



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA**

**SIDILEIDE SANTANA MENEZES**

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM SISTEMAS ORGÂNICOS DE  
PRODUÇÃO NA REGIÃO DO AGRESTE BAIANO**

Cruz das Almas - BA

2018

**SIDILEIDE SANTANA MENEZES**

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM SISTEMAS ORGÂNICOS DE  
PRODUÇÃO NA REGIÃO DO AGRESTE BAIANO**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao Colegiado de Graduação de Tecnologia em Agroecologia do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnóloga em Agroecologia.

Orientador: Júlio César Azevedo Nóbrega  
Co-orientadora: Fabiane Pereira Machado Dias

Cruz das Almas - BA

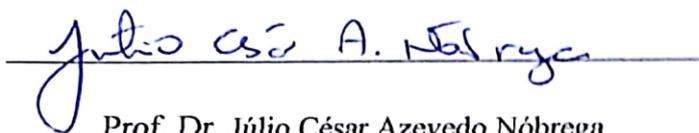
2018

SIDILEIDE SANTANA MENEZES

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM SISTEMAS ORGÂNICOS DE  
PRODUÇÃO NA REGIÃO DO AGRESTE BAIANO**

Monografia defendida e aprovada pela banca examinadora

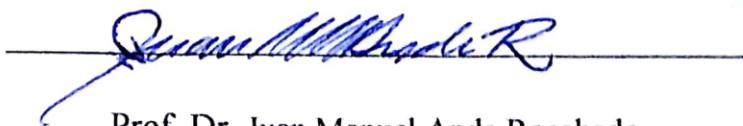
Aprovada em 27/03/2018



Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB



MSc. Fabiane Pereira Machado Dias  
Universidade Federal de Goiás - UFG



Prof. Dr. Juan Manuel Anda Rocabado  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser o meu sustento, ao meu noivo Hercilio Nascimento que de forma especial me encorajou nos momentos de dificuldades, aos meus pais Felipe e Maria, meus irmãos Felipe e Roberto e todos que me apoiaram para que eu chegasse a esta etapa da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu único e verdadeiro Deus por nunca ter me desamparado em nenhuma circunstância.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em especial ao Curso de Tecnologia em Agroecologia, pela oportunidade de vivenciar a graduação.

Ao professor Júlio César Azevedo Nóbrega por sua valiosa orientação, apoio e oportunidade de realizar essa pesquisa.

À Chácara Bocaiúva Orgânicos pela concessão da área de estudo e a toda sua equipe pelo acolhimento, em especial, Silvana e Sr. Lourival.

A Fabiane Pereira Machado Dias pelo apoio, sugestões e colaboração desde o início do trabalho.

A Elson, Hercilio e Sr. Lourival pelo apoio na fase de coleta das amostras de solo. A Ésio, Fabiane e Letícia que me ajudaram bastante durante a fase de execução das análises.

A professora Rafaela Nóbrega pelos ensinamentos e disposição em sempre ajudar.

Ao Programa de Educação Tutorial Conexões de Saberes Socioambientais, especialmente ao professor Jesus Manuel Delgado-Mendez, por me apoiar e sempre me incentivar. Externo aqui toda a minha admiração pela pessoa humana e profissional que vejo no Sr.

Aos amigos pelas palavras de ânimo e toda a minha família que compreendeu a minha ausência durante esse período.

E aos membros da banca examinadora pelas valiosas contribuições.

Meu sincero agradecimento a todos!

“Não temas, porque eu sou contigo; não te assombres, porque eu sou teu Deus; eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com a destra da minha justiça.”

(Isaías 41:10)

## RESUMO

O solo em seu estado natural apresenta propriedades físicas que favorecem o bom desenvolvimento da planta, no entanto, seu mau uso e intensiva mobilização tem gerado grande preocupação quanto à sua qualidade, sendo necessária a adoção de sistemas conservacionistas que priorizam o cultivo mínimo e promovem a qualidade física do solo. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar atributos físicos do solo em sistemas orgânicos de produção na região do Agreste Baiano. O estudo foi realizado na Chácara Bocaiúva Orgânicos, situada no distrito de Humildes, Feira de Santana – BA, onde foram avaliadas cinco áreas sob diferentes usos: sistema abacaxi com cobertura de gramíneas e espontâneas nas entrelinhas, sistema maracujá sob cultivo solteiro em solo descoberto, sistema banana em consórcio com cacau e manutenção do resíduo orgânico sobre o solo, sistema agroflorestal com citros, café, banana, açaí e espécies arbóreas, e sistema mata nativa. A amostragem se deu em duas profundidades: 0 – 0,2 e 0,2 – 0,4 m. Para cada profundidade foi avaliada a estabilidade dos agregados via úmida através do diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP) e porcentagem de agregados e a resistência mecânica do solo a penetração de raízes. Verificou-se que os sistemas de cultivo com abacaxi e mata nativa apresentaram maior estabilidade de agregados (DMG e DMP) na profundidade 0 – 0,2 m e além destes, na profundidade 0,2 – 0,4 m destacou-se também o sistema agroflorestal, em função da cobertura do solo por gramíneas que favorece o aporte de matéria orgânica e por sua vez proporciona uma maior agregação do solo. O sistema sob cultivo de banana foi o que apresentou menor resistência do solo à penetração de raízes, seguido da mata nativa. Os sistemas que proporcionaram melhor condição física do solo foram com abacaxi e agrofloresta em relação à mata nativa.

**Palavras-chave:** Agricultura, produção orgânica, fruticultura, qualidade do solo.

## **ABSTRACT**

The soil in its natural state has physical properties that favor the good development of the plant, however, its misuse and intensive mobilization has generated great concern about its quality, being necessary the adoption of conservationist systems that prioritize the minimum cultivation and promote the physical quality of the soil. In this context, the objective of this work was to evaluate soil physical attributes in organic production systems in the Agreste Baiano region. The study was carried out at the Humildes district, Feira de Santana - BA, where five areas under different uses were evaluated: pineapple system with grasses and spontaneous cover between the lines, passion fruit system under single crop in open soil, banana system in consortium with cocoa and maintenance of organic residue on the soil, agroforestry system with citrus, coffee, banana, acai and tree species, and native forest system. Sampling occurred at two depths: 0 - 0.2 and 0.2 - 0.4 m. For each depth the stability of the wet aggregates through the geometric mean diameter (DMG), weighted average diameter (WMD) and percentage of aggregates and soil mechanical resistance to root penetration were evaluated. Pineapple and native forest systems showed greater stability of aggregates (DMG and WMD) in the depth 0 - 0.2 m and in these depths, in the depth 0.2 - 0.4 m the system was also highlighted agroforestry, due to the grass cover that favors the input of organic matter and in turn provides a greater aggregation of the soil. The system under banana cultivation presented the lowest soil resistance to root penetration, followed by the native forest. The systems that provided better physical condition of the soil were with pineapple and agroforestry in relation to the native forest.

