2+}$  no solo sob mangueira irrigada variaram de  $6,34$ - $7,92 \text{ mg dm}^{-3}$ .

Os teores de manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ ) e zinco ( $\text{Zn}^{2+}$ ) foram maiores nas camadas de  $0$ - $10$  e  $10$ - $20$  cm de profundidade, respectivamente, do solo sob mangueira irrigada (linha:  $\text{Mn}^{2+} = 20,85$  e  $15,32 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $\text{Zn}^{2+} = 2,96$  e  $0,15 \text{ mg dm}^{-3}$ ; entrelinha:  $\text{Mn}^{2+} = 24,70$  e  $11,20 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $\text{Zn}^{2+} = 3,52$  e  $0,67 \text{ mg dm}^{-3}$ ;) em relação ao solo sob Caatinga ( $\text{Mn}^{2+} = 13,81$  e  $3,83 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $\text{Zn}^{2+} = 0,20$  e  $0,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (Figura 7). Não foi constatado teores de cobre (Cu) no solo nas três áreas avaliadas.



**Figura 7.** Teores de ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ ) e zinco ( $\text{Zn}^{2+}$ ) nas camadas de  $0$ - $10$  e  $10$ - $20$  cm dos solos sob cultivo de mangueira irrigada (linha e entrelinha) e Caatinga para os anos de 2014 e 2015. Colunas seguidas pela mesma letra minúscula entre os usos e maiúscula entre os anos não diferem pelo teste t de Student ( $P > 0,05$ ). As barras representam o desvio-padrão da média.

*Ano de 2015*

Para o ano de 2015, o solo sob mangueira irrigada (linha e entrelinha) apresentou maiores teores de P (linha: 91,7 mg dm<sup>-3</sup>, 64,5 mg dm<sup>-3</sup>; entrelinha: 161,0 mg dm<sup>-3</sup>, 82,8 mg dm<sup>-3</sup>), Ca<sup>2+</sup> (linha: 0,93 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, 0,43 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; entrelinha: 0,78 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, 0,47 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Mg<sup>2+</sup> (linha: 0,17 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, 0,10 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; entrelinha: 0,08 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, 0,05 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e K<sup>+</sup> (linha: 0,12 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, 0,07 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; entrelinha: 0,12 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, 0,10 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) em relação ao solo sob Caatinga (P: 26,4 mg dm<sup>-3</sup>, 18,1 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup>: 0,30 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, 0,08 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup>: 0,07 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, 0,03 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup>: 0,07 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, 0,05 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente (Figura 4).

Por outro lado, o solo sob mangueira irrigada (linha e entrelinha) apresentou menores valores de H+Al (linha: 1,75 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, 1,04 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; entrelinha: 0,78 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, 0,35 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) em relação ao solo sob Caatinga (3,62 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, 1,56 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) nas duas camadas avaliadas (Figura 5). Comportamento similar foi observado para o Al<sup>3+</sup> na camada de 10-20 cm de profundidade. Não houve diferença nos valores de pH do solo sob mangueira irrigada (linha e entrelinha) em relação ao solo sob Caatinga nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade. O solo sob mangueira irrigada (linha) apresentou maior valor de CE (0,60 dS cm<sup>-1</sup>, 0,59 dS cm<sup>-1</sup>) em relação ao solo sob Caatinga (0,48 dS cm<sup>-1</sup>, 0,45 dS cm<sup>-1</sup>) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente. O solo sob mangueira irrigada (entrelinha) também apresentou maior CE (0,55 dS cm<sup>-1</sup>) em relação ao solo sob Caatinga (0,48 dS cm<sup>-1</sup>) na camada mais superficial do solo.

Os valores de SB, T, V (%) e t do solo apresentaram diferenças significativas entre a área cultivada com mangueira irrigada e a Caatinga (Figura 6). O solo sob mangueira irrigada (linha e entrelinha) apresentou maiores valores de SB (linha: 1,21 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 0,63 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; entrelinha: 0,97 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 0,62 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), V (linha: 40,86 % e 38,19 %; entrelinha: 54,80 % e 63,65 %) e t (linha: 1,23 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 0,65 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; entrelinha: 1,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 0,64 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) em relação ao solo sob Caatinga (SB: 0,44 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 0,16 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V: 11,83 % e 9,25 %; t: 0,18 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 1,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente. Por outro lado, o solo sob mangueira irrigada (linha e entrelinha) apresentou menores valores de T (linha: 2,96 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; entrelinha: 1,75 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) em relação ao solo sob Caatinga (4,06 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) nos primeiros 10 cm de profundidade.

Para os micronutrientes, o solo sob mangueira irrigada (linha e entrelinha) apresentou maiores teores de Fe<sup>2+</sup> (linha: 7,44 mg dm<sup>-3</sup>; entrelinha: 10,42 mg dm<sup>-3</sup>), Mn<sup>2+</sup> (linha: 21,39

mg dm<sup>-3</sup>; entrelinha: 22,91 mg dm<sup>-3</sup>) e Zn<sup>2+</sup> (linha: 6,94 mg dm<sup>-3</sup>; entrelinha: 2,58 mg dm<sup>-3</sup>) em relação ao solo sob Caatinga (Fe<sup>2+</sup>: 5,88 mg dm<sup>-3</sup>; Mn<sup>2+</sup>: 13,00 mg dm<sup>-3</sup>; Zn<sup>2+</sup>: 0,30 mg dm<sup>-3</sup>) na camada de 0-10 cm de profundidade (Figura 7). O solo sob mangueira irrigada (linha) também apresentou maiores teores de Mn<sup>2+</sup> (17,59 mg dm<sup>-3</sup>) e Zn<sup>2+</sup> (2,56 mg dm<sup>-3</sup>) em relação ao solo sob Caatinga (Mn<sup>2+</sup>: 5,35 mg dm<sup>-3</sup>; Zn<sup>2+</sup>: 0,0 mg dm<sup>-3</sup>) na camada de 10-20 cm de profundidade.

#### *Comparação dos os anos de 2014 e 2015*

A análise comparativa temporal no período de amostragem (2014 e 2015) permite observar alterações em alguns atributos químicos do solo pelo cultivo de mangueira irrigada (Figuras 4, 5, 6 e 7).

Comparando-se os anos de 2014 e 2015, observa-se que o cultivo de mangueira irrigada (linha) resultou numa redução de 34,04% e 43,23% nos teores de Ca<sup>2+</sup> nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente. Comportamento semelhante foi observado para o teor de K<sup>+</sup> e V(%) na camada de 0-10 cm de profundidade. O cultivo de mangueira irrigada (linha) também resultou numa redução de 27,54% e 32,98% nos valores de SB nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente. Por outro lado, para os teores de Mg<sup>2+</sup>, observa-se que o cultivo de mangueira irrigada (linha) aumentou em 41,67% na camada de 0-10 cm e 100% na camada de 10-20 cm de profundidade. O cultivo de mangueira irrigada (linha) também resultou no aumento de 100% nos teores de Al<sup>3+</sup> nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente, e 23,70 % nos valores de T na camada de 10-20 cm de profundidade. Para os teores de micronutrientes, comparando-se os anos de 2014 e 2015, observa-se que o cultivo de mangueira irrigada (linha) resultou num aumento nos teores de Fe<sup>2+</sup> (1,63% e redução 2,05%) e aumento nos teores de Zn<sup>2+</sup> (134,46% e 1247,37%) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente.

O cultivo de mangueira irrigada (entrelinha) resultou em aumento de 56% no teor de Ca<sup>2+</sup> na camada de 0-10 cm e, 33,33% e 150% nos teores de K<sup>+</sup> nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente. Comportamento semelhante foi observado para o Al<sup>3+</sup> nas duas camadas de solo avaliadas, e para os valores de SB e V(%) nos primeiros 10 cm de profundidade. O cultivo de mangueira irrigada (entrelinha) resultou numa redução de 27,27% e 16,66% nos teores de Mg<sup>2+</sup> nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente. O cultivo de mangueira irrigada (entrelinha) também resultou numa redução de 54,11% e 74,82%; 11,29% e 14,54% nos valores de H+Al e CE nas camadas de 0-10 e 10-

20 cm de profundidade, respectivamente. Comportamento semelhante foi observado para os valores de T,  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$  nas duas camadas de solo avaliadas.

## DISCUSSÃO

### Atributos físicos do solo

De forma geral, poucas alterações nos atributos físicos entre os sistemas de manejo (Caatinga, mangueira linha e mangueira entrelinha) nos dois anos agrícolas avaliados foram observadas. Principalmente àqueles relacionados com características intrínsecas do solo como a densidade de partículas (Dp). Não espera-se que a Dp se altere pela substituição da Caatinga pelo cultivo de mangueira irrigada, em virtude deste atributo estar relacionado principalmente com a mineralogia do solo, onde alterações significativas somente podem ocorrer pelo acréscimo substancial de matéria orgânica ao longo do tempo, podendo reduzir os valores de Dp (Reinert e Reichert, 2006). Os valores de Dp observados no presente trabalho estão próximos a  $2,65 \text{ kg dm}^{-3}$ , correspondendo a solos ricos em quartzo (Queiroz, 2013) o que caracteriza o Neossolo Quartzarênico.

Atributos como o grau de floculação da argila e argila dispersa em água sofreram alterações apenas no ano de 2014, onde a Caatinga apresentou menor grau de floculação e consequentemente maior argila dispersa do que a mangueira irrigada linha. Isto pode ser explicado devido a aplicação de corretivos e fertilizantes na região da mangueira irrigada que possuem íons floculantes favorecendo a microagregação do solo.

Propriedades do solo mais dependentes do manejo como a porosidade total apresentou melhoria quando se comparou a Caatinga com a mangueira linha. Este comportamento pode estar associado, eventualmente, à manutenção de resíduos de poda da cultura e, ou, maior exploração do solo pelas raízes da mangueira resultando em maior agregação e, consequentemente, maior porosidade do solo. Este efeito foi mais pronunciado na camada superficial do solo o que é esperado já que não há incorporação de resíduos orgânicos em subsuperfície em áreas de produção de frutíferas.

As médias de Pt ficaram acima do limite inferior de 35%, considerado por Kiehl (1979) como bons níveis de Pt, o que caracteriza as práticas de manejo adotadas nas áreas de estudo como práticas que não comprometem a estrutura física do solo. Porosidades inferiores a este valor crítico pode aumentar o risco de degradação do solo, sobretudo, em função da



alteração do fluxo de água e nutrientes, podendo ocasionar problemas característicos de regiões Semiáridas, como a salinização do solo.

No ano agrícola de 2014 observou-se que a densidade do solo na área da mangueira entrelinha foi superior a Ds da Caatinga na camada de 0-10 cm de profundidade. Apesar do menor tráfego de máquinas na condução da cultura da mangueira na região do Vale do Submédio São Francisco devido ao uso da fertirrigação, ainda sim é necessário que maquinários entrem na área para a realização da aplicação de defensivos agrícolas e colheita das frutas. Desta forma, isto ocasionou um aumento na Ds em superfície o que é esperado para áreas onde não há revolvimento do solo.

Desta forma, técnicas que possibilitem a redução da Ds e, conseqüentemente, o aumento da porosidade e da estabilidade de agregados, devem ser continuamente utilizadas na entrelinha de plantio. Algumas áreas sob diferentes sistemas de uso avaliadas por Silva et al. (2015) demonstram que a Ds é reduzida quando o cultivo orgânico ou em conversão para orgânico é implementado, sendo indicativo, possivelmente, do maior aporte de matéria orgânica ao solo, intensificando a atividade microbiana e favorecendo a agregação de partículas. Sendo assim, é oportuno sugerir que as práticas adotadas nas linhas de plantio (como manutenção dos resíduos de poda da cultura) devem ser expandidas para a entrelinha de plantios de mangueira irrigada, assim como ocorrem em sistemas de cultivo em aleias (Meirelles e Souza, 2015).

De forma geral, notou-se poucas alterações quanto aos valores dos atributos comparando-se os anos agrícolas estudados. Uma hipótese está relacionada com o curto período de avaliação para que seja possível notar modificações significativas nos atributos físicos do solo. Contudo, foi possível verificar redução na densidade do solo da mangueira linha do ano de 2014 para o ano de 2015. Estas alterações são justificadas em função da adição, a cada ciclo de produção, de biofertilizante líquido via fertirrigação e manutenção dos restos culturais na superfície do solo na linha de plantio da mangueira. No decorrer do tempo, a densidade do solo sob sistemas que não revolvem o solo tende a diminuir devido, em parte, ao aumento do teor de matéria orgânica na camada superficial, que atua melhorando a agregação do solo (Tormena et al., 1998).

Siqueira et al. (2009) avaliaram a variabilidade espacial da densidade e da porosidade de um Latossolo Vermelho eutroférico sob semeadura direta por vinte anos em Campinas-SP, considerando o período entre 1985 e 2005 e constataram uma redução da densidade do solo do valor médio  $1,19 \text{ g cm}^{-3}$  em 1985 para o  $1,12 \text{ g cm}^{-3}$  em 2005. Os autores justificam

que a diminuição da Ds é reflexo da melhoria estrutural do solo, devido ao aporte contínuo de matéria orgânica em superfície.

### **Atributos químicos do solo**

Observando os resultados de forma geral para os dois anos agrícolas estudados, verifica-se que houve de forma generalizada um aumento nos teores dos atributos químicos da área da mangueira irrigada (linha e entrelinha) em comparação com a Caatinga. Portanto, não houve perda da qualidade química do solo quanto à substituição da Caatinga pelo cultivo de mangueira irrigada, pelo contrário, houve um aumento da qualidade química. Esses resultados estão diretamente ligados a prática de fertilização realizada anualmente na cultura de mangueira irrigada para atender a demanda nutricional o que favoreceu maiores teores desses macronutrientes no solo em relação à Caatinga. Em estudo realizado no Rio Grande do Sul avaliando as propriedades químicas de um Argissolo Vermelho em pomar de citros, Müller et al. (2011) observaram aumento nos teores de P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> em relação a área adjacente com mata nativa, na camada de 0-40 cm. A prática de calagem e a fertilização contribuiu para elevar o pH e os teores de nutrientes no solo sob citros.