**Key words:** Agriculture, organic production, fruit production, soil quality.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Planta da disposição das áreas avaliadas na Chácara Bocaiúva Orgânicos, Feira de Santana - BA.....	20
Figura 2. Sistemas sob cultivo orgânico em Feira de Santana , BA . (A) sistema com abacaxi, (B) sistema com maracujá, (C) sistema com banana, (D) sistema agroflorestal, (E) sistema de mata nativa.....	20
Figura 3. Diâmetro médio geométrico em um Argissolo Amarelo da região de Feira de Santana – BA, nas profundidades de 0 – 0,2 e 0,2 -0,4m. (ABA) sistema com abacaxi, (MAR) sistema com maracujá, (BAN) sistema com banana, (SAF) sistema agroflorestal, (MT) sistema de mata nativa.....	25
Figura 4. Diâmetro médio ponderado em um Argissolo Amarelo da região de Feira de Santana – BA, nas profundidades de 0 – 0,2 e 0,2 -0,4m. (ABA) sistema com abacaxi, (MAR) sistema com maracujá, (BAN) sistema com banana, (SAF) sistema agroflorestal, (MT) sistema de mata nativa.....	26
Figura 5. Resistência mecânica do solo à penetração para os sistemas com abacaxi (ABA), maracujá (MAR), banana (BAN), mata nativa (MT) e sistema agroflorestal (SAF) em um Argissolo Amarelo da região de Feira de Santana – BA, na profundidade de 0 - 0,5m.....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização física do Argissolo Amarelo sob cultivo orgânico em Feira de Santana – BA .....	19
Tabela 2. Limites de classes de resistência mecânica de solos à penetração de raízes e graus de limitação ao crescimento das raízes.....	21
Tabela 3. Distribuição dos agregados por classe e proporção de macro e microagregados em um Argissolo Amarelo da região de Feira de Santana - BA.. .....	23

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	13
2.1	OBJETIVO GERAL.....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
3.1	SISTEMAS ORGÂNICOS DE PRODUÇÃO.....	14
3.2	SISTEMAS DE MANEJO E QUALIDADE FÍSICA DO SOLO .....	16
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	19
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	23
5.1	ESTABILIDADE DE AGREGADOS .....	23
5.2	RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO DE RAÍZES .....	27
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	30
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	31

# 1 INTRODUÇÃO

O mercado de alimentos provenientes da agricultura orgânica tem crescido largamente nos últimos anos, principalmente, em países desenvolvidos, no entanto, a venda desses produtos ainda representa uma pequena parcela se comparado ao total de alimentos vendidos mundialmente (SANTOS e MONTEIRO, 2004). Estes autores ainda destacam que em 2004 as terras manejadas organicamente representavam menos de 1% do total das áreas agrícolas mundial, sendo a maioria destinada a pastagem, seguidas das frutas e hortaliças. Esse quadro pode ser proveniente do fato de sistemas orgânicos de produção demandarem maior investimento de mão de obra, qualificação técnica, manejo sustentável dos recursos naturais e preocupação ambiental.

No Brasil, embora a agricultura e o mercado de alimentos orgânicos ainda sejam pequenos, existe grande potencial de crescimento, visto que, de acordo com Brasil (2015) de 2014 a 2015 houve um aumento significativo de mais de 50% na quantidade de produtores nesse setor. A razão para o aumento da produção é o crescimento da demanda pelos consumidores que está atrelada à preocupação com a saúde e conservação do meio ambiente, uma vez que, esse sistema preza pela não utilização de agrotóxicos em sua produção e manejo sustentável dos recursos naturais. De acordo com Champanhola e Valarini (2001) dentre os mais de cinquenta produtos agrícolas certificados como orgânicos e que são mais comercializados, estão as frutas e seus derivados.

Atualmente, somente na região Nordeste, especificamente na Bahia, são mais de vinte tipos de fruteiras certificadas como orgânicas pelo Instituto Biodinâmico (IBD), dentre elas o abacaxi, acerola, citrus, mamão, goiaba, maracujá e banana (IBD, 2018). Essas culturas são desenvolvidas em sistemas orgânicos de produção e de acordo com Gemma et al. (2004) pressupõe-se que nesses sistemas sejam executadas práticas que visem a conservação do solo, da água e manejo ecológico do sistema, dessa forma, o solo terá o mínimo de interferência em seus atributos físicos, químicos e biológicos.

Segundo Niero et al. (2010) a depender das práticas de uso e manejo do solo, estas podem afetar as propriedades físicas do solo e, conseqüentemente, interferir na sua qualidade e produtividade das culturas. Nunes et al. (2017) também corrobora que a forma de manejo do solo tem impacto direto em seu comportamento, dessa forma, os diversos atributos físicos do solo como estabilidade de agregados, resistência mecânica solo a penetração (RMSP), densidade do solo, macro e micro porosidade tem papel importante no que diz respeito ao

desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis, pois através destes é possível inferir sobre a qualidade do solo.

Estudos desenvolvidos por Santana et al. (2006) e D'Andréa et al. (2002), ressaltam a importância dos atributos físicos do solo no que tange à sua utilização para a verificação das alterações do manejo em sistemas de produção. Isso demonstra o quanto é importante se apropriar dessa ferramenta dentro dos sistemas orgânicos para avaliar se realmente o manejo adotado está contribuindo para a sustentabilidade do agroecossistema e servir como base para tomadas de decisões.

Dessa forma, pesquisas realizadas em áreas sob cultivo orgânico visando avaliar as alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo tem sido cada vez mais desenvolvidas nos últimos anos, em sua maioria, as mesmas sugerem que essa avaliação seja feita após um período de tempo de cultivo a fim de verificar as mudanças ocorridas com o tipo de manejo (SILVA et al., 2015). Nesse sentido, estudos que se propõem a identificar alterações físicas do solo em áreas sob produção orgânica são essenciais para determinar a sustentabilidade desses sistemas (LIMA et al., 2007). Portanto, busca-se através deste trabalho demonstrar a importância de avaliar os atributos físicos do solo em função do manejo adotado, visto que estes estão intrinsecamente ligados e que por sua vez influenciará positiva ou negativamente na produção e qualidade física do solo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar atributos físicos do solo em sistemas orgânicos de produção na região do Agreste Baiano.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Analisar o efeito dos sistemas orgânicos de produção com fruticultura, agrofloresta e mata nativa na estabilidade dos agregados do solo e resistência mecânica do solo a penetração de raízes.