De acordo com Silva et al. (2002), para mangueira irrigada cultivada no Vale do Submédio São Francisco, os teores de P disponíveis observados no solo sob mangueira irrigada foram classificados como alto (linha: 106,33 e 67,92 mg dm<sup>-3</sup>; entrelinha: 148,42 e 91,13 mg dm<sup>-3</sup>) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente, estando acima do nível crítico estabelecido para o cultivo de mangueira (40 mg dm<sup>-3</sup>) para o Estado de Pernambuco (IPA, 2008). Em solos arenosos sob Caatinga no Semiárido, Corrêa et al. (2009) encontraram baixos teores de P (4,1 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 30-60 cm e 7,4 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 0-10 cm de profundidade). Baixos teores de P disponíveis no solo normalmente são encontrados em Neossolo Quartzarênico (distróficos), sem fertilizações fosfatadas (Novais e Smith, 1999). Portugal et al. (2010) também observaram maiores teores de P disponível em solo sob laranjeira e canavial em relação à mata e a pastagem. Isto foi devido a fertilizações fosfatada que são realizadas no cultivo de laranjeira e canavial, onde há uma agricultura mais tecnificada, com uso de insumos, semelhantemente ao que ocorreu no presente trabalho para a cultura de mangueira irrigada.

Oliveira et al. (2009) observaram valores similares de Ca<sup>+2</sup> e Mg<sup>+2</sup> ao estudarem topossequências e seus respectivos perfis em solos do Semiárido nordestino. Corrêa et al.

(2009) também observaram significativo aumento nos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  sob culturas de ciclo curto, fruticultura e pastagem em relação à Caatinga em perímetro irrigado no Semiárido de Pernambuco. Além de elevar o pH do solo, diminuir o teor de  $\text{Al}^{3+}$  e fornecer  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  para as plantas, a calagem, comumente realizada em cultivos de mangueira irrigada no Vale do São Francisco, melhora o ambiente do sistema radicular favorecendo elevadas produtividades (Souza et al., 2007).

Estes resultados estão de acordo com os observados por Silva et al. (2014), que avaliaram as alterações na fertilidade do solo em uma área com oito anos de cultivo de mangueira irrigada (linha) sob solo de textura arenosa no sertão Pernambucano e observaram valores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  superiores à área de Caatinga.

Os teores de  $\text{K}^+$  no solo sob mangueira irrigada são classificados como médio e baixo (Silva et al., 2002) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente. Os maiores teores de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  no solo sob mangueira irrigada se justificam pela realização de correções do pH e fertilização do solo, repondo os nutrientes exportados pela colheita e, ou, perdidos pela lixiviação. Na Caatinga, os baixos teores de nutrientes se devem, em parte, devido a maior proporção dos nutrientes nesse ambiente está alocada na vegetação, da baixa fertilidade natural do Neossolo Quartzarênico e da baixa ciclagem de nutrientes advinda das condições climáticas da região Semiárida. O potássio é um nutriente muito importante para produção e qualidade de frutos, participando da fotossíntese e da produção de amido, da atividade das enzimas e da resistência da planta a doenças, estando estreitamente envolvido na qualidade dos frutos (cor da casca, aroma, tamanho e °brix) (Embrapa, 2004).

Resultado oposto foi observado para a camada de 10-20 cm de profundidade. Avaliando o efeito do cultivo de cana-de-açúcar, pastagem e laranjeira em relação à vegetação nativa sobre alguns atributos químicos do solo em Minas Gerais, Portugal et al. (2010) observaram que os valores de  $\text{H}^+\text{Al}$  foram mais elevados no solo sob mata nativa quando comparada com os diversos cultivos agrícolas, em virtude do maior teor de MOS, devido a matéria orgânica do solo apresentar vários grupos funcionais, tais como os grupos carboxílicos e fenólicos, que podem liberar o  $\text{H}^+$  que irá compor os íons envolvidos na CTC (Souza et al., 2007).

Os resultados de pH estão próximo a faixa ótima para o desenvolvimento da cultura da mangueira (Tomé Júnior, 1997). Corrêa et al. (2009), estudando solos arenosos no Semiárido, observaram maiores valores de pH em área cultivada com mangueira irrigada em relação à área de Caatinga. Valores de pH de 5,5-6,0 contribuem para disponibilidade de macro e micronutrientes, além de precipitar o  $\text{Al}^{3+}$  eliminando seu efeito tóxico para as plantas (Souza

et al., 2007). De acordo com Duarte et al. (2013), a calagem e a introdução de bases trocáveis no solo através da adubação química, comumente realizada sob cultivo de mangueira irrigada, contribui para elevar o pH do solo.

Embora as médias da CE tenham sido maiores nas áreas de cultivo de mangueira irrigada, não inferem problemas de salinização do solo, pois são considerados baixos ( $< 4\text{dS m}^{-1}$ , Amaral, 2011) e, portanto, não prejudicam o desenvolvimento da cultura. Considerando que a região do Vale do Submédio São Francisco encontra-se em uma área de clima Semiárido, onde as taxas de evapotranspiração excedem as de precipitação, a CE desempenha um papel importante no monitoramento da salinidade ao longo e entre os ciclos de produção da cultura da mangueira (Oliveira et al., 2006).

O aporte de nutrientes através da fertilização de produção favoreceu os maiores valores de SB e V (%) no solo sob mangueira irrigada em relação ao solo sob Caatinga. Portugal et al. (2010) também observaram maiores valores de SB e V no solo sob canavial, pastagem e laranjeira em relação à vegetação nativa na Zona da Mata Mineira, atribuindo isto à fertilização química nas áreas sob cultivos agrícolas. De acordo com Corrêa et al. (2009), a conversão de vegetação nativa para cultivo agrícola favorece maiores valores de SB e V em virtude de calagens e fertilizações realizadas.

De acordo com Alvarez V. et al. (1999) e Lopes et al. (2004), os valores de T observados no presente trabalho são classificados como baixo ( $1,61\text{-}4,3\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$ ), indicando que o solo tem pequena capacidade para reter cátions em forma trocável. Com isso, fertilizações químicas devem ser realizadas de forma parcelada para reduzir as perdas de nutrientes por lixiviação (Ronquim, 2010). Os baixos valores de T observados no presente trabalho se justificam pela baixa quantidade de argila (5,22%) em Neossolo Quartzarenico. Devido ao maior tamanho da fração areia em relação às frações silte e argila, pode-se afirmar que esta fração (não coloidal) apresenta pequena superfície específica, implicando em menor densidade de cargas negativas (CTC) ao solo (Novais e Melo, 2007).

Assim como para os macronutrientes, verificou-se que de forma geral os teores de micronutrientes foram maiores nas áreas cultivada com mangueira, principalmente àqueles na região da linha. Os teores de  $\text{Fe}^{2+}$  foram classificados como baixo a médio, segundo Alvarez et al. (1999). Avaliando várias classes de solos do Estado de Pernambuco, Oliveira e Nascimento (2006) observaram baixos teores de  $\text{Fe}^{2+}$  ( $< 0,05\text{ mg dm}^{-3}$ ) em Neossolo Quartzarênico órtico típico sob vegetação de caatinga hiperxerófila em Petrolina -PE.

Valores de micronutrientes mais elevados no solo sob mangueira irrigada se justificam pelo nível tecnológico adotado, com fertilizações com micronutrientes, repondo os teores

exportados pela colheita. Os teores de  $Mn^{2+}$  e  $Zn^{2+}$  observados na camada de 0-10 cm do solo sob mangueira irrigada foram classificados como altos ( $Mn^{2+}$ :  $> 12 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $Zn^{2+}$ :  $> 2,2 \text{ mg dm}^{-3}$ ), segundo Alvarez V. et al. (1999). Os reduzidos teores de micronutrientes no solo sob Caatinga justificam-se, em parte, pela baixa fertilidade natural do Neossolo Quartzarênico.

Poucas alterações nos teores de nutrientes foram observadas na área da Caatinga do ano de 2014 para o ano de 2015. Esse resultado é esperado já que em ambientes naturais e estabilizados a ciclagem de nutrientes se encontra em equilíbrio, já que não há a exportação por culturas.

Já quando se comparou o uso mangueira irrigada entre os anos avaliados foi possível observar alterações. Semelhantemente ao encontrado por Oliveira et al. (2015) que estudou a variação de metais pesados e micronutrientes em uma área de videira sob três estratégias de irrigação em Petrolina-PE, os teores de nutrientes na mangueira irrigada linha e entrelinha apresentaram padrão estocástico entre os anos estudados. Contudo, algumas informações importantes podem ser obtidas observando os dados, nos quais Ca, K e saturação por bases reduziram do ano de 2014 para o ano de 2015 na mangueira irrigada linha. Isso deve ter ocorrido pois o sistema radicular da mangueira predominantemente se concentra na região da copa, onde obviamente maior absorção de nutrientes irá ocorrer. Adicionalmente, nota-se que os nutrientes que reduziram são os mesmos que são necessitados em maior quantidade pela cultura da mangueira, os quais são N, K e Ca (Silva et al., 2004). Isso leva-se a questionar se o manejo da fertilidade na área tem sido realizado de maneira satisfatória e se os nutrientes exportados na colheita têm sido corretamente repostos. A médio prazo a constante redução nos nutrientes sem correta reposição acarretará em redução da produtividade da cultura.

Os micronutrientes tiveram seus teores aumentados do ano de 2014 para o ano de 2015 na região da linha da mangueira. Diferentemente do que se nota na adubação de macronutrientes, geralmente ocorre superdosagem de micronutrientes, tanto fornecidos via água de irrigação como via foliar, já que os cálculos para micronutrientes não é realizado corretamente e alguns formulados de adubos N-P-K possuem micronutrientes em sua composição.

Diferentemente do observado na linha da mangueira os nutrientes necessários em maior quantidade pela planta não reduziram na região da entrelinha, isso porque, apesar do sistema radicular alcançar a região da entrelinha e nutrientes serem absorvidos nessa região, essa absorção é consideravelmente menor em comparação com a região da copa

Os resultados obtidos no presente confirmam o afirmado por Sun et al. (2003) que avaliaram a evolução espacial e temporal da fertilidade do solo em uma área de produção

agrícola na região subtropical da China em que os autores afirmam que os solos variam no espaço e no tempo e são influenciados principalmente por fatores extrínsecos (manejo do solo e fertilidade e práticas fitotécnicas). A homogeneidade e variação temporal dos atributos do solo deve ser monitorada e quantificada para um melhor entendimento da influência de fatores como o manejo do solo e finalmente para conduzir à melhores práticas nas propriedades agrícolas (Sun et al., 2003).

No presente estudo apenas dois anos agrícolas foram analisados em o intervalo de tempo pode ser considerado pequeno. Contudo, Hoskinson et al. (1999), estudando as mudanças temporais na variabilidade espacial dos nutrientes do solo, realizando-se amostragens em quatro épocas do ano, no período de 1995 a 1998, verificaram que a concentração dos nutrientes e seu padrão de distribuição espacial alteraram conforme a época de amostragem. Isto demonstra que podem ocorrer mudanças nos atributos do solo em um período curto de tempo. Adicionalmente, esses autores ressaltam que tais mudanças temporais são de grande importância para a determinação da recomendação de adubação e aplicação de fertilizantes. Portanto, o presente estudo demonstra a importância de se conhecer a evolução temporal dos atributos do solo afim de construir um histórico da fertilidade do solo de uma determinada agrícola para a tomada de decisão quando ao seu manejo.

## CONCLUSÕES

1. O cultivo de mangueira irrigada (linha e entrelinha de plantio), em área anteriormente ocupada por Caatinga, promove poucas alterações nos atributos físicos do solo nos dois anos agrícolas avaliados. O cultivo de mangueira irrigada (linha de plantio) promove maior grau de floculação e, conseqüentemente, menor argila dispersa em água em relação à Caatinga no ano de 2014. O cultivo de mangueira irrigada (linha de plantio) também favorece maior porosidade total em relação à Caatinga, principalmente na camada mais superficial do solo.
2. Para os dois anos agrícolas avaliados, o cultivo de mangueira irrigada (linha e entrelinha de plantio), em área anteriormente ocupada por Caatinga, promove de forma generalizada aumento nos teores de macronutrientes no solo. Semelhante aos macronutrientes, verificou-se que de forma geral os teores de micronutrientes foram maiores no solo sob mangueira irrigada, principalmente àqueles na região da linha de plantio, em relação à Caatinga.

3. Poucas alterações nos valores dos atributos físicos do solo sob mangueira irrigada foram observadas comparando-se os anos agrícolas 2014 e 2015. No entanto, verificou-se redução na densidade do solo da mangueira (linha de plantio) do ano de 2014 para o ano de 2015. Os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e saturação por bases reduziram do ano de 2014 para o ano de 2015 no solo sob mangueira irrigada (linha de plantio). Por outro lado, os micronutrientes tiveram seus teores aumentados do ano de 2014 para o ano de 2015 no solo sob mangueira irrigada (linha de plantio).