Identificar entre os sistemas orgânicos de produção o que proporciona a melhor condição física do solo.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 SISTEMAS ORGÂNICOS DE PRODUÇÃO

O solo em seu estado natural apresenta propriedades físicas como permeabilidade, estrutura, densidade e porosidade que favorecem o bom desenvolvimento da planta (ANDREOLA et al., 2000), bem como da biota do solo, promovendo condições favoráveis para a manutenção de sua qualidade. Entretanto, a preocupação com a qualidade dos solos tem aumentado à medida que seu uso e mobilização intensiva podem resultar na incapacidade produtiva e consideráveis modificações nos seus atributos físicos (SOUZA et al., 2001; CARVALHO et al., 2004).

De acordo com Nunes et al. (2017) nos últimos anos a má utilização do solo tem gerado uma grande preocupação da sociedade com relação a sua qualidade, pois é alarmante a quantidade de novas áreas que se tornam improdutivas e longo o processo de recuperação da porção de solo degradado. Essa má utilização é decorrente da modernização da agricultura, que intensificou o uso do solo, equipamentos pesados e manejo inadequado que tem favorecido o surgimento de alterações significativas na qualidade do solo e, conseqüentemente, contribuem para os processos erosivos, reduzindo assim a produtividade das culturas (STRECK et al., 2004; ROQUE et al., 2011).

A aceleração do processo de degradação ambiental deve-se a vários fatores, principalmente, às práticas agrícolas inadequadas, que além de provocar o aumento da erosão, lixiviação e compactação contribui também para o declínio da fertilidade do solo (ARAÚJO FILHO e BARBOSA, 2000; BRASILEIRO, 2009; NUNES et al., 2009).

Nesse sentido, para uma produção sem degradação do solo é fundamental manter a estrutura física, o teor de matéria orgânica e atividade biológica do solo (GOMES et al., 2009), através do desenvolvimento de sistemas de produção conservacionistas e sustentáveis, os quais visam a manutenção e melhoria das propriedades do solo (NUNES et al., 2017) por meio de manejos que impactem positivamente o solo. Nessa perspectiva, práticas agrícolas menos agressivas ao meio ambiente tem ganhado grande ênfase e estão sendo experimentadas, dentre elas, a adoção de sistemas orgânicos de produção, os quais se baseiam na conservação dos recursos naturais e podem em muito minimizar os danos decorrentes das atividades agrícolas desenvolvidas de forma inadequada (ALMEIDA et al., 2000).

De acordo com a Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências, em seu Art. 1º considera-se sistema orgânico de produção agropecuária:

Todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2003).

Sendo assim, o cultivo em bases orgânicas, quando bem manejado, proporciona a manutenção da qualidade do solo em condições similares à condição natural de mata nativa (SILVA et al., 2015). Isso acontece devido às práticas culturais, mecânicas e biológicas de cobertura do solo, rotação e consorciação de culturas, policultivo, adubação orgânica e controle alternativos de pragas e doenças, entre outras desenvolvidas no sistema.

Souza et al. (2001) afirmam que sistemas de manejo com menor revolvimento do solo e adição da cobertura vegetal em áreas que foram degradadas, possibilitam a recuperação das características físicas do solo. Nesse sentido, à medida que o solo vai sendo trabalhado com o mínimo de perturbação, proteção da superfície, aporte de material orgânico e disponibilização dos nutrientes necessários, essa recuperação é possível. Argenton et al. (2005) destacam que as práticas conservacionistas tem obtido grande ênfase no que se refere a manutenção e melhoria dos atributos físicos do solo, uma vez que, dentre tantos objetivos, visam interferir o mínimo possível no solo, proporcionando um ambiente favorável para maior exploração do sistema radicular e promover a eficiência da matéria orgânica.

Nesse contexto, os sistemas orgânicos de produção podem contribuir positivamente para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, pois em estudo realizado por Nonato et al. (2016), foi observado que áreas sob manejo orgânico permitem a recuperação dos níveis de carbono no solo que está atrelado ao constante aporte de matéria orgânica, que, conseqüentemente, contribui para o armazenamento e ciclagem de nutrientes, além de ser importantes nos processos de infiltração e armazenamento de água no solo, formação e estabilidade de agregados, capacidade de troca catiônica, atividade biológica e fertilidade do solo (BARRETO et al., 2006; BRADY e WEIL, 2013).

### 3.2 SISTEMAS DE MANEJO E QUALIDADE FÍSICA DO SOLO

Existem inúmeras definições sobre qualidade do solo, porém, de modo geral a mesma pode ser compreendida como a capacidade do solo em suprir nutrientes necessários para as plantas, suportar o crescimento e desenvolvimento de raízes, proporcionar ambiente favorável para a atividade biológica, propiciar uma adequada estabilidade estrutural, resistir à erosão e reter água para as plantas (CASALINHO et al., 2007). Nesse sentido, a qualidade física do solo se manifesta de diversas maneiras, todavia, de acordo com Aguiar et al. (2010) são exemplos de baixa qualidade física, a baixa capacidade de infiltração de água, má aeração, escoamento superficial de água sobre o solo e impedimento ou baixo desenvolvimento das raízes.

Vale ressaltar que a qualidade do solo é influenciada pelo tipo de manejo adotado, sendo que este pode contribuir para a melhoria, manutenção ou redução da qualidade física. Por isso, de acordo com Silva (2001) é essencial o monitoramento da qualidade do solo a fim de avaliar a sustentabilidade nos sistemas agrícolas, proporcionando então, melhor racionalização dos recursos naturais, ambiente mais sadio para o desenvolvimento das plantas, qualidade dos produtos obtidos, uso consciente das tecnologias desenvolvidas para a agricultura e redução da degradação ambiental.

Nessa perspectiva, como a qualidade do solo não pode ser medida diretamente, a mesma é inferida através de uma avaliação integrada de indicadores físicos, químicos e biológicos envolvidos nas alterações do solo (PAULA et al., 2015). Partindo desse pressuposto, a qualidade física influi diretamente na qualidade do solo e de acordo com Pereira et al. (2011), pode ser avaliada por meio de atributos que descrevam o seu comportamento.