## REFERÊNCIAS

- Albuquerque, JAS, Medina, VD, Mouco, MAC. Indução floral. In: Genu, PJC, Pinto, CAQ. (Ed.), A cultura da mangueira. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 259-276.
- Aguiar Netto AO, Gomes CCS, Lins CCV, Barros AC, Campeche LFSM, Blanco FF. Características químicas e salino-sodicidade dos solos do perímetro irrigado Califórnia, SE, Brasil. *Ciênc. Rural*. 2007; 37:1640-1645.
- Alvarez V VH, Novais RF, Barros NF, Cantarutti RB, Lopes AL. Interpretação Dos Resultados das análises de solo. In: Ribeiro AC, Guimarães PTG, Alvarez, VH eds. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa, CFSEMG, 1999. p.25-32.
- Amaral, FCS. Sistema brasileiro de classificação de terras para irrigação : enfoque na região semiárida / editor: Fernando Cezar Saraiva do Amaral. -- Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011. P.164. : il. ISBN: 85-85864-36-1 Convênio Embrapa Solos / CODEVASF.
- Arcoverde, SNS, Salviano, AM, Olszewski, N, Melo, SBD, Cunha, TJJ, Giongo, V, Pereira, J DS. Physical Quality of Soils in Agricultural Use in the Semiarid Region of the State of Bahia. *R. Bras. Ci. Solo*. 2015; 39: 1473-1482.
- Arshad MA.; Lowery, B.; Grossman, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: Doran. J.W.; Jones, A.J. (Ed.). *Methods for assessing soil quality*. Madison: Soil Sci. Soc. Am., 1996. p.123-141. (SSSA Special Publication 49).
- Cepea. Centro de estudos avançados em economia aplicada. Dezembro de 2014/Janeiro de 2015 -Hortifruti Brasil [internet]. [acesso em 10 jan 2016]. Disponível em: <http://www.cepea.org.br/hfbrasil/edicoes/141/manga.pdf>.
- Claessen, MEC, Barreto, WDO, Paula JL, Duarte MN. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. p.212.
- Codevasf. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Paranaíba. Vale do São Francisco: regiões fisiográficas, 2006 Acesso em: 1 de dezembro de 2015. Disponível

em:<http://www.codevasf.gov.br/osvales/vale-do-são francisco/recus/submedio -sao-francisco>>.’

Corrêa RM, Freire, MBGS, Ferreira, RLC, Freire, FJ, Pessoa, LGM, Miranda MA, Melo, DVM. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no Semiárido de Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo, 2009; 33: 305-314.

Costa TGA, Coelho, JV, Batista, MDS, Timoteo, MM, Lago, ADS, Santos, RB, Iwata, BD F. Manejo agroecológico do solo em áreas sob o cultivo de hortícolas no Município de Corrente, Piauí. Rev. Bras. Gest. Ambient. Sustentabilidade. 2015; 2: 167-174.

Donagemma GK, Campos, DVB, Calderano, SB, Teixeira, WG, Viana, JH. Manual de métodos de análise de solos. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2011.

Doran JW, Parkin, TB. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: Doran, JW, Jones, AJ. (Org.) Methods for assessing soil quality. Madison: SSSA, 1996: 25-37.

Duarte, AS, Rolim, MM, Silva EFFE, Pedrosa EMR, Albuquerque FS, Magalhães, AG. Alterações dos atributos físicos e químicos de um Neossolo após aplicação de doses de manipueira. R. Bras.Eng. Agríc. Amb, 2013; 17:938–946.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Cultivo da Mangueira - Sistemas de Produção, 2ISSN 1807-0027 Versão Eletrônica,2004.<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/index.htm>>. Acesso em: 28 de julho de 2016.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013.p.353.

Galvão A Fruticultura irrigada muda a cara do sertão, Disponível em:<http://www.checkplant.com.br/site/index.php?s=noticias&acao=show&ID=43>>. Acesso em: 24/09/2015. 2007.

Hoskinson, R L, Hess, J R, Alessi, R S. Temporal changes in the spatial variability of soil nutrients. In Proceedings of 2nd European conference on precision agriculture, Odense Denmark ,1999 : 61-70.

Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA. Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação. 3. ed. Recife:Revisada/coordenado por Francisco José de Albuquerque Cavalcanti, 2008.

Jacomine PKT. Caracterização do estágio atual dos solos sob Caatinga. In: Araujo, Q.R. de (org). 500 anos de uso do solo no Brasil. Ilhéus: Editus, 2002: 365-397.

Kiehl EJ. Manual de edafologia: relações solo-planta. São Paulo: Editora Agronômica Ceres,1979: 262.

Lopes AF, Santos AB, Rava CA, Soares DM, Quintela ED, Oliveira IP, Fonseca JR, Kluthcouski J; Costa JGC, Moreira, JAA, Silva JG, Costa KAP, Stone LF, Thung M, Fageria



NK, Silva SC; Cobuss IT. Produção de Sementes Sadias de Feijão Comum em Várzeas Tropicais. Embrapa Arroz e Feijão. Sistemas de Produção, 2004; 4, p.72.

Meirelles AC, Souza LAG. Produção e qualidade da biomassa de leguminosas arbóreas cultivadas em um sistema de aleias em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central. R. Bras. Agroecologia, 2015; 10; 2.

Müller J, Levien R, Trein CR., Sequinato L, Mazurana M, Stürmer, SLK, Pietrzacka, R. Physical and chemical attributes of a typic ultisol in organic citrus orchard with weed control between the lines. R. Bras. Frutic, 2011; 33: 1127-1134.

Novais RF, Mello JWV de. Relação solo-planta. In: Novais, RF, Alvarez V VH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti RB, Neves JCL. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Soc. Bras. Ci. Solo, 2007. Cap.4, p.133-204.

Novais RF, Smyth TJ. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa-MG: UFV, DPS, 1999. p.339.

Oliveira, MBL, Santos, AJB, Manzi, AO, Alvalá, RCS, Correia, MF, Moura, MSB. Trocas de energia e fluxo de carbono entre vegetação de caatinga e atmosfera no nordeste brasileiro. Rev. bras. meteorol, 2006; 21: 378-386.

Oliveira A, Nascimento CWA. Formas de manganês e ferro em solos de referência de Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo, 2006; 30: 99-110.

Oliveira LB, Fontes MPF, Ribeiro MR, Ker JC. Morfologia e classificação de Luvisolos e Planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no Semiárido do nordeste brasileiro. R. Bras. Ci. Solo, 2009; 33: 1333-1345.

Oliveira, VDS, Lima, AMN, Salviano, AM, Bassoi, LH, Pereira, GE. Heavy metals and micronutrients in the soil and grapevine under different irrigation strategies. R. Bras. Ci. Solo, 2015; 39: 162-173.

Portugal, AF; Costa, O; Del'Arco V, Costa LM. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da zona da mata mineira. R. Bras. Ci. Solo, 2010; 34: 575-585.

Queiroz AF. Caracterização e classificação de solos do município de Casa Nova-BA para fins de uso, manejo e conservação. 2013. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró-RN.

Reinert DJ, Reichert, JM. Propriedades físicas do solo; Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM; Santa Maria – RS, 2006.

Reynolds WD, Bowman, BT, Drury, CF, Tan, CS, LU, X. Indicators of good physical quality: density and storage parameters. Geoderma. 2002; 110: 131-146.

Ronquim CC. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Nº 8, 2010.

Silva DJ, Quaggio JA, Pinto APC, Pinto ACQ, Magalhães AFJ. Nutrição e Adubação. In: Genú PJC, Pinto ACQ. A cultura da mangueira. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. Cap. 10, p.192-221.

Silva JP, Nascimento, CW, Silva, DJ, Cunha, KP, Biondi, CM. Changes in soil fertility and mineral nutrition of mango orchards in São Francisco Valley, Brazil. *Rev Cienc Agrar*, 2014; 42-48.

Silva, GF, Santos, D, Silva, A. P, Souza, J M. Indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso na mesorregião do agreste paraibano. *Rev. Caatinga*, 2015; 2 :25-35.

Silva, DJ, Pereira, JR, Mouco, MD C, Albuquerque, JA S, Silva, C. Nutrição mineral e adubação da mangueira em condições irrigadas. Embrapa Semi-Árido, 2004. Circular Técnica. Siqueira GM, Vieira, SR, Dechen, SCF. Variabilidade espacial da densidade e da porosidade de um Latossolo Vermelho Eutroférico sob semeadura direta por vinte anos. *Bragantia*. 2009; 68: 751-759.

Souza, DMG, Miranda LN, Oliveira SA. Acidez do solo e sua correção. In: Novais RF, Alvarez VVH.; Barros N.F.; Fontes RLF, Cantarutti RB, Neves JCL. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Soc. Bras. Ci. Solo, 2007. p. 991.

Sun, B, Zhou, S, Zhao, Q. Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China. *Geoderma*, 2003. 115,1, 85-99. Tomé Júnior JB. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba: Agropecuária, 1997. p.247.

Tormena CA, Silva, AP, Libardi, P L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*. 1998; 22: 573-581.

#### 4. ARTIGO 2

### VARIABILIDADE TEMPORAL DAS FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO SOB CULTIVO DE MANGUEIRA IRRIGADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

#### RESUMO

A substituição da vegetação nativa por cultivos agrícolas, tais como mangueira irrigada, pode resultar em alterações nos estoques de carbono (C) das frações da matéria orgânica do solo (MOS). Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar, em dois anos consecutivos (2014 e 2015), a influência do cultivo de mangueira irrigada nos estoques de C das frações da MOS em relação à Caatinga em Petrolina - PE. Nas áreas sob mangueira irrigada (linha e entrelinha) e Caatinga (referência) foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade. Após a coleta e preparo das amostras de solo, foram determinados os estoques de carbono orgânico total (COT), C das substâncias húmicas - SH (fração ácidos fúlvicos - FAF, fração ácidos húmicos - FAH e fração huminas - FH), C da fração leve (FL) e pesada (FP) da MOS. O cultivo de mangueira irrigada (linha) promoveu maiores estoques de COT, C da FH e SH quando comparado à Caatinga nos dois anos avaliados. O cultivo de mangueira irrigada (linha) também resultou em aumento do estoque de C na FL na camada de 0-10 cm de profundidade no ano de 2014. Resultado semelhante foi observado para o estoque de C na FP quando comparou-se a mangueira irrigada (linha) com a Caatinga nas camadas de 0-10 e 10-20 cm profundidade no ano de 2015. Quando comparou-se o ano de 2014 com 2015, observou-se que o cultivo de mangueira irrigada (linha) resultou no aumento de 26,09% e 35,29% no COT nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente. Não houve diferenças nos estoques de C das SH no solo sob cultivo de mangueira irrigada (linha) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade entre os anos de 2014 e 2015. Por outro lado, para a mangueira irrigada (entrelinha), os estoques de C das SH, FH e FP foram inferiores no ano de 2015 em relação ao ano de 2014. Na região do Vale do Submédio São Francisco, o aumento nos estoques de C das frações da MOS ficou mais restrito à linha de plantio do cultivo de mangueira irrigada em relação à Caatinga.

**Palavras-chave:** Carbono orgânico do solo, substâncias húmicas, fracionamento físico, mudança de uso do solo, *Mangifera indica* L.

## TEMPORAL VARIABILITY OF ORGANIC MATTER FRACTIONS IN QUARTZIPSAMMENT UNDER IRRIGATED MANGO CULTIVATION IN THE BRAZILIAN SEMIARID

### ABSTRACT

The replacement of native vegetation by crops such as irrigated mango may result in changes in carbon storage (C) of soil organic matter fractions (SOM). Thus, this study aimed to evaluate in two consecutive years (2014 and 2015), the influence of irrigated mango cultivation in C storages of SOM fractions comparing to Caatinga (native vegetation) in Petrolina County, Pernambuco State, Brazil. In areas under irrigated mango (row and between rows) and Caatinga (reference) soil samples at the 0-10 and 10-20 cm depth were collected. After collection and preparation of soil samples, total organic carbon (TOC) storage, C from humic substances - HS (fulvic acid fraction - FAF, humic acid fraction - HAF and humin fraction - HF), C from light (LF) and heavy (HF) fraction of SOM were determined. The irrigated mango cultivation (row) showed higher storage of TOC, C from HF and SH when compared to Caatinga in the two evaluated years. The irrigated mango cultivation (row) also showed increased C storage in LF at the layer of 0-10 cm depth in 2014. A similar result was observed for C storage in HF by comparing irrigated mango (row) with Caatinga at the layers of 0-10 cm and 10-20 cm depth in 2015. When it was compared 2014 with 2015, it was observed that the irrigated mango cultivation (row) resulted in increase of 26.09% and 3529% in TOC at layers of 0-10 and 10-20 cm depth, respectively. There were no differences in C storage of HS in the soil under irrigated mango cultivation (rows) at layers of 0-10 and 10-20 cm depth between 2014 and 2015. On the other hand, for irrigated mango cultivation (between rows), C storage of HS, HF and HF were lower in 2015 compared to 2014. São Francisco sudmedium Valley region, increased C storage in SOM fractions were more restricted to row growing of irrigated mango cultivation compared to Caatinga.

**Keyword:** Soil organic carbon, humic substances, physical fractionation, soil land use, *Mangifera indica* L.

## INTRODUÇÃO

O Vale do Submédio do São Francisco, situado no Nordeste brasileiro, é uma região que tem sua economia voltada para a fruticultura irrigada, ressaltando-se principalmente a produção de manga, tanto para o mercado interno quanto para a exportação (Silva et al., 2016a). Esta região é considerada a maior produtora nacional de manga irrigada, produzindo cerca de 120 mil toneladas de manga em 2014, correspondendo a mais de 93% das exportações brasileiras dessa fruta *in natura* (Cepea, 2015).

A implantação de sistemas agrícolas como, por exemplo, a fruticultura irrigada em áreas anteriormente ocupadas por vegetação nativa, pode resultar em alterações nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (Arcorverde et al., 2015), sendo dependente das condições de solo, do clima e das práticas culturais adotadas. Além disso, a remoção da cobertura vegetal pode acarretar na redução dos processos de ciclagem de nutrientes e aceleração da decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) (Carneiro et al., 2009). A remoção da vegetação nativa para implantação de cultivos agrícolas acelera a taxa de decomposição da MOS em virtude da mudança nas condições de aeração, temperatura e umidade do solo, além de mudanças na quantidade e qualidade de resíduos orgânicos depositados na superfície do solo (Tivet et al., 2013). Sob condições Semiáridas brasileiras, caracterizadas por elevadas temperaturas, baixa precipitação pluviométrica, solos rasos e baixa produção de biomassa (Maia et al., 2006), o acúmulo de MOS é limitado, mesmo sob condições naturais. Entretanto, em áreas sob agricultura irrigada, com temperaturas elevadas e disponibilidade de água a mineralização da MOS é favorecida (Giongo et al., 2011).