Os atributos do solo a serem avaliados devem apresentar características como sensibilidade ao manejo e clima, ser economicamente viáveis e facilmente determinados tanto em campo quanto em laboratório. Portanto, dentre os indicadores recomendados estão densidade do solo, estabilidade de agregados, porosidade, resistência à penetração, teor de matéria orgânica e nível de atividade biológica (CARVALHO et al., 2004), os quais, segundo Oliveira et al. (2007), tem se tornado uma ferramenta cada vez mais útil para avaliar os pontos fortes e fracos dos sistemas de cultivo. Neste sentido, os atributos físicos têm sido utilizados para indicar restrições ao desenvolvimento da planta (SPERA et al., 2004), qualidade do solo (SECCO, 2005), estudo de compactação do solo (FLORES et al, 2007) e condições estruturais do solo (MARCOLIN, 2009).

A estrutura do solo é formada a partir da organização das partículas primárias do solo, ou seja, areia, silte e argila que através da floculação e auxílio das raízes ao penetrarem no solo e comprimirem as partículas aproximando uma das outras, formam os agregados. Quando somados a ação das hifas dos fungos e substâncias orgânicas, os agregados formam microagregados e pela ação de raízes finas e uma rede de hifas de fungos que unem os microagregados, formam-se os macroagregados (ANDREOLA, 2000; BRADY e WEIL, 2013). Segundo Loss et al. (2009) para a estabilização dos agregados é necessário o contínuo fornecimento de matéria orgânica a fim de compensar a rápida perda de carbono orgânico do solo, que neste caso, é bem mais acentuada em regiões de altas temperaturas onde a taxa de decomposição é maior. Caso contrário, a degradação dos agregados implicará em diminuição das condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal.

Nesse contexto, avaliar com frequência os atributos físicos do solo permite monitorar a eficiência ou não dos sistemas de manejo, pois estes têm influência direta no desenvolvimento do sistema radicular da cultura e, conseqüentemente, na sua produtividade (SILVA et al., 2000; SECCO, 2005). Aliado aos prejuízos causados à estrutura do solo, o processo de compactação também tem se tornado um fator limitante ao crescimento das culturas, visto que, tem causado uma resistência indesejável a penetração das raízes ao solo à medida que seu grau aumenta (DRESCHER et al., 2011), e, conseqüentemente afetando o desenvolvimento da parte aérea da planta. De acordo com Streck et al. (2004), em consequência da compactação tem-se a redução da porosidade, permeabilidade da água e disponibilidade de nutrientes.

No Brasil há diversos sistemas de uso e manejo do solo, sendo mais conhecidos os convencionais e os conservacionistas, destacando-se dentro deste último, os sistemas agroflorestais (SAFs), agroecológicos e de plantio direto. Sabe-se, de modo geral, que os sistemas convencionais de manejo do solo são baseados em monocultivos, uso intensivo de máquinas pesadas, alta taxa de revolvimento do solo e cultivo em solo descoberto. Essas práticas promovem modificações diretas nas propriedades físicas do solo, aumentando a compactação e erosão, além de provocar efeitos negativos nas propriedades químicas e biológicas do solo, fazendo com que o mesmo perca gradativamente a capacidade de reestruturação de suas qualidades (COSTA et al., 2017).

Contraoando ao manejo convencional, a adoção de práticas conservacionistas como o plantio direto que visa o menor revolvimento do solo e maior aporte de material orgânico, tem se apresentado como uma alternativa que contribui para a melhoria da qualidade do solo. Os sistemas agroflorestais também estão inseridos nesse contexto, pois permitem que o uso do

solo com plantas de espécies agrícolas seja combinado com o plantio de espécies arbóreas e submetidos a um mesmo tipo de manejo da terra, diminuindo as perdas de solo, água e nutrientes, promovendo o controle das plantas espontâneas, contribuindo para a melhoria das características físicas do solo e aumentando a infiltração, dessa forma, os sistemas agroflorestais vêm apresentando grande potencial para a conservação do solo (FRANCO et al., 2002; SILVA et al., 2011) .

Outro sistema que tem se destacado muito ultimamente é o de manejo agroecológico, que segundo Loss et al. (2009) propicia ambiente favorável ao desenvolvimento de processos naturais e interações positivas nas relações solo-água-plantas, além de maximizar a atividade biológica no solo, contribuindo para fertilidade destes e formação de agregados maiores através da alta biodiversidade, prezando pela mínima dependência de insumos externos.

No geral, sistemas de manejo que se submetem às práticas de cultivo mínimo, cobertura do solo, plantio intercalado, rotação de culturas, policultivo, adubação verde, adição de compostos orgânicos e manejo alternativo de plantas espontâneas, tendem a ser mais eficientes na melhoria e manutenção da qualidade do solo, além de possibilitar a recuperação de áreas degradadas (VALARINI et al., 2003 e CASALINHO et al., 2007).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Chácara Bocaiúva Orgânicos situada no distrito de Humildes, Feira de Santana – BA, em fevereiro de 2018. A Chácara é certificada pelo Instituto Biodinâmico (IBD) como área de produção orgânica, sendo localizada a 12° 20' de latitude Sul e 38° 51' de longitude Oeste, numa altitude média de 234 metros. De acordo com Dias et al. (2016), o clima da região é classificado como semiárido quente com precipitações médias anuais de 848 mm, passando por longos períodos de seca e solo classificado como Argissolo Amarelo de textura franco arenosa (tabela 1).

**Tabela 1.** Caracterização física do Argissolo Amarelo sob cultivo orgânico em Feira de Santana – BA.

Ds <sup>1</sup>	Granulometria			Classe
	Areia	Silte	Argila	
kg dm <sup>-3</sup>		----- g kg <sup>-1</sup> -----		
1,44	770	100	130	Areia Franca

<sup>1</sup>Densidade do solo. Fonte: DIAS et al., 2016.

Foram selecionadas cinco áreas submetidas a diferentes usos (figura 1 e 2): sistema com abacaxi (ABA) com cobertura de gramíneas e espontâneas nas entrelinhas, sistema com maracujá (MAR) sob cultivo solteiro em solo descoberto, ambos em área onde havia sido cultivado *Manihot esculenta*, sistema com banana (BAN) em consócio com cacau e manutenção do resíduo orgânico sobre o solo. Ressalta-se que todas as áreas obtiveram preparo do solo para implantação por meio de aração, gradagem e adubação a lanço com composto orgânico, em agricultura de sequeiro. Sistema agroflorestal (SAF) com citros, café, banana, açaí e espécies arbóreas, com implantação há cerca de treze anos sob área onde anteriormente havia pastagem e sistema de mata nativa (MT) para efeito de comparação, também constituíram tratamentos.



**Figura 1.** Planta da disposição das áreas avaliadas na Chácara Bocaiúva Orgânicos, Feira de Santana – BA. Fonte: <https://earth.google.com>, 2018.



**Figura 2.** Sistemas sob cultivo orgânico em Feira de Santana , BA . (A) sistema com abacaxi, (B) sistema com maracujá, (C) sistema com banana, (D) sistema agroflorestal, (E) sistema de mata nativa.

Em cada área foi avaliada a resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) até 0,5 m de profundidade, em oito repetições, mediante o uso de um penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar, com metodologia para coleta de dados e conversão dos valores

obtidos pela penetração da haste do aparelho no solo (cm/impacto) em resistência à penetração (MPa) por meio da fórmula a seguir, sugerida por Stolf (1991).

$$R(\text{kgf cm}^2) = \frac{(Mg + mg) + \frac{M}{M + m} * Mg * h / x}{A}$$

Em que R é a resistência à penetração (kgf cm<sup>2</sup>), M é a massa do embolo (4,0 kg), Mg corresponde a 4,0 kgf, m é a massa do aparelho sem embolo (3,2 kg), mg corresponde a 3,2 kgf, h é a altura de queda do embolo (0,4 m), x é a penetração da haste do aparelho (cm/impacto), A é a área do cone (1,29 cm<sup>2</sup>) e g é a aceleração da gravidade.

Porém, segundo o autor, a fórmula final apresenta-se da seguinte forma:

$$R(\text{kgf cm}^2) = 5,6 + 6,89 (N)$$

Onde N corresponde ao número de impacto e o resultado obtido em (kgf cm<sup>2</sup>) é multiplicado pela constante 0,0981 para conversão do valor em MPa.

Para auxiliar na análise dos dados obtidos na avaliação da RMSP tomou-se como base a classificação de limites críticos para solos (tabela 2), citada por Camargo e Alleoni (2006).

**Tabela 2.** Limites de classes de resistência de solos à penetração e graus de limitação ao crescimento das raízes.

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

Fonte: Camargo e Alleoni, (2006), adaptada de Canarache (1990).

Para a determinação da estabilidade de agregados foram coletadas em cada área a partir da abertura de trincheiras, amostras deformadas de solo nas profundidades de 0 – 0,2 m e 0,2 – 0,40 m, com quatro repetições, sendo estas colocadas em sacos plásticos e transportados cuidadosamente ao laboratório. As análises foram conduzidas no Laboratório de Física do Solo, localizado na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Campus Cruz das Almas, de acordo com o método proposto pela EMBRAPA (2017) por meio da tamisação via úmida.

As amostras foram secas ao ar, submetidas à quebra em seus pontos de fraqueza e passadas nas peneiras com malhas de 4,76 e 2,00 mm. As amostras retidas entre as peneiras de 4,76 e 2,00 mm foram separadas para a análise. Utilizou-se 30 gramas de amostra de agregados saturados em água por capilaridade durante 24 horas, em seguida, depositadas com o auxílio de um jato de água em um jogo de peneiras com malhas de diâmetros 2,00, 1,00, 0,50, 0,25 e 0,105 mm imersas em água e agitadas por um aparelho de oscilação vertical, durante 15 minutos, a 34 rotações por minuto. Posteriormente, as amostras foram transferidas para cápsulas individuais conforme amostras retidas em cada peneira e colocadas em estufa a 105°C por 24 horas.

Após o processo, foi realizada a quantificação do peso de cada amostra e calculada a porcentagem de cada classe de agregados. Como estimativa da estabilidade de agregados adotou-se o cálculo do Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Diâmetro Médio Ponderado (DMP) (AMARO FILHO et al., 2008).

$$\text{DMG} = \sum_{i=1}^N (W_i \cdot \text{Log } X_i) / \text{peso da amostra} \qquad \text{DMP} = \sum_{i=1}^N X_i \cdot W_i$$

Onde:  $W_i$  = proporção em peso de um determinado tamanho de fração;  $X_i$  = diâmetro médio da fração.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância. Para a comparação entre as médias dos tratamentos utilizou-se o teste de Scott Knott ao nível de 5 % de significância, através do software estatístico Sisvar (Ferreira, 2014).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ESTABILIDADE DE AGREGADOS

Os sistemas de manejo resultaram em diferentes níveis de organização da massa do solo em agregados estáveis em água, distribuídos em cinco classes de tamanho conforme demonstra a tabela 3, onde são apresentadas também a proporção de macro e microagregados. Para a distribuição dos agregados por classe, os resultados mostram que os sistemas ABA e MT na profundidade de 0 – 0,2 m apresentaram maior proporção na classe 4,76 - 2,00 mm, ou seja, agregados de maiores diâmetros. Para a profundidade de 0,2 – 0,4 m, além dos sistemas ABA e MT, maior proporção ocorreu também para o SAF. Essa proporção de agregados de maior diâmetro nestes sistemas para as duas profundidades é confirmada pelos valores de macro e microagregados.

**Tabela 3.** Distribuição dos agregados por classe e proporção de macro e microagregados em um Argissolo Amarelo da região de Feira de Santana – BA, nas profundidades 0 – 0,2 m e 0,2 – 0,4 m. (ABA) sistema com abacaxi, (MAR) sistema com maracujá, (BAN) sistema com banana, (SAF) sistema agroflorestal, (MT) sistema de mata nativa.

Sistema	Classe de Agregados (mm)					% Macro > 0,25 mm	% Micro < 0,25 mm
	4,76 - 2,0	2,0 - 1,0	1,0 - 0,5	0,5 - 0,25	0,25 - 0,105		
Profundidade 0 - 0,2 m							
ABA	74,54 a	6,07 b	3,57 b	2,83 c	3,73 b	95,87 a	4,13 b
MAR	44,78 b	13,29 a	10,88 a	8,42 a	9,86 a	88,66 b	11,33 a
BAN	55,9 b	12,1 a	8,49 a	6,26 b	8,17 a	90,99 b	9,01 a
MT	80,23 a	4,05 b	3,59 b	2,49 c	2,33 b	97,47 a	2,53 b
SAF	52,39 b	13 a	9,61 a	8,22 a	8,05 a	91,19 b	8,81 a
CV (%)	10,53	16,59	23,17	20,24	23,64	1,96	24,83
Sistema	Classe de Agregados (mm)					% Macro > 0,25 mm	% Micro < 0,25 mm
	4,76 - 2,0	2,0 - 1,0	1,0 - 0,5	0,5 - 0,25	0,25 - 0,105		
Profundidade 0,2 - 0,4 m							
ABA	72,59 a	8,04 b	5,12 b	4,49 c	4,67 b	95,09 a	4,91 b
MAR	43,45 b	14,25 a	9,89 a	10,09 a	10,16 a	88,39 b	11,61 a
BAN	56,09 b	12,29 a	8,40 a	6,88 b	7,45 a	91,82 b	8,18 a
MT	79,70 a	4,38 b	3,71 b	3,04 c	2,68 b	97,13 a	2,87 b
SAF	60,01 a	7,64 b	6,04 b	4,92 c	5,90 b	93,67 a	6,33 b
CV (%)	15,41	29,4	32,26	32,39	30,06	2,34	31,7