A MOS e seus diversos compartimentos constituem um componente essencial para a manutenção da qualidade do solo, estando envolvida em diversos processos físicos, químicos e biológicos do solo. Caracteriza-se por ser a principal fonte de energia e nutrientes para a atividade microbiana, além disso, influencia diversas propriedades do solo, tais como agregação, porosidade, densidade, retenção hídrica, potencial de infiltração e lixiviação, resistência à erosão, capacidade de troca iônica e teor de nutrientes (Horwath, 2015; Damatto Júnior et al., 2006).

A MOS é um atributo muito importante que deve ser considerado na avaliação de sistemas de manejo e uso do solo. A avaliação da MOS e seus diferentes compartimentos, bem como sua relação com o manejo e condições edafoclimáticas, visa estabelecer estratégias para uso sustentável dos solos, com o intuito de reduzir o impacto das atividades agrícolas

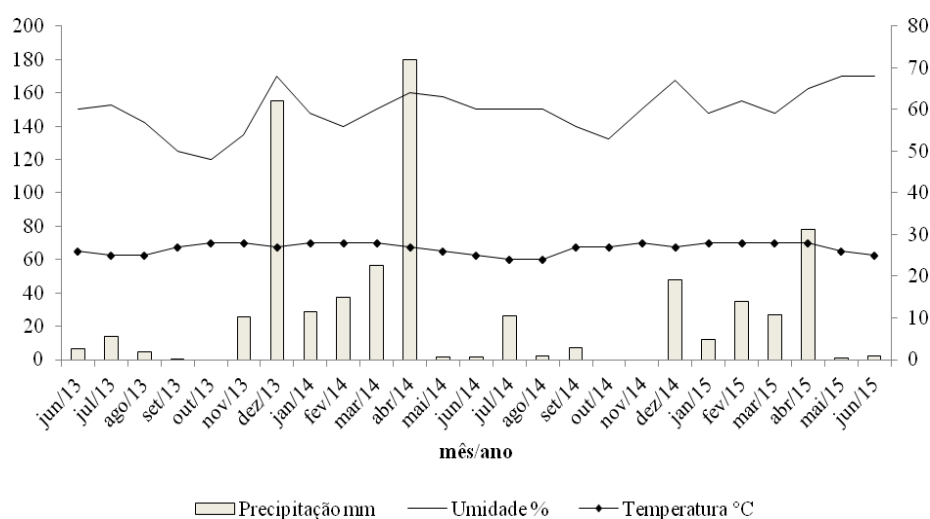
sobre o meio ambiente. A determinação direta das perdas e ganhos da MOS pela mudança de uso do solo e pelas diferentes práticas de manejo pode não ser facilmente observada a curto intervalo de tempo, em virtude da MOS ser constituída por diferentes compartimentos com diferentes tempo de ciclagem e os compartimentos mais estáveis da MOS (substâncias húmicas) serem quantitativamente dominantes em condições tropicais (Benites et al., 2010). Com isso, o uso do fracionamento físico e químico nos estudos da MOS permite a separação de diferentes compartimentos orgânicos, cada qual respondendo, de forma distinta, às diferentes práticas de uso e manejo do solo (Freixo et al., 2002). Assim, o entendimento da dinâmica da MOS não se deve ficar restrito apenas ao carbono orgânico total (COT), mais abrangendo a fração leve da MOS, considerada um indicador mais sensível de mudança na qualidade do solo (Haynes, 2005) e as frações húmicas da matéria orgânica, componentes mais estável da MOS, representando a maior parte da MOS (Horwath, 2015).

Avaliando a influência de oito anos de pomares de banana e citros nas frações da matéria orgânica do solo em relação à Floresta Atlântica em Platô de Neópolis-SE, Guimarães et al., (2014) não observaram diferença no teor de carbono orgânico total (COT) na camada de 10-30 cm de profundidade quando se comparou o pomar de bananeira com a mata nativa. Por outro lado, nesta mesma camada, a matéria orgânica particulada foi 29% maior no solo sob mata nativa em relação ao pomar de banana, podendo esta fração ser utilizada como indicador de qualidade do solo. Maior quantidade de matéria orgânica particulada no solo sob mata nativa foi devido ao maior sistema radicular e deposição de exsudato radiculares sob a vegetação nativa.

Apesar da importância econômica do mercado da manga no Brasil, especialmente na região do Vale do Submédio do São Francisco, pouco se sabe a respeito da variação temporal do impacto que a substituição da vegetação de Caatinga pelo cultivo de mangueira irrigada pode causar nos estoques de C das frações da MOS. Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar, em dois anos consecutivos (2014 e 2015), a influência do cultivo de mangueira irrigada (linha e entrelinha) nos estoques de COT, C das substâncias húmicas, C da fração leve e pesada da MOS em relação à Caatinga em Petrolina - PE.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área escolhida para o estudo está localizada na fazenda Desenvolvimento Agrícola do Nordeste - DAN, situada no Perímetro de Irrigação Nilo Coelho, Petrolina - PE. A região é caracterizada como bioma Caatinga e situada sob às coordenadas geográficas latitude  $9^{\circ}23'11.83''$ S e longitude  $40^{\circ}41'24.55''$  W, com elevação de 411m. O clima da região é BSwH (Semiárido), segundo a classificação climática de Köppen, com baixo índice pluviométrico durante todo ano (400 mm a 800 mm). Os dados climáticos precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar nas épocas das coletas de solo estão apresentados na figura 1. O solo da área em estudo é classificado como Neossolo Quartzarênico, apresentando classe textural arenosa (Santos et al., 2013), com teores médios de 93,40%, 1,38% e 5,22% de areia, silte e argila, respectivamente.



Fonte: Estação Agrometeorológica de Petrolina – INMET - Instituto Nacional de Meteorologia - Petrolina, PE.

**Figura 1.** Valores do somatório mensal da precipitação total, umidade relativa e temperatura média.

As amostras de solo foram coletadas em dois anos consecutivos (janeiro de 2014 e 2015), em duas áreas da fazenda Desenvolvimento Agrícola do Nordeste, sendo uma com mangueira irrigada (linha e entrelinha, 8 anos de idade) e outra com mata nativa (Caatinga Hiperxerófila), localizada aproximadamente 10 m uma da outra e sob a mesma classe de solo. Acredita-se que 8 anos de cultivo de mangueira irrigada possibilite verificar o efeito nos estoques de C das frações de MOS em relação à mata nativa. Anteriormente, a área com

mangueira irrigada foi ocupada com Caatinga até meados de 2006. Após a remoção da Caatinga, o solo foi preparado (aração e gradagem) para o plantio da mangueira. Em seguida, o pH do solo foi corrigido com aplicação de calcário dolomítico (PRNT 80%), para elevar o pH a 5,5-6,0, utilizando o método de saturação por bases (Alvarez V. e Ribeiro, 1999). A correção do pH do solo, quando necessário, foi realizada também anualmente, após cada ciclo de produção. A mangueira (cv. Kent) foi plantada no espaçamento de  $8,0 \times 6,0$  m onde foi adicionado esterco caprino ( $20 \text{ L cova}^{-1}$ ) e adubação de plantio (P, K, S), com valores médios de 500 g de super simples por planta, 80 g de cloreto de potássio por planta, e  $18 \text{ kg ha}^{-1}$  de enxofre. Anualmente, foram realizadas adubações de cobertura com adição de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de ureia e  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl e micronutrientes (B, Zn), com doses médias de  $2 \text{ g planta}^{-1}$  de boro e  $5 \text{ g planta}^{-1}$  de zinco, para atender a demanda nutricional da cultura. Para a adubação de frutificação com produtividade esperada de  $40 \text{ t/ha}$ , foram aplicados 500 g de super simples por planta ( $\text{pl}^{-1}$ ) e 2000 g cloreto de potássio por planta. Anualmente são adicionados  $20 \text{ L pl}^{-1}$  de esterco caprino na linha de plantio (projeção da copa). O sistema de irrigação utilizado é o localizado (microaspersão), com vazão média do aspersor de  $50 \text{ L h}^{-1}$ , procurando-se atender a demanda hídrica da planta. A indução da floração da mangueira é sempre feita pela aplicação de nitrato de cálcio e nitrato de potássio (Albuquerque et al., 2002). A linha e entrelinha de plantio foram mantidas sem plantas daninhas por meio de capinas manuais e mecânicas. Após a colheita, anualmente, é realizada a poda mantendo-se os resíduos orgânicos na linha de plantio.

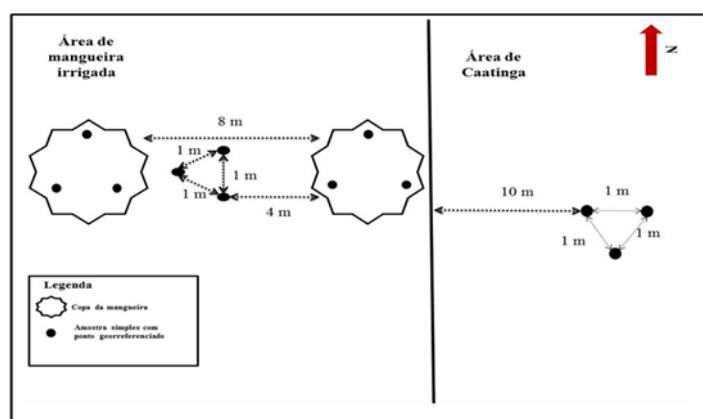
Para compor este trabalho foram selecionados três tratamentos distintos, sendo eles, mangueira irrigada linha, mangueira irrigada entrelinha, utilizando a Caatinga como referência. Os tratamentos foram dispostos em faixas, com dez repetições (10 pontos georeferenciados) (Figura 2).





**Figura 2.** Localização das áreas de estudo (mangueira irrigada e Caatinga) na fazenda DAN, em Petrolina - PE. Fonte: Google Earth.

Nas áreas sob mangueira irrigada (linha e entrelinha) e Caatinga, foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade. Ressalta-se que na área de mangueira irrigada, foram coletadas 10 amostras de solo na linha de plantio (região da projeção da copa) e nas entrelinha da cultura (4,0 m do tronco da árvore). Na área sob Caatinga foi coletada uma subamostra no centro do ponto georreferenciado e outras duas em um raio de 1 m deste ponto (Figura 3). Com isso, foram coletadas três amostras simples de cada profundidade para a obtenção de uma amostra composta.



**Figura 3.** Croqui da coleta de amostras de solo simples na copa da mangueira irrigada (linha) e entrelinha plantio e na área de Caatinga.

As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas e passadas em peneira de malha de 2,0 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). Também foram coletadas amostras de solo indeformadas (com anéis) nas camadas de solo supracitadas para determinação da densidade do solo pelo método do anel volumétrico, segundo procedimentos de Claessen et al. (1997).

As amostras de TFSA foram trituradas e passadas em peneira de 100 mesh (0,149 mm) para determinação do C orgânico total (COT), pelo método de oxidação via úmida com aquecimento externo (Yeomans e Bremner, 1988).

O fracionamento das substâncias húmicas foi realizado segundo o método sugerido pela International Humic Substances Society (Swift, 1996) e adaptado de Benites et al. (2003). Deste fracionamento foram obtidas as frações ácidos fúlvicos (FAF), ácidos húmicos

(FAH) e huminas (FH), baseando-se na solubilidade em soluções ácidas ou alcalinas. Do somatório da FAF, FAH e FH obteve-se as substâncias húmicas (SH). O teor de C em cada fração húmica foi determinado pelo método de oxidação via úmida com aquecimento externo (Yeomans e Bremner, 1988). Foram calculadas as relações  $C_{FAH}/C_{FAF}$ ,  $C_{FH}/(C_{FAF}+C_{FAH})$  e  $C_{FAF}+C_{FAH}+C_{FH}/C_{Total}$  (Labrador-Moreno, 1996).

Nas amostras de TFSA foi realizado também o fracionamento físico da MOS, segundo metodologia proposta por Demolinari et al. (2008). Resumidamente, o método consistiu em agitar 15 g de TFSA com 30 mL de água destilada em tubos de centrífuga durante 16 h em agitador vertical, não se fazendo uso de dispersante químico. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 630 g por 15 min, e o sobrenadante passado em peneira de 100 mesh (0,149 mm) para coleta da matéria orgânica leve (FL). Como o procedimento adotado envolve o rompimento dos agregados por agitação contínua antes da separação, a FL isolada é constituída pelo compartimento inter e intra-agregados (Sohi et al., 2001). A matéria orgânica associada aos componentes minerais do solo e que sedimentaram no fundo do tubo de centrífuga foi considerada a fração pesada (FP). Após a separação, a FL foi seca em estufa a 72 °C por 72 h e, em seguida, pesada. Os teores de C orgânico da FP foram determinados por oxidação via úmida com aquecimento externo, segundo procedimento proposto por Yeomans e Bremner (1988).

Os estoques de C nas frações da MOS foram calculados considerando o conceito de camada equivalente (Bayer et al., 2000). Para isso, foram calculados os estoques de C do solo sob mangueira irrigada (linha e entrelinha), para cada camada, e multiplicado os resultados pelo fator obtido pela divisão da densidade do solo ( $D_s$ ) da Caatinga pela  $D_s$  da mangueira irrigada (linha e entrelinha). Esse fator foi aplicado somente para os dados de C no solo sob mangueira irrigada (linha e entrelinha). Os estoques de C, em cada profundidade do solo, foram calculados pelo uso da seguinte fórmula: estoque de C ( $t\ ha^{-1}$ ) = teor de C ( $g\ kg^{-1}$ ) x  $D_s$  x  $e/10$ , em que  $D_s$  = densidade do solo na profundidade ( $kg\ dm^{-3}$ ) e  $e$  = espessura da camada de solo (cm).

As hipóteses de normalidade dos dados foram verificadas pelo teste de Shapiro-Wilk. Os dados obtidos foram analisados pelo teste t para amostras independentes em que foram feitas comparações entre a Caatinga e a área da mangueira irrigada (linha) e a Caatinga e a área de mangueira irrigada (entrelinha), além de comparações entre os anos 2014 e 2015, para cada profundidade. Assim, os efeitos do cultivo da mangueira irrigada nos estoques de C da MOS em relação à Caatinga, para cada profundidade, e entre os dois anos avaliados (2014 e 2015), foram comparados realizando análises descritivas para obtenção de estimativas da

variância e as médias comparadas com o teste t ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade). Ressalta-se que os resultados das análises de carbono orgânico do solo não levaram em consideração a variação em profundidade nos tratamentos, mas entre os tratamentos em cada camada de solo avaliada.

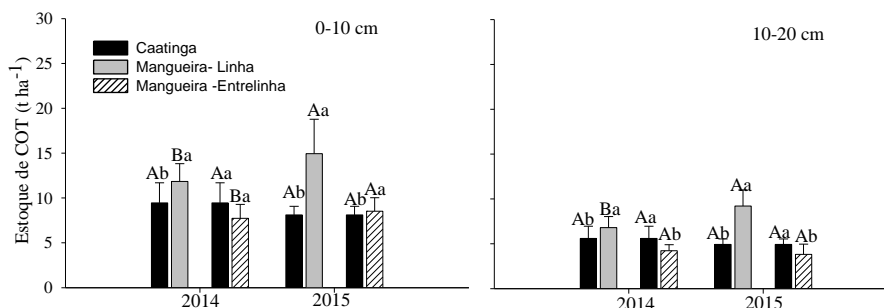
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Estoques de carbono orgânico total

Para o presente estudo, os estoques de carbono orgânico total (COT) variaram de 4,23 t ha<sup>-1</sup> (mangueira entrelinha, 10-20 cm de profundidade) e 11,85 t ha<sup>-1</sup> (mangueira linha, 0-10 cm de profundidade) (Figura 4). Os valores de densidade do solo pouco variaram entre os usos (mangueira linha: 1,51 e 1,67 kg dm<sup>-3</sup>; mangueira entrelinha: 1,72 e 1,72 kg dm<sup>-3</sup> e Caatinga: 1,56 e 1,66 kg dm<sup>-3</sup>, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente), mostrando que os teores de COT no solo apresentaram maior influência na variação dos estoques de COT. Os teores de COT variaram de 2,3 g kg<sup>-1</sup> (mangueira irrigada entrelinha, 10-20 cm de profundidade) a 9,60 g kg<sup>-1</sup> (mangueira irrigada linha, 0-10 cm de profundidade), sendo inferior aos valores médios (4,50-29,00 g kg<sup>-1</sup>) observados por Silva (2012), em Argissolo Amarelo latossólico de textura média/argilosa sob mangueira irrigada e Caatinga em Petrolina-PE. O baixo teor de argila (5,22 dag kg<sup>-1</sup>) do Neossolo Quartzarênico do presente trabalho resulta numa menor proteção física e, ou, coloidal ao C orgânico do solo devido a não formação de complexos argilo-orgânicos, culminando em pequenos estoques de COT (Tan et al., 2004). A matéria orgânica do solo é fundamental para o suprimento de nutrientes e retenção de umidade, além de influenciar os atributos físicos do solo (Cunha et al., 2005). Com isso, em virtude do forte relacionamento da matéria orgânica com outros atributos do solo de diferentes texturas, é de suma importância utilizar técnicas de manejo que contribuam para aumentar os estoques de MOS (Grigal e Vance, 2000).

Para o ano de 2014, os estoques de COT diferiram significativamente entre os usos em estudo, sendo os maiores valores observados na mangueira irrigada (linha) (11,85 e 6,80 t ha<sup>-1</sup>) quando comparados com a Caatinga (9,45 e 5,29 t ha<sup>-1</sup>), nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente (Figura 4). Por outro lado, o solo sob mangueira irrigada (entrelinha) apresentou menor estoque de COT (4,22 t ha<sup>-1</sup>) que o solo sob Caatinga (5,29 t ha<sup>-1</sup>) na camada de 10-20 cm de profundidade. Os maiores estoques de COT observados no solo sob mangueira irrigada (linha) foi devido ao acúmulo dos resíduos orgânicos na

superfície do solo provenientes das plantas de mangueira, conforme observado visualmente na área em estudo, sendo fonte de C para o solo (Costa et al., 2009; Campbell et al., 2000). Adicionalmente, anualmente, são aplicados 20 L pl<sup>-1</sup> de esterco de caprino na projeção da copa (linha de plantio).



**Figura 4.** Estoques de carbono orgânico total (COT) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de solos sob cultivo de mangueira irrigada (linha e entrelinha) e Caatinga para os anos de 2014 e 2015. Colunas seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre os usos pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). Colunas seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem entre os anos (2014-2015) pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). As barras de desvios verticais representam o desvio-padrão da média.

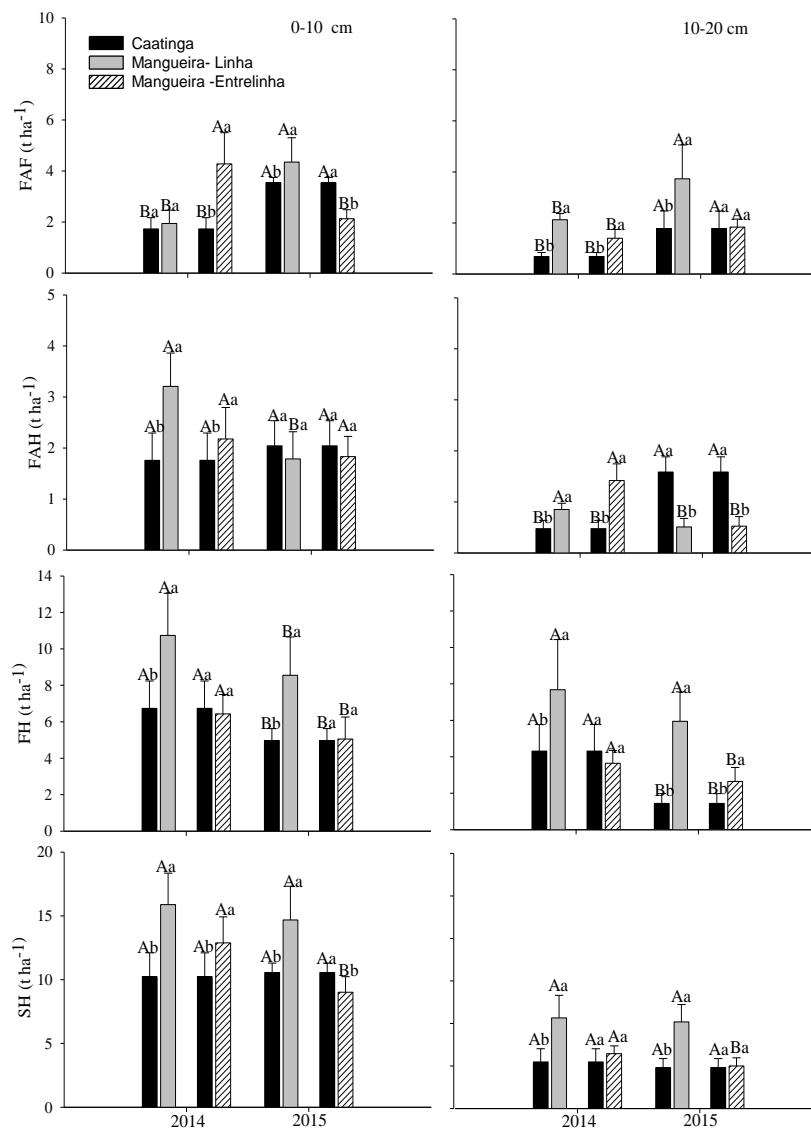
Para o ano de 2015, o solo sob mangueira irrigada (linha) também apresentou maior estoque de COT (15,04, e 9,37 t ha<sup>-1</sup>) quando comparado ao solo sob Caatinga (8,17, e 5,02 t ha<sup>-1</sup>) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente. Comportamento semelhante foi observado quando comparou-se mangueira irrigada (entrelinha) (8,59 t ha<sup>-1</sup>) com a Caatinga (8,17 t ha<sup>-1</sup>) na camada de 0-10 cm de profundidade (Figura 4). Em estudo realizado em Petrolina-PE, avaliando-se o efeito de 20 anos do cultivo de mangueira irrigada na MOS de Neossolo Quartzarênico em relação à Caatinga, Cardoso et al. (2015) observaram que o cultivo de mangueira irrigada resultou em 54,29% de aumento no COT da camada de 0-10 cm de profundidade. Os maiores estoques de COT observados na área de mangueira irrigada, quando comparados à área de Caatinga, são decorrentes do acúmulo dos resíduos orgânicos na superfície do solo advindos das plantas de mangueira e da aplicação anual de 20 L pl<sup>-1</sup> de esterco de caprino na linha de plantio, prática comumente utilizada na região do Vale do São Francisco.

Quando comparou-se o ano de 2014 com 2015, observou-se que o cultivo de mangueira irrigada (linha) resultou no aumento de 26,09% e 35,29% no COT nas camadas de

0-10 e 10-20 cm de profundidade (Figura 4). Possivelmente, a manutenção de resíduos provenientes da poda das plantas de mangueira e a aplicação anual de 20 L  $\text{pl}^{-1}$  de esterco de caprino na linha de plantio contribuiu para elevar os estoques de COT na linha de cultivo da mangueira irrigada. Em estudo realizado no Estado de Sergipe, avaliando a influência do cultivo de bananeira na MOS em relação à mata nativa, Guimarães et al. (2014) observaram que o cultivo de bananeira irrigada resultou em 14 % de aumento no COT, em virtude da incorporação dos restos culturais da cultura (folhas e pseudocaule) e do material roçado da própria área, associado ao aporte de material vegetal das espécies herbáceas.

### **Estoques de carbono nas substâncias húmicas**

Para o ano de 2014, o solo sob cultivo de mangueira irrigada (linha) apresentou maiores estoques de C nas SH (15,88 t  $\text{ha}^{-1}$ ), FH (10,73 t  $\text{ha}^{-1}$ ) e FAH (3,20 t  $\text{ha}^{-1}$ ) quando comparado ao solo sob Caatinga (SH = 10,22 t  $\text{ha}^{-1}$ ; FH = 6,73 t  $\text{ha}^{-1}$ ; FAH = 1,75 t  $\text{ha}^{-1}$ ) na camada de 0-10 cm de profundidade (Figura 5). Comportamento semelhante foi observado para os estoques de C de todas as frações húmicas comparando-se a mangueira irrigada (linha) com a Caatinga na camada de 10-20 cm de profundidade. Conforme supracitado, a deposição de resíduos e a poda, que é realizada a cada ciclo de produção, contribuiu para o aumento nos estoques de C nas frações húmicas do solo. Segundo Soareas et al. (2008), as raízes também podem contribuir para o C do solo, devido sua senescência e ciclagem, ou ainda via exsudação radicular. Em pomares de mangueira irrigada na região do Vale do São Francisco, principalmente em solos com baixa fertilidade natural, a prática de fertilização para suprir os nutrientes extraídos pela colheita resulta no incremento da produtividade primária, favorecendo o retorno de grandes quantidades de material vegetal para o solo e, conseqüentemente, aumentando os estoques de C das substâncias húmicas, conforme observado por Cardoso et al. (2015).



**Figura 5.** Estoques de C na fração ácidos fúlvicos (FAF), fração ácidos húmicos (FAH), fração huminas (FH) e substâncias húmicas (SH) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm dos solos sob cultivo de mangueira irrigada (linha e entrelinha) e Caatinga para os anos de 2014 e 2015. Colunas seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre os usos pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). Colunas seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem entre os anos (2014-2015) pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). As barras de desvios verticais representam o desvio-padrão da média.

Os estoques de C nas FAF ( $4,27 \text{ t ha}^{-1}$ ), FAH ( $2,17 \text{ t ha}^{-1}$ ) e SH ( $12,88 \text{ t ha}^{-1}$ ) observados na entrelinha do cultivo mangueira irrigada foram superiores ao da Caatinga (FAF=  $1,73 \text{ t ha}^{-1}$ ; FAH=  $1,75 \text{ t ha}^{-1}$ ; SH=  $10,22 \text{ t ha}^{-1}$ ) na camada de 0-10 cm de profundidade (Figura 5). Para a camada de 10-20 cm de profundidade, comportamento

semelhante foi observado para a FAF e FAH. Possivelmente, a presença de resíduos orgânicos provenientes das capinas mecânicas e manuais da vegetação espontânea na entrelinha de cultivo de mangueira contribuiu para elevar os estoques de C nas frações húmicas da MOS. A vegetação espontânea, por apresentar alta taxa de renovação de seu sistema radicular, pode ter contribuído para aumentar os estoques de C nessas frações húmicas na entrelinha de cultivo de mangueira irrigada. Passos et al. (2007), afirmaram que o tipo de cobertura vegetal e o manejo do solo exerce influência a composição da MO do solo.

Para o ano 2015, o solo sob cultivo de mangueira irrigada (linha) também apresentou maior estoque de C na FAF (4,34 e 3,72 t ha<sup>-1</sup>), FH (8,55 e 5,94 t ha<sup>-1</sup>) e SH (14,64 e 10,18 t ha<sup>-1</sup>) quando comparado ao solo sob Caatinga (FAF= 3,54 e 1,77 t ha<sup>-1</sup>; FH= 4,97 e 1,43 t ha<sup>-1</sup>; SH= 10,56 e 4,80 t ha<sup>-1</sup>) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente. O elevado déficit hídrico característico de ambientes Semiáridos sob vegetação de Caatinga provoca baixa produção de biomassa vegetal resultando na diminuição de aporte de resíduos orgânico no solo (Marin et al., 2006). Em contrapartida, essa restrição hídrica não acontece nos plantios de mangueira irrigados, contribuindo para elevada produção da mangueira, resultando no grande aporte de material orgânico (folhas, raízes, restos de poda) contribuindo para o aumento nos estoques de C das frações húmicas da MOS, mesmo em solos arenosos como o Neossolo Quartzarênico. Em estudo avaliando a influência de 20 anos de cultivo de mangueira irrigada nos estoques de C das frações húmicas da MOS em relação à Caatinga em Petrolina-PE, Cardoso et al. (2015) observaram que o solo sob cultivo de mangueira irrigada apresentou maiores estoques de C na FAF (1,32 t ha<sup>-1</sup>), FAH (1,82 t ha<sup>-1</sup>), FH (9,64 t ha<sup>-1</sup>) e SH (12,79 t ha<sup>-1</sup>) quando comparado ao solo sob Caatinga (FAF = 1,16 t ha<sup>-1</sup>; FAH = 1,50 t ha<sup>-1</sup>; FH = 6,09 t ha<sup>-1</sup>; SH = 8,75 t ha<sup>-1</sup>) na camada de 0-10 cm de profundidade. Comportamento semelhante foi observado para a FAF, FAH e SH na camada de 10-20 cm de profundidade.