\*Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que nos sistemas ABA, MT e SAF a ação das raízes bem como a presença da matéria orgânica foram fundamentais para a formação e estabilização dos macroagregados em relação aos demais sistemas. Isso porque de acordo com Coutinho et al. (2010), o sistema radicular fasciculado das gramíneas, presente na área do ABA, proporciona maior agregação das partículas e fornecimento de carbono devido à rizodeposição e decomposição de suas raízes. Nesse contexto, D'Andréa et al. (2002) corrobora relatando que sistemas com vegetação em que há diversidade de espécies, caso da MT e SAF, permite a disponibilização de diferentes substâncias orgânicas depositadas no solo e maior aporte de serapilheira que contribui para o aumento da matéria orgânica no solo.

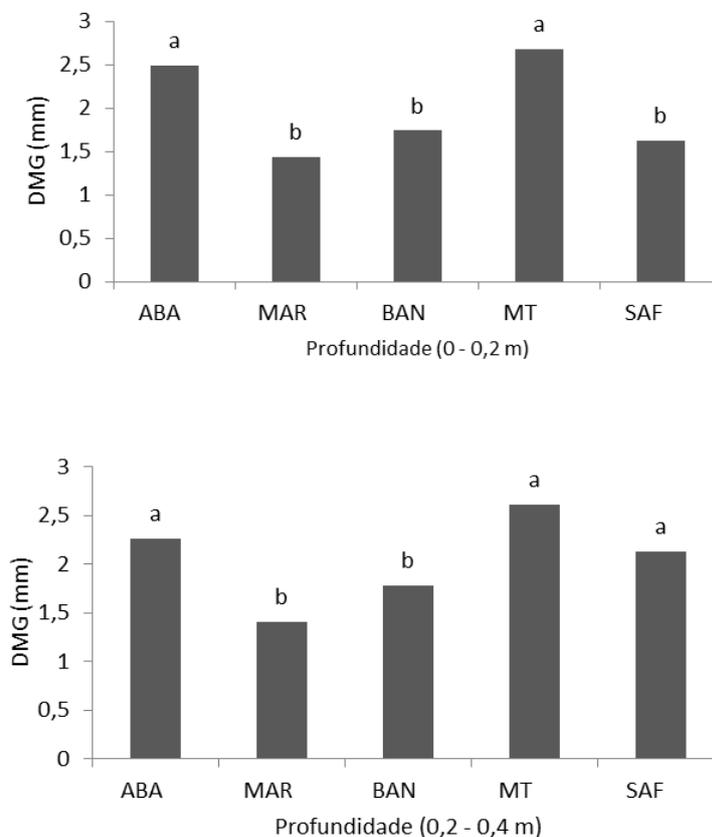
Em estudo realizado por Matos et al. (2008), observando a estabilidade de agregados em solos submetidos a diferentes tipos de adubação em comparação com mata nativa, verificou-se que a maior proporção de agregados maiores estáveis em água em solo sob mata. De acordo com Llanillo et al. (2006), quanto maior e mais pesados forem os agregados, maior será a estruturação do solo e, conseqüentemente, maior a porosidade, condutividade hidráulica e resistência à compressão, proporcionando uma melhoria na dinâmica da água e ar do solo, agindo de forma direta no crescimento radicular das plantas e atividade microbiológica.

Nos sistemas MAR e BAN ocorreu o inverso, a porcentagem de microagregados foi maior nas duas profundidades em relação aos sistemas abacaxi e mata nativa, e maior que o sistema agroflorestal na profundidade de 0,2 – 0,4 m, isso pode estar atrelado, além do baixo teor de argila do solo, à pouca existência de matéria orgânica e microrganismos, principalmente no MAR, que não foram suficientes para manter a agregação do solo, uma vez que para Brady e Weil (2013), estes constituem agentes cimentantes essenciais deste processo. Outro fator que pode ter contribuído para a elevação desse valor no sistema MAR foi o cultivo sob solo descoberto, pois em estudos comparativo desenvolvidos por D'Andréa et al. (2002) e Marcolan e Anghinoni (2006) em sistema de plantio com movimentação e exposição do solo, observaram o aumento de agregados menores que 0,25 mm em virtude da ruptura dos agregados maiores, degradação dos agregados pelo impacto da gota da chuva, déficit de matéria orgânica e baixa atividade microbiana.

De acordo com Aquino e Assis (2005) a redução da estabilidade de agregados em água, dentre outras implicações, acarreta em maior susceptibilidade do solo à erosão hídrica devido as suas partículas estarem soltas ao longo do perfil, redução da porosidade total e dificuldade de infiltração da água no solo decorrente da obstrução dos poros. Todavia, solos com macroagregados estáveis são considerados solos bem estruturados e mais resistentes ao

processo erosivo, pois a agregação facilita a aeração do solo, as trocas gasosas e a infiltração de água, em função do aumento da macroporosidade entre os agregados, além de garantirem a microporosidade e a retenção de água dentro dos agregados, se tornando um importante elemento para a conservação do solo (DEXTER, 1988 apud CALONEGO e RESOLEM, 2008).