No Vale do São Francisco, em sistema de produção com elevado nível tecnológico e alta densidade de plantio de mangueira irrigada, a poda, objetivando elevada produção, caracteriza-se uma prática de manejo realizada a cada ciclo de produção da cultura, favorecendo a deposição e manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, contribuindo para incrementar os estoques de MOS (Franzluebbers et al., 2007). A presença dos resíduos vegetais após a poda protege o solo do impacto direto das gotas da chuva, diminuindo as perdas de solo por erosão (Martins, 2005). Ademais, a manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo aumenta a disponibilidade de água e contribui para o fornecimento de nutrientes pela mineralização ao longo do tempo (Gonçalves, 2002). Além

disso, a manutenção de resíduos na superfície do solo constitui em fonte de energia para os organismos que participam da ciclagem biogeoquímica (Kiehl, 1985). Por se tratar de culturas perenes onde não se observa frequente revolvimento do solo, as áreas sob plantios de mangueira irrigada apresentam maiores estoques de C na MOS e suas frações. O não revolvimento do solo em áreas sob cultivo de mangueira irrigada favorece maior proteção física e química da MOS contra a decomposição microbiana (Grinhut et al., 2007; Silva e Mendonça, 2007).

Os estoques de C da FH foi maior que os estoques de C da FAF e FAH (Figura 5). Em estudo realizado no Vale do São Francisco sob Neossolo Quartzarênico cultivado com mangueira irrigada, Cardoso et al. (2015) também observaram maior de C na FH em relação às demais frações húmicas. Em estudo realizado no Sudoeste do Piauí sob Latossolo Amarelo distrófico com cerrado nativo, plantio convencional e plantio direto, Campos et al. (2013) observaram na camada de 0-5 cm de profundidade que o estoque de C da FH foi superior ao estoque de C das demais frações húmicas. A FH representa a fração mais humificada da MOS, contribuindo para uma maior proteção bioquímica (estabilização no solo) (Cunha et al., 2007; Silva et al., 2011). Por outro lado, em solos muito arenosos (5,22 dag kg<sup>-1</sup> de argila), como o Neossolo Quartzarênico, a FAF normalmente apresenta grande mobilidade no perfil do solo (Silva e Mendonça, 2007).

Avaliando os estoques de C das SH em solos da Amazônia, Lima (2001) observaram maiores estoques de C das FH e FAH, com menor contribuição das frações mais solúveis e móveis (FAF). A intensa humificação e a rápida mineralização da MOS pode ter contribuído para este fato. Além disso, o acúmulo da MOS pode resultar no aumento dos estoques de C dos ácidos húmicos, através do processo herança de compostos de matéria orgânica frescas, de forma similar ao que ocorreria com a humina herdada, especialmente, da lignina (Stevenson, 1994). A FH da MOS está intimamente associada à fração mineral do solo. A via de formação mais provável desta fração é por herança, que representa uma evolução direta dos compostos insolúveis lignificados, presentes na MOS ligeiramente alterada, constituindo-se fundamentalmente a humina herdada ou humina residual (Duchaufour, 1977).

Comparando-se os anos de 2014 e 2015, observa-se que não houve diferenças nos estoques de C das SH no solo sob cultivo de mangueira irrigada (linha) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade (Figura 5). O cultivo de irrigada (linha) resultou em aumento dos estoques de C da FAF (223,71 e 175,47%) e redução nos estoques de C da FAH (179,77 e 169,92%), respectivamente, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, quando comparou-se os anos de 2015 e 2014. Isso se deve as transformações dos materiais deixados



no solo (resto de podas), provavelmente, estes estão gerando estruturas menos complexas e polimerizadas, refletindo na maior proporção da FAF. O cultivo de mangueira irrigada (linha) também resultou em redução nos estoques de C da FH na camada de 0-10 cm de profundidade, quando comparou-se os anos de 2015 e 2014. Tal resultado infere quanto menos complexas e polimerizadas for o resultado da transformação do material do solo, menos materiais humificados são gerados no solo, como verificado pela diminuição da FH.

Em estudo avaliando o efeito da aplicação de compostos orgânicos no COT e C das frações húmicas da MOS em Argissolo Amarelo textura média/argilosa sob cultivo de mangueira irrigada em Petrolina – PE, Silva et al. (2016b) observaram que a aplicação de compostos orgânicos na área sob mangueira irrigada (linha) resultou em aumento nos estoques de C das frações húmicas da MOS quando comparados com a Caatinga. Os maiores aumentos foram observados para o C da FH, indicando maior estabilidade da MOS.

O estoque de C das SH no solo sob cultivo de mangueira irrigada (entrelinha) foi reduzido aproximadamente 30,5 % e 22,49 % para as camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente, no ano de 2015, sendo estes resultados inferiores quando comparados aos dados obtidos para o ano de 2014. Comportamento semelhante foi observado para a FH no solo sob mangueira irrigada (entrelinha) nas camadas supracitadas. No momento da coleta do solo em 2015, não havia sido realizada a capina das plantas espontâneas das entrelinhas, uma vez que os resíduos deixados pela capina servem como MOS, no entanto, não houve a contribuição desse material para aumentar o teor de C das SH e FH na entrelinha.

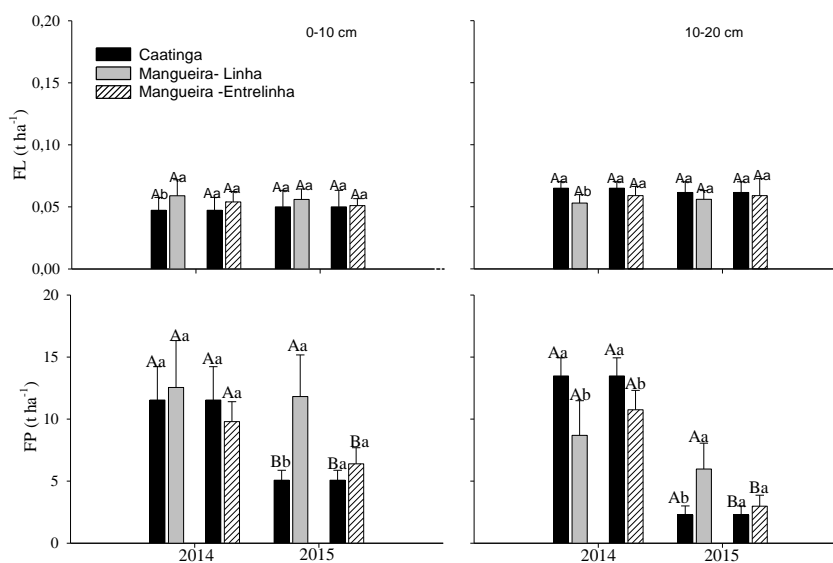
Valores superiores à unidade na relação  $C_{FAH}/C_{FAF}$  indicam a predominância de polimerização da matéria orgânica (Souza e Melo, 2000), podendo ser considerada um índice de humificação da MOS. O cultivo de mangueira irrigada (linha) apresentou valor médio da relação  $C_{FAH}/C_{FAF}$  (1,81 e 1,14, dado não apresentado) superior ao do solo sob Caatinga apenas em 2015 (1,09 e 0,23) somente na camada de 0-10 cm de profundidade, para os anos 2014 e 2015 respectivamente. Isto indica que as condições ambientais da região e o manejo da área com mangueira na linha de plantio contribuíram para humificação, sintetizando FAH em detrimento da FAF na camada mais superficial do solo, corroborando informações de Ortega (1983). De acordo com Orlov (1998), o incremento da FAH pode indicar a melhoria da qualidade do húmus do solo ou do incremento da atividade biológica, que resulta na síntese de substâncias húmicas mais condensadas. Ebeling et al. (2013), ao avaliarem o estoque de C nas frações húmicas da MOS de amostras de Organossolo de diferentes regiões do Brasil, também observaram que os valores da relação  $C_{FAH}/C_{FAF}$  foram maiores do que 1 e concluíram que as condições ambientais favoreciam a estabilização do C na FAH. Para as condições Semiáridas

do Vale do São Francisco sob a linha de plantio (projeção da copa) de mangueira irrigada, possivelmente o clima associado ao aporte e a qualidade do resíduo vegetal, além do não revolvimento frequente do solo, favoreceram o processo de humificação da MOS, resultando em valores superiores da relação  $C_{FAH}/C_{FAF}$  na camada mais superficial do solo sob mangueira em relação à Caatinga.

O solo sob cultivo de mangueira irrigada (linha) apresentou maior valor médio da relação  $C_{FH}/(C_{FAF}+C_{FAH})$  (2,17 e 2,41) em relação ao solo sob Caatinga (1,96 e 0,46), apenas na camada de 0-10 cm de profundidade (dado não apresentado), indicando uma maior estabilidade estrutural da matéria orgânica do solo sob mangueira nessa camada (Labrador-Moreno, 2002). Valores da relação  $C_{FH}/(C_{FAF}+C_{FAH})$  maiores que a unidade indicam a polimerização da matéria orgânica no sentido dos ácidos fúlvicos para huminas (Pizauro Junior e Melo, 1995). Assim, os efeitos da mudança no tipo de uso do solo, de Caatinga para mangueira irrigada, em relação à estabilidade estrutural da MOS ficaram restritos à camada mais superficial do solo na linha de plantio. Isto confirma que, o acúmulo de resíduos orgânicos na linha de plantio da mangueira, contribuíram para a maior proporção dos componentes de maior peso molecular na camada superficial do solo, confirmando a presença de MOS de maior estabilidade. A humina, entre as frações húmicas, é a fração que apresenta estrutura molecular mais complexa e massa molar superior a dos ácidos húmicos e fúlvicos (Silva e Mendonça, 2007).

### **Estoques de carbono na fração leve e pesada**

Na figura 6 são apresentados os valores dos estoques de C da fração leve (FL) e fração pesada (FP) da MOS no solo sob cultivo de mangueira irrigada (linha e entrelinha) e Caatinga nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade para os anos de 2014 e 2015.



**Figura 6.** Estoques de C na fração leve (FL) e na fração pesada (FP) da matéria orgânica do solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm dos solos sob cultivo de mangueira irrigada (linha e entrelinha) e Caatinga para os anos de 2014 e 2015. Colunas seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre os usos pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). Colunas seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem entre os anos (2014-2015) pelo teste t de Student ( $\alpha = 5\%$  de probabilidade de erro). As barras de desvios verticais representam o desvio-padrão da média.

Para o ano de 2014, o estoque de C da FL da MOS foi maior no solo sob cultivo de mangueira irrigada (linha,  $FL = 0,059 \text{ t ha}^{-1}$ ), na camada de 0-10 cm de profundidade, em relação ao solo sob Caatinga ( $FL = 0,05 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Figura 6). Em estudo realizado no Vale do São Francisco sob Neossolo Quartzarênico cultivado com mangueira irrigada, Cardoso et al. (2015) também observaram maior estoque da FL na camada de 0-10 cm de profundidade quando comparado ao solo sob Caatinga. O aumento no estoque de C da FL na camada superficial no solo sob mangueira irrigada (linha) em relação à Caatinga, se deve a maior deposição de resíduos que ocorre na superfície do solo. Apesar do estoque de C da FL ser frequentemente inferior a outras frações da MOS mais estáveis, ela representa o compartimento da MOS com rápida ciclagem, favorecendo a atividade da biota do solo (Silva e Mendonça, 2007). Segundo Six et al. (2002), a quantidade e a qualidade de resíduos depositados no solo influencia fortemente a FL da MOS, sendo composta basicamente por resíduos vegetais parcialmente decompostos. Assim, a FL da MOS pode ser utilizada como indicador sensível para detectar mudanças na qualidade do solo com diferentes usos e

manejos (Wu et al., 2004), apesar de nem sempre, esse maior estoque de C da FL ser observado (Leifeld e Kögel-Knabner, 2005).

Não foi observado diferença nos estoques de C da FL quando comparou-se o solo sob mangueira irrigada (entrelinha) com o solo sob Caatinga. Para o ano de 2015, comportamento semelhante foi observado para o solo sob mangueira irrigada (linha e entrelinha) em relação ao solo sob Caatinga nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade (Figura 6).

Não foram observados diferença nos estoques de C da FP da MOS entre o solo sob mangueira irrigada (linha e entrelinha) e o solo sob Caatinga nos primeiros 10 cm de profundidade do solo, no ano de 2014 (Figura 6). Por outro lado, os estoques de C da FP foi menor no solo sob mangueira irrigada (linha e entrelinha) em relação ao solo sob Caatinga na camada de 10-20 cm profundidade.

Resultados opostos foram observados para o ano de 2015, onde o solo sob cultivo de mangueira (linha) apresentou maior estoque de C na FP ( $11,90 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $5,83 \text{ t ha}^{-1}$ ) quando comparado ao solo sob Caatinga ( $5,11 \text{ t ha}^{-1}$  e  $2,32 \text{ t ha}^{-1}$ ) nas camadas de 0-10 e 10-20 cm profundidade, respectivamente. Por ser mais estável às mudanças decorrentes do manejo, devido sua íntima associação com a fração mineral do solo, principalmente com a fração argila, a FP torna-se importante no acúmulo de MOS (Freixo et al., 2002; Baldock e Nelson, 2000). Em estudo realizado na região de Machado-MG, Rangel (2006) também observou que a área com o cultivo de café proporcionou aumento no estoque de C da FP da MOS em relação à área sob mata nativa. Em estudo comparando o efeito do cultivo de mangueira irrigada nas frações da MOS em relação à Caatinga em Petrolina-PE, Cardoso et al. (2015) também observaram maiores estoques de C na FP no solo sob mangueira irrigada (linha) em relação à Caatinga na camada de 0-10 cm de profundidade. Não houve diferença nos estoques de C da FP da mangueira irrigada (entrelinha) quando comparado à Caatinga nas duas camadas de solo avaliadas.

Comparando-se os anos 2014 e 2015, observa-se que não houve diferenças nos estoques de C da FL da MOS no solo sob mangueira irrigada (linha e entrelinha) nas camadas de 0-10 e 10-20 de profundidade (Figura 6). Comportamento semelhante foi observado para o estoque de C na FP no solo sob mangueira irrigada (linha) nos 10 primeiros centímetro de profundidade. Por outro lado, os estoques de C da FP no solo sob mangueira irrigada (entrelinha) foi menor no ano de 2015 quando comparado ao ano 2014 nas duas camadas de solo avaliadas.

## CONCLUSÕES

1. O efeito do cultivo de mangueira irrigada nos estoques de carbono orgânico total e carbono das frações da matéria orgânica do solo em relação à Caatinga é influenciado pelo ponto de coleta das amostras de solo (linha e entrelinha de plantio).
2. O cultivo de mangueira irrigada, em área anteriormente ocupada por Caatinga, promove maior estoque de carbono orgânico total, carbono da fração humina e substâncias húmicas nas amostras coletadas na linha de plantio, nos anos de 2014 e 2015.
3. Comparando-se o ano de 2015 com 2014, o cultivo de mangueira irrigada (linha de plantio) promove aumento de 26,09% e 35,29% no carbono orgânico total nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, respectivamente.
4. Na região do Vale do Submédio São Francisco, o aumento nos estoques de carbono das frações da matéria orgânica do solo ficou mais restrito à linha de plantio do cultivo de mangueira irrigada em relação à Caatinga.

## REFERÊNCIAS

- Albuquerque JAS, Medina VD, Mouco MAC. Indução floral. In: Genú PJC, Pinto ACQ, editores. A cultura da mangueira. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; 2002. p.259-276.
- Alvarez VVH, Ribeiro AC. Calagem. In: Ribeiro AC, Guimarães PTG, Alvarez VVH, editores. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. Aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p.43-60.
- Arcoverde SNS, Salviano AM, Olszewski N, Melo SBD, Cunha TJF, Giongo V, Pereira JDS. Physical Quality of Soils in Agricultural Use in the Semiarid Region of the State of Bahia. R. Bras Ci Solo, 2015;39:1473-1482.
- Baldock, JÁ, Nelson, PN. Soil organic matter. In: SUMNER, M E. (Ed.). Handbook of soil science. : CRC Press, 2000; 25-84.
- Bayer C, Mielniczuk J, Amado TJC, Martin-Neto L, Fernandes SA. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. Soil Till Res. 2000;54:101-9.
- Benites, VM, Madari, B, Machado, PLO. A Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003; 7.

- Benites, VM, Moutta, R, Coutinho, HL, Balieiro, F. Análise discriminante de solos sob diferentes usos em área de mata atlântica a partir de atributos da matéria orgânica. R. Árvore. 2010;685-690.
- Campbell CA, Zentner RP, Selles F, Biederbeck VO, Mcconkey BG, Blomert B, Jefferson P G. Quantifying short-term effects of crop rotations on soil organic carbon in southwestern Saskatchewan. Can J Soil Sci. 2000; 80:193-202.
- Campos, LP, Leite, LFC, Maciel, GA, Brasil, EL, Iwata, BF. Estoques e frações de carbono orgânico em Latossolo Amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo. Pesq. Agropec. Bras. 2013:304-312.
- Cardoso, JAF, Lima, AMN, Cunha, TJJ, Rodrigues, MS, Hernani, LC, Amaral, AJD, Oliveira Neto, MBD. Organic matter fractions in a quartzipsamment under cultivation of irrigated mango in the lower são francisco valley region, Brazil. R. Bras. Ci. Solo.2015;39:1068-1078.
- Carneiro, MAC, Souza, ED, REIS, EF., PEREIRA, HS, Azevedo, WC. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. R. Bras. Ci. Solo.2009.147-157.
- Cepea. Centro de estudos avançados em economia aplicada. Dezembro de 2014/Janeiro de 2015 -Hortifruti Brasil [internet]. [acesso em 10 jan 2016]. Disponível em: <http://www.cepea.org.br/hfbrasil/edicoes/141/manga.pdf>.
- Costa, TCC; Oliveira, MAJ, Accioly,LJO, Silva, FHBB.Análise da degradação da Caatingano núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). Rev. bras. eng. agríc. ambient. 2009; 13:961-974.
- Cunha, TJJ, Canellas, LP,Santos, G de A, Ribeiro, LP.Fracionamento da matéria orgânica humificada de solos brasileiros. In:Canellas, LP, Santos, G. de A. (Ed.). Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes: UENF, 2005. Cap. 3, p. 54-80.
- Cunha TJJ, Madari BE, Benites VM, Canellas LP, Novotny EH, Moutta RO, Trompowsky P, Santos GA. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte A Antrópico da Amazônia (Terra Preta). Acta Amaz. 2007; 37:91-8.
- Claessen MEC, Barreto WO, Paula JL, Duarte MN. Manual de métodos de análise de solo. 2ª.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos; 1997.
- Demolinari, MSM, Silva, IR, Lima, AMN, Vergutz, L, Sá Mendonça, E. Efeito da solução de separação densimétrica na quantidade e qualidade da matéria orgânica leve e na quantificação do carbono orgânico da fração pesada. R. Bras. Ci. Solo. 2008 :871-879.
- Damatto Júnior ER, Villas Bôas RL, Leonel S, Fernandes DM. Alterações em propriedades de solo adubado com doses de composto orgânico sob cultivo de bananeira. Rev Bras Frutic. 2006;28:546-9.
- Duchaufour P. Pedology. London: George Allen, Unwin Publication; 1977.

- Ebeling AG, Anjos LHC, Pereira MG, Valladares GS, Pérez DV. Substâncias húmicas e suas relações com o grau de subsidência em Organossolos de diferentes ambientes de formação no Brasil. *R Ci Agron.* 2013; 44: 225-33.
- Franzluebbers AJ, Schomberg HH, Endale DM. Surface-soil responses to paraplowing of longterm no tillage cropland in the Southern Piedmont - USA. *Soil Till Res.* 2007; 96: 303-15.
- Freixo, AA.; Machado PLOA.; Guimarães CM.; Silva CA. Fadigas FS. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. *R. Bras. Ci. Solo.*2002; 26:425-464.
- Giongo V, Galvão SRS, Mendes AMS, Gava CAT, Cunha TJF. Soil organic carbon in the Brazilian semi-arids tropics. *Dyn Soil Dyn Plant.* 2011;5:12-20.
- Gonçalves JLM. Conservação do solo. In: Gonçalves JLM, Stape JL, editores. *Conservação e cultivo de solos para plantações florestais.* Piracicaba: IPEP; 2002. p.47-129.
- Guimarães, DV.; Gonzaga, ME, Melo Neto, JO. Manejo da matéria orgânica do solo e estoques de carbono em cultivos de frutas tropicais. *R. Bras. Eng. Agríc. Amb.* 2014;18:301–306.
- Grinhut, T, Hadar, Y, Chen, Y. Degradation and transformation of humic substances by saprotrophic fungi: processes and mechanisms. *Fungal Biology Reviews.* 2007; 21:179-189.
- Grigal DF, Vance ED. Influence of soil organic matter on forest productivity. *J For Sci.* 2000;30:169-205.
- Haynes RJ. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils. *Adv Agron.* 2005;85:221-68.
- Horwath W. Carbon cycling: the dynamics and formation of organic matter. In: Paul EA, editor. *Soil microbiology, ecology and biochemistry.* 4th ed. New York: Academic Press;. p.339-82, 2015.
- Kiehl, EJ. Fertilizantes orgânicos. São Paulo, Agronômica Ceres, p.492. 1985
- Labrador Moreno, J. La matéria orgânica em los agrosistemas. Madri: Ministéria Agricultura, 1996.
- Labrador-Moreno J. La materia orgánica en los agrosistemas. Madrid: Mundi-Prensa Libros; 2002.
- Leifeld J, Kögel-Knabner I. Soil organic matter fractions as early indicators for carbon stock changes under different land-use. *Geoderma.* 2005;124:143-55.
- Lima HN. Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental [tese]. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; 2001.

Maia SMF, Xavier FAS, Oliveira TS, Mendonça ES, Araújo Filho JA. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. *Rev Árvore*. 2006;30:837-48. doi:10.1590/S0100-6762200600050001.

Marin AMP, Menezes RSC, Silva ED, Sampaio EVSB. Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no agreste paraibano. *R Bras Ci Solo*. 2006;30:555-64.

Martins SG. Erosão hídrica em povoamento de eucalipto sobre solos coesos nos Tabuleiros Costeiros-ES [tese]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2005.

Orlov DS. Organic substances of Russian soils. *Eur Soil Sci*. 1998;31:946-53.

Ortega FS. El humus de los suelos de Cuba: I. Suelos derivados de esquistos ácidos. *Ci Agric*. 1983;17:63-89.

Passos, RR, Ruiz, HÁ, Mendonça, ES.; Cantaruutti, RB.; Souza, AP. Substâncias húmicas, atividade microbiana e carbono orgânico lábil em agregados de um latossolo vermelho didtrófico sob duas coberturas vegetais. *R Bras Ci Solo*. 2007;31: 1119-1129.

Pizauro Junior JM, Melo WJ. Influência da incorporação da parte aérea de sorgo ou lab-lab nas frações da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho-Escuro. *R Bras Ci Solo*. 1995;19:95-103.

Rangel OJP. Estoques e frações da matéria orgânica e suas relações com o histórico de uso e manejo de Latossolos [tese]. Lavras-MG: Universidade Federal de Lavras; 2006.

Santos, HG, Almeida, JÁ, Oliveira, JB, Lumbrreras, JF, Anjos, LHC, Coelho, MR, Jacomine, PKT, Cunha, TJF, Oliveira, VA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 3ª Edição, Embrapa. 353p. 2013.

Silva IR, Mendonça ES. Matéria orgânica do solo. In: Novais RF, Alvarez V VH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti RB, Neves JCL, editores. *Fertilidade do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2007. p.274-374.

Silva, JR. Frações da matéria orgânica do solo devido ao uso de compostos orgânicos em um argissolo amarelo no semiárido brasileiro. Dissertação [Mestrado em Ciências do Solo]. Mossoró-RN: Universidade Federal Rural do Semárido; 2012.

Silva, EF, Lourente, EPR, Marchetti, ME, Mercante, FM, Ferreira, AKT, Fujii, GC. Frações lábeis e recalitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. *Pesq. Agropec. Bras*. 2013;1321-1331.

Silva, MJR, Jesus, PRR, Anjos, JMC, Machado, M, Ribeiro, VG. Caracterização agrônômica e pós-colheita das bananeiras ‘Maravilha’ e ‘Preciosa’ no Submédio do Vale São Francisco. *Ceres*. 2016a. 63.

Silva, JR, Silva, DJ., Gava, CAT., Oliveira, TCTD; Freitas, MSCD. Carbon in Humic Fractions of Organic Matter in Soil Treated with Organic Composts under Mango Cultivation. *R. Bras. Ci. Solo*. 2016b. 40.



Six J, Conant RT, Paul EA, Paustian K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant Soil*. 2002;241:155-76.

Soares, BEM, Silva, CA, Dias, BO, Bettiol, W, Belizário, MH. Frações da matéria orgânica de Latossolo sob influência de doses de lodo de esgoto. *Pesq. Agropec. Bras*. 2008;1231-1240.

Sohi, SP, Mahieu, N, Arah, JRM, Powlson, DS, Madari, B, Gaunt, JLA procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 2001:1121-1128.

Souza WJO, Melo WJ. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. *R Bras Ci Solo*. 2000;24:885-96.

Stevenson FJ. *Humus chemistry: Genesis, composition and reactions*. 2nd.ed. New York: John Wiley & Sons; 1994.

Swift, RS. Organic matter characterization. In: Sparks, DL, Page, AL, Helmke, PA, Loeppert, RH, Soltanpour, PN, Tabatabai, MA, Johnston, CT, Sumner, ME. Ed.. *Methods of soil analysis*. Madison: Soil Science Society of America: American Society of Agronomy. 1996:1011-1020.

Tan, ZX, Lal, R, Smeck, NE, Calhoun, FG. Relationships between surface soil organic carbon pool and site variables. *Geoderma*, 2004;121:187-195.

Tivet F, Sá JCM, Lal R, Borszowski PR, Briedis C, Santos, JB, Sá MFM, Hartman DC, Eurich G, Farias A, Bouzinac S, Séguy L. Soil organic carbon fraction losses upon continuous plow-based tillage and its restoration by diverse biomass-C inputs under no-till in sub-tropical and tropical regions of Brazil. *Geoderma*. 2013;209-210: 214-25.  
doi:10.1016/j.geoderma.2013.06.008I.

Wu T, Schoenau JJ, Li F, Qian P, Malhi SS, Shi Y, Xu F. Influence of cultivation and fertilization on total organic carbon and carbon fractions in soils from the Loess Plateau of China. *Soil Till Res*. 2004;77:59-68.

Yeomans, JC, Bremner, JM. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Comm. Soil. Sci. Plant Anal*. 1988;13:1467-1476.

Johnson, DW, Curtis, PS. Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *For. Ecol. Manag*. 2001;140:227-238.

## 5. CONCLUSÕES GERAIS

1. O cultivo de mangueira irrigada promove poucas alterações nos atributos físicos do solo em área anteriormente ocupada por Caatinga, aumentando o grau de floculação e a porosidade total, principalmente na linha de plantio e na camada mais superficial do solo.
2. O cultivo de mangueira irrigada promove, de forma generalizada, aumento nos teores de macro e micronutrientes no solo em relação à Caatinga, principalmente na linha de plantio (projeção da copa da mangueira).
3. O cultivo de mangueira irrigada, em área anteriormente ocupada por Caatinga, favorece maior estoque de carbono orgânico total, carbono da fração humina e substâncias húmicas na linha de plantio.