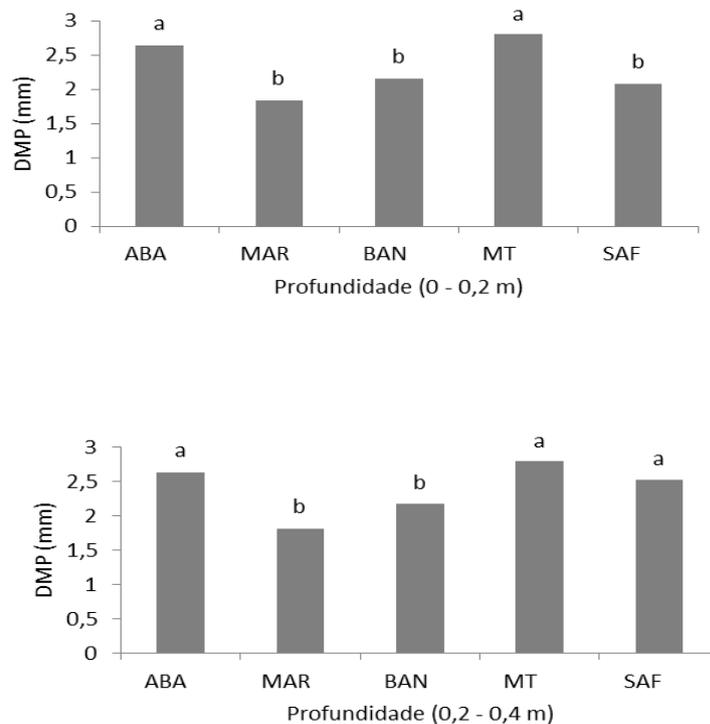
Nas Figuras 3 e 4, observam-se respectivamente os valores de DMG e DMP, verifica-se que os tratamentos ABA e MT na profundidade de 0 – 0,2 m e ABA, MT e SAF na profundidade de 0,2 – 0,4 m, apresentaram valores mais elevados que os demais sistemas para estas variáveis.



**Figura 3.** Diâmetro médio geométrico em um Argissolo Amarelo da região de Feira de Santana – BA, nas profundidades de 0 – 0,2 e 0,2 -0,4m. (ABA) sistema com abacaxi, (MAR) sistema com maracujá, (BAN) sistema com banana, (SAF) sistema agroflorestral, (MT) sistema de mata nativa.

Dessa forma, a qualidade do solo pode ser visualizada por meio do índice de estabilidade de agregados, ou seja, quanto maior o valor de DMG e DMP, maior é a estabilidade dos agregados em água. Sendo assim, a maior ocorrência da classe de agregados

maiores nos sistemas ABA, MT e SAF, está associado ao que Salton et al. (2008) relatam, em que sistemas de plantio que utilizam a gramíneas como cobertura do solo, rotação de cultura ou consórcio, apresentam uma rápida elevação no DMG e DMP dos agregados estáveis em água, devido ao sistema radicular abundante formado pela cultura, incorporando deste modo mais matéria orgânica e melhorando a estabilidade e tamanho dos agregados do solo. O mesmo foi observado por Wohlenberg et al. (2004) em campo de vegetação natural, o qual apresentou maiores índices de DMG enquanto no cultivo em solo descoberto os valores diminuíram. O autor ainda destaca que a influência da matéria orgânica na agregação do solo se constitui um processo dinâmico, fazendo-se necessário o contínuo fornecimento de material orgânico ao solo a fim de manter sua estrutura adequada ao desenvolvimento das plantas e qualidade física do solo.



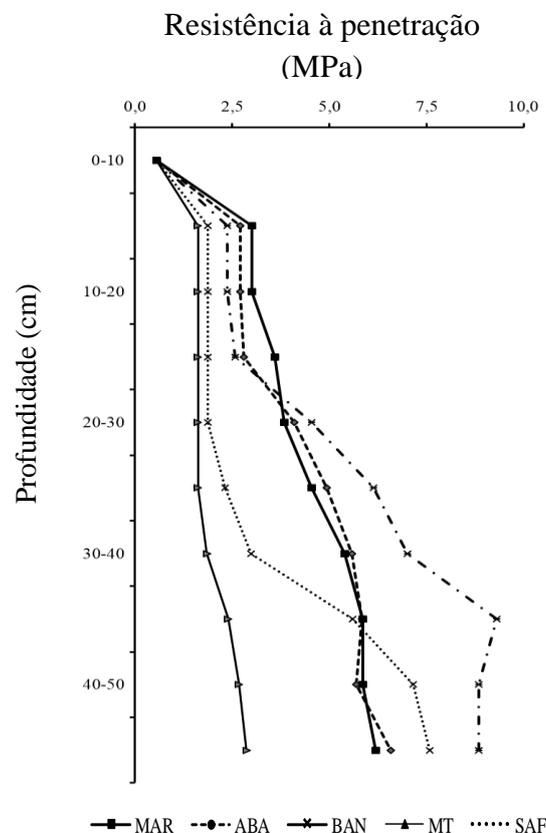
**Figura 4.** Diâmetro médio ponderado em um Argissolo Amarelo da região de Feira de Santana – BA, nas profundidades de 0 – 0,2 e 0,2 -0,4m. (ABA) sistema com abacaxi, (MAR) sistema com maracujá, (BAN) sistema com banana, (SAF) sistema agroflorestal, (MT) sistema de mata nativa.

Corroborando também com Carvalho et al. (2004) que observaram o índice de DMP em sistema agroflorestal superior aos demais sistemas avaliados, o mesmo atrelou esse resultado à presença de grande quantidade de restos vegetais em diferentes estágios de decomposição,

onde possivelmente houve maior estímulo à atividade biológica do solo que contribuiu para a formação de agregados mais estáveis.

## 5.2 RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO DE RAÍZES

Na Figura 5, a distribuição vertical da resistência mecânica do solo à penetração de raízes (RMSP) no perfil do solo está apresentada com registro de valores a cada 5 cm de profundidade, nos sistemas com abacaxi, maracujá, banana, agrofloresta e mata nativa.



**Figura 5.** Resistência mecânica do solo à penetração para os sistemas com abacaxi (ABA), maracujá (MAR), banana (BAN), mata nativa (MT) e sistema agroflorestal (SAF) em um Argissolo Amarelo da região de Feira de Santana – BA, na profundidade de 0 - 0,5m.

Verifica-se que na profundidade de 0 – 0,2 m o sistema BAN juntamente com o sistema MT apresentaram menor RMSP, ou seja, entre 1,1 e 2,5 MPa, valor menor quando comparado com o SAF que foi igual ao sistema ABA, sendo estes menores em relação ao sistema MAR. Considerando as limitações ao desenvolvimento das raízes, os sistemas BAN e MT

apresentaram poucas limitações ao crescimento radicular, enquanto o SAF, BAN e MAR tendem a apresentarem algumas limitações. Vale ressaltar que segundo Mercante et al. (2003) a RMSP é mais afetada pelas condições de umidade do solo do que pela densidade, sendo assim, a umidade registrada para essa profundidade foi respectivamente: 2,10% (ABA); 1,56% (MAR); 5,18% (BAN); 5,39% (MT); 1,42 % (SAF).