## 6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, T. J. A.; MONTEIRO, M. S. L. Modelo agrícola e desenvolvimento sustentável: a ocupação do Cerrado piauiense. **Ambiente e Sociedade**, v. 8, n. 2, p. 1-18, 2005.
- AMARAL, A. J.; HERNANI, L.; OLIVEIRA NETO, M. B.; CUNHA, T. J. F., de MACEDO, J. R., ACCIOLY, L. D. O., MELO, A. D. S. **Aspectos de manejo de solos frágeis em perímetros irrigados da região Nordeste: ênfase em Neossolo Quartzarênico**. Embrapa Solos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E). 2016.
- ANDREWS, S.S.; KARLEN, D.L.; MITCHELL, J.P. **Acomparison of soil quality indexing methods for vegetableproduction systems in Northern California**. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.90, n.1, p.24-45, 2002.
- ARAÚJO, G. J. F.; SILVA, M. M. Crescimento econômico no Semiárido brasileiro: o caso do polo frutícola Petrolina/Juazeiro. **Caminhos de geografia**, v. 14, n. 46 p. 246–264, 2013.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. ; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil and tillage research**, v. 86, n. 2, p. 237-245, 2006.
- BERNARDI, A. D. C., TAVARES, S. D. L., MACHADO, P. D. A., MADARI, B., CRISOSTOMO, L., CAMPOS, D. **Fertilidade do solo e estoques de carbono e nitrogênio de um Neossolo Quartzarênico sob cultivo de fruteiras irrigadas na região nordeste do Brasil**. *Embrapa Solos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)*. 2004.
- BOCKARI-GEVAO, S. M.; ISMAIL, W. I. W.; YAHYA, A.; SUNG, C. T. B. A modified soil tilth index and its relationship with rice yield. **Science Asia**, v. 32, n. 1, p.25- 30, 2006.
- BRONICK, C. J; LAL, R. Soil Structure and management: a review. **Geoderma**, v. 124, n. 1, p. 3-22, 2005.
- CARDOSO, J. A. F.; LIMA, A. N.; CUNHA, T. J. F.; RODRIGUES, M. S.; AMARAL, A. J.; OLIVEIRA-NETO, B. N. Organic matter fractions in a quartzipsamment under cultivation of irrigated mango in the lower são francisco valley region, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, p. 1068-1078, 2015.

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

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Dezembro de 2014/Janeiro de 2015 -**HORTIFRUTI BRASIL** [internet]. [acesso em 10 jan 2016]. Disponível em: <http://www.cepea.org.br/hfbrasil/edicoes/141/manga.pdf>.

CERRI, C. E. P.; GALDOS, M. V.; CARVALHO, J. L. N.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Quantifying soil carbon stocks and greenhouse gas fluxes in the sugarcane agrosystem: point of view. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 5, p. 361–368, 2013.

CHAVES, A. A. A.; LACERDA, M. P. C.; GOEDERT, W. J.; RAMOS, M. L. G.; KATO, E. Indicadores de qualidade de Latossolo Vermelho sob diferentes usos. Pesquisa **Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 446-454, 2012.

CHAVES, L. H. G.; TITO, G. A.; CHAVES, I. B.; LUNA, J. G.; SILVA, P. C. M. Propriedades químicas do solo aluvial da ilha de assunção – Cabrobó (Pernambuco). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 431-437, 2004.

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 777-788, 2005.

CORRÊA, R. M.; FREIRE, M. B. G. S.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, F. J.; PESSOA, L. G. M.; MIRANDA, M. A.; MELO, D. V. M. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no Semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 02, p. 305-314, 2009.

CUNHA, T. J. F.; BASSOI, L. H.; SÁ, I. B.; TAURA, T. A. **Uso atual e ocupação dos solos na margem direita do rio São Francisco em municípios do Estado da Bahia**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. 29p.

DANTAS, J. D. N.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ASSIS, C. P. Qualidade de solo sob diferentes usos e manejos no Perímetro Irrigado Jaguaribe/Apodi, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 18-26, 2012.

DE LA ROSA, D.; SOBRAL, R. **Soil quality and methods for its assessment**. 167-200p. In: BRAIMOH, A. K.; VLEK, P. L. G. **Land use and soil resources**. Springer Netherlands, p. 167-200, 2008.

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

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

ESWARAN, H.; LAL, R.; REICH, P. F. **Land degradation: an overview**. In: BRIDGES, E. M.; HANNAM, I. D.; OLDEMAN, L. R.; PENING DE VRIES, F. W. T.; SCHERR, S. J.; SOMPATPANIT, S. (Ed.). *Responses to land degradation*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LAND DEGRADATION AND DESERTIFICATION, 2., 2001, Khon Kaen. Proceedings. New Delhi: Oxford Press, 2001.

Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. **FAO, 2014**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostatgateway/go/to/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 10 agosto 2015. 2014

FARIA, C. M. B.; SILVA M. L.; SILVA D. J. **Alterações em características de solos do Submédio São Francisco sob diferentes sistemas de cultivo**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. 36p.

FONTANA, A.; DA SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; DE BRITO, R. J.; DE MELO BENITES, V. Avaliação dos compartimentos da matéria orgânica em área de Mata Atlântica. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 3, p. 545-550, 2011.

FRANZLUEBBERS, A. J. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. **Soil & Tillage Research**, v. 66, n. 2, p. 95-106, 2002.

GATIBONI, L. C.; SAGGIN, A.; BRUNETTO, G.; HORN, D.; FLORES, J. P. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S. Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 283-290, 2003.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. **Indicadores Físicos e Químicos de Qualidade de Solo de Interesse Agrícola.**: Embrapa Meio Ambiente, p. 6, 2006.

GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. A. Métodos químicos e físicos. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. Eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo ecossistemas tropicais e subtropicais.** Gênese, 49, 1999.

GUIMARÃES, D. V.; GONZAGA, M. I.; MELO NETO, J. D. O. Management of soil organic matter and carbon storage in tropical fruit crops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 183, p.301-306. 2014.

HARMAND, J. M.; ÁVILA, H.; DAMBRINE, E.; SKIBA, U.; DE MIGUEL, S.; RENDEROS DURAN, R. V.; OLIVER, R.; JIMENEZ, F.; BEER, J. Nitrogen dynamics and soil nitrate retention in a Coffea arábica - Eucalyptus deglupta agroforestry system in Southern Costa Rica. **Biogeochemistry**, v. 85, n. 2, p. 125-139, 2007.

HAUFF, S. N. **Representatividade do Sistema Nacional de Unidades de Conservação na Caatinga.** PNUD - Programa das nações unidas para o desenvolvimento. Projeto BRA/00/021: Brasília Setembro 2010.

HAYES, M. H. B. **Humic substances: Progress towards more realistic concepts of structures.** In: DAVIES, G.; GHABBOUR, E.A. Eds. Humic substances: Structures, properties and uses. Cornwall, MPG Books, p. 1-27, 1998.

IPCC. International Panel on Climate Change, Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p.821-832, 2003.

LÜTZOW, M. VON; KÖGEL-KNABNER, I.; EKSCHMITT, K.; FLESSA, H.; GUGGENBERGER, G.; MATZNER, E.; MARSCHNER, B. Som fractionation methods: relevance to functional pools and to stabilization mechanisms. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 39, n. 9, p. 2183– 2207, 2007.

MACHADO, L. V.; RANGEL, O. J. P.; MENDONÇA, E. S.; MACHADO, R. V.; FERRARI, J. L. Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Coffee Science**, v. 9, n. 3, p. 289-299, 2014.

MACHADO, J. L.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; SCAPIM, C. A. Inter-relações entre as propriedades físicas e o coeficientes da curva de retenção de água de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 495-502, 2008.

MAIA, C. M. B. F; PARRON,L. M. **Matéria orgânica como indicador da qualidade do solo e da prestação de serviços ambientais**. Embrapa Brasília, DF 2015.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p.1177-1182, 2000.

MARTINEZ-SALGADO, M. M.; GUTIERREZ-ROMERO, V.; JANSENS, M.; ORTEGA-BLU, R. **Biological soil quality indicators**: a review. In: MENDEZ-VILAS, A. (Ed.). Current research, technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology. [Badajoz]: Formatex Research Center, 2010. p. 319–328. (Microbiology book series, 2).

MATIAS, S. S.; CORREIA, M. A.; CAMARGO, L. A.; DE FARIAS, M. T.; CENTURION, J. F.; NÓBREGA, J. C. Influência de diferentes sistemas de cultivo nos atributos físicos e no carbono orgânico do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 4, p. 414-420, 2012.

MAZURANA, M.; LEVIEN, R.; MÜLLER, J.; CONTE, O. Sistemas de preparo de solo: alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 35,p. 1197-1206, 2011.

MENDES, A. M. S.; DUDA, G. P.; NASCIMENTO, C. W. A.; LIMA, J. A. G.; MEDEIROS, A. D. L. Acúmulo de metais pesados e alterações químicas em Cambissolo cultivado com meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, N. 8, p. 791-796, 2010.

MENDONÇA, L. A. R.; VÁSQUEZ, M. A. N.; FEITOSA, J. V.; OLIVEIRA, J. F.; FRANCA, R. M.; VÁSQUEZ, E. M. F.; FRISCHKORN, H. Avaliação da capacidade de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 89-98, 2009.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N.; VIEIRA, F. B. M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem

no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2461-2470, 2008.

MIELNICZUK, J. **Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, p.1-5, 2008.

MOÇO, M. K. S.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; MACHADO, R. C. R.; BALIGAR, V. C. Soil and litter fauna of cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. **Agroforestry Systems**, Dordrecht. v. 76, n. 1, p. 127–138, 2009.

MOREIRA, F.M.S. SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

MÜLLER, J.; LEVIEN, R.; TREIN, C.R.; SEQUINATTO, L. MAZURANA, M. STÜRMER, S.D.K. KLÖCKNER, S.L. PIETRZACKA, R. Atributos físicos e químicos de um Argissolo Vermelho, em pomar orgânico de citros com manejo da vegetação nas entrelinhas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1127-1134, 2011.

OLIVEIRA, V. A.; CAMPOS, M. C. C.; SOARES, D. R.; AQUINO, R. E.; JÚNIOR, J. M.; NASCIMENTO, E. P. Variabilidade espacial de atributos físicos em um cambissolo háplico, sob diferentes usos na região sul do Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 4, p. 1103-1112, 2013.

PAULA, B. V. D.; LIMA, A. C.; CASALINHO, H. D.; BUSS, R. B.; RIBES, R., RIBEIRO, T. R. Diagnóstico da qualidade do solo sob cultivo de pêssego em agroecossistemas de base familiar. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v.114, 2015.

PEGORARO, R. F.; DA SILVA, I. R.; DE NOVAIS, R. F.; DE BARROS, N. F., FONSECA, S.; DAMBROZ, C. S. Estoques de carbono e nitrogênio nas frações da matéria orgânica em Argissolo sob eucalipto e pastagem. **Ciência Florestal**, v.21, n. 2, p.261-273, 2011.

PILLAR, V. D.; TORNQUIST, C. G.; BAYER, C. The southern Brazilian grassland biome: soil carbon stocks, fluxes of greenhouse gases and some options for mitigation. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 3, p. 673–681, 2012.



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.1-13. 2011.

ROMANYÀ, J.; SERRASOLSES, I.; VALLEJO, R. V. **Indicators for soil quality: defining a framework to measure soil quality**. In: CANALS, L. M.; BASSON, L.; CLIFT, R.; MÜLLER-WENK, R.; BAUER, C.; HANSEN, Y.; BRANDÃO, M. (Ed.). Expert workshop on definition of best indicators for biodiversity and soil quality for Life Cycle Assessment (LCA). Proceedings Guildford: Centre for Environmental Strategy, University of Surrey,. p12-16, 2006.

ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. de A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 86 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38820/1/LV20023.pdf>>.

REEVES, D. W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil & Tillage Research**, v. 43, n. 2, p. 131-167, 1997.

SANTOS, L.; LACERDA, J. J. J.; ZINN, Y. L. Partição de substâncias húmicas em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 4, p. 955-968, 2013 a.

SANTOS, D. C. ; FARIAS, M. D. O.; LIMA, C. L. R.; KUNDE, R. J.; PILLON, C. N.; FLORES, C. A. Fracionamento químico e físico da matéria orgânica de um argissolo vermelho sob diferentes sistemas de uso. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 43, n. 5, p. 838–844, 2013 b.

SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; SILVA, E. M.; SILVEIRA, P. M.; BECQUER, T. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1339-1348, 2011.

SILVA, V.R.; REICHERT, J.M.; STORCK, L. ;FEIJÓ, S.Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. **Revista Brasileira. Ciência de solo. Solo**, v.27,p.1013-1020, 2003.

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. (ED.). Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 275-374, 2007.

SILVA, E. D.; 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**, v.46, p.1321-1331., 2011.

SMAGIN, A. V.; BOT, A.; BENITES, J. The effect of organic matter on the water-retention capacity of soils. **Eurasian Soil Science**, v. 37, n. 3, p. 267-275, 2004.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MOREIRA, L. F. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1763-1771, 2004.

SPAGNOLLO, E. **Dinâmica da matéria orgânica em agroecossistemas submetidos a queima e manejos dos resíduos culturais**. 210f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

STEVERSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2 ed New York: John Willey, 1994, 496p.

TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; RUGGIERO, C. Alterações em alguns atributos químicos do solo decorrentes da irrigação e adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 684-689, 2001.

TOMAZI, M. **Estabilidade da matéria orgânica em Latossolos do Cerrado sob sistemas de uso e manejo**. 120 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

VAZ, L. M. S.; GONÇALVES, J. L. M. Uso de biossólidos em povoamento de eucalipto: efeito em atributos químicos do solo, no crescimento e na absorção de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 3, p.747-758, 2002.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M.P.; MEDICI, L.O.; SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 14-20, 2014.

ZECH, W.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIAN, T. M.; MILTNER, A. ; SCHROTH, G. Factors controlling humification and

mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v. 79, n. 4, p. 117-161, 1997.