Para a profundidade 0,2 – 0,4 m, observa-se que a BAN apresentou menor resistência do solo a penetração em relação aos demais sistemas, seguido da MT, MAR que foi igual ao ABA, que por sua vez foram menores que o SAF. A umidade registrada para essa profundidade foi respectivamente: 2,67 % (ABA); 2,49% (MAR); 6,62% (BAN); 4,24% (MT); 1,15% (SAF).

Dessa forma, nota-se que embora a RMSP na BAN tenha sido menor nas duas profundidades, o mesmo encontrado por Alencar et al. (2011) e contrariando ao encontrado por Iori et al. (2012), isso não influenciou na elevação da estabilidade de agregados. Fatores como textura arenosa, umidade e rápida decomposição do material orgânico podem ter contribuído para o baixo valor de resistência e agregação nesse sistema. Na MT e SAF o processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica são mais lentos, tendo em vista que há constante fornecimento desse material pela diversidade de espécies e proteção da matéria orgânica pela copa das espécies arbóreas, conseqüentemente, a umidade do solo é mantida por um período maior e a fauna do solo é enriquecida. Sendo assim, são criadas condições favoráveis à agregação do solo que por sua vez reflete nos níveis de resistência a penetração.

Nesse contexto, dentre os sistemas avaliados, o com banana apresentou menor resistência mecânica à penetração de raízes seguido do sistema de mata nativa que embora tenha apresentado também menores resultados na profundidade de 0 – 0,2 m, nos últimos 0,4 m houve alteração da resistência do solo causada, possivelmente, pela grande presença do sistema radicular nessa profundidade. Esse mesmo comportamento foi observado por Portugal et al. (2008) em que na profundidade de 0 – 0,2 m o sistema mata nativa apresentou menores valores de RMSP que em profundidade.

Entretanto, o SAF apesar de apresentar valores menores de resistência na profundidade 0 – 0,2 m, ainda não foi suficiente para melhorar a RMSP em profundidade. Diferentemente de Carvalho et al. (2004) que observaram menor resistência a penetração em todas as profundidades de 0 – 0,4 m. Essa resistência em profundidade pode ser explicada pela presença do sistema radicular das espécies arbóreas que compõem esse sistema, por serem plantas de grande porte, conseqüentemente, suas raízes atingirão profundidades maiores, o

que explica também o fato de em 0,2 – 0,4 m o teor de umidade ser menor, pois é onde as raízes absorvem a água, e, a estabilidade de agregados ser maior, devido a ação das raízes que ao se desenvolverem empurram as partículas do solo formando os agregados que juntamente com as substâncias orgânicas liberadas nessa região formam os macroagregados.

Dentre os sistemas avaliados, o MAR foi o que apresentou maior resistência na profundidade 0 – 0,2 m, além de a umidade ser menor em comparação às demais, fato que se deve à exposição do solo nesse sistema causando rápida evaporação da água, a aragem e gradagem do solo durante o preparo sem posterior fornecimento de matéria orgânica pode ter provocado a destruição dos agregados e, conseqüentemente, desenvolvido uma superfície compactada na camada arável. Iori et al. (2012) destacam que sistemas de uso e manejo do solo com elevada RMSP apresentam maiores problemas de compactação, restringindo o crescimento radicular e diminuindo a infiltração de água no solo, acarreta sérios problemas de erosão.

## 6 CONCLUSÕES

1. O sistema orgânico com produção de abacaxi, juntamente com agrofloresta e mata nativa apresentaram a melhor estabilidade de agregados, principalmente na profundidade 0 – 0,2 m.

2. O sistema orgânico com produção de banana apresentou menor resistência mecânica à penetração quando comparado com a mata nativa.

3. Os sistemas que proporcionaram melhor condição física do solo foram abacaxi e agrofloresta em relação à mata nativa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R. A.; MOREIRA, J.A. A.; STONE, L. F.; BERNARDES, T. G.; JESUS, R. P. Sustentabilidade de sistemas orgânicos com plantas de cobertura na cultura do arroz, por meio de alterações físicas do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 2, p. 142-149, 2010.

ALENCAR, T. L.; ROLIM, J. I. M.; SOUSA, S. C. Resistência à penetração do solo sob diferentes sistemas de manejo em região semiárida do Ceará. **Cadernos de Agroecologia**, v.6, n.2, 2011.

ALMEIDA, D. L.; AZEVEDO, M. S. F. R.; CARDOSO, M. O.; DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; MEDEIROS, C. A. B.; NEVES, M. C. P.; NUNES, M. U. C.; RODRIGUES, H. R.; SAMINEZ, T. C.O; VIEIRA, R.C.M. Agricultura Orgânica: Instrumento para a Sustentabilidade dos Sistemas de Produção e Valoração de Produtos Agropecuários. Seropédica- RJ: Embrapa Agrobiologia (Documentos, 122), 22p., dez. 2000.

AMARO FILHO, J.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; MOTA, J. C. A. **Física do solo: conceitos e aplicações**. Fortaleza, Imprensa Universitária, 290 p., 2008.

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

AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 517p., 2005.

ARAÚJO FILHO, J. A.; BARBOSA, T. M. L. Sistemas agrícolas sustentáveis para regiões semi-áridas. Sobral: Embrapa-Caprinos, (Circular Técnica, 20), 18 p., 2000.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 425-435, 2005.

BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. B. G. S.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 4, p.415- 425, 2006.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRASIL. 2003. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/2003/L10.831.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2003/L10.831.htm)>. Acesso em 21 de fev. 2018.

BRASIL. 2015. Número de produtores orgânicos cresce 51,7% em um ano. Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/03/em-um-ano-total-de-produtores-organicos-cresce-51>>. Acesso em 05 fev. 2018.

BRASILEIRO, R. S. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. **Scientia Plena**, v. 5, n. 5, 2009.

CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n. 4, p.1399-1407, 2008.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L.R.F. Reconhecimento e medida da compactação do solo. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em <[http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_2/C6/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/C6/Index.htm)>. Acesso em 12 de março de 2018.

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

CASALINHO, H. D.; MARTINS, S. R.; SILVA, J. B.; LOPES, A. S. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, n. 2, p. 195-203, 2007.

CHAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J. A agricultura orgânica e seu potencial para o pequeno agricultor. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v.18, n.3, p.69-101, 2001.

COSTA, M. I. S.; SOUZA, T. E. M. S.; SOUZA, E. R.; CUNHA, J. C.; LEAL, L. Y. C. Efluxo de CO<sub>2</sub>, atributos físicos e carbono do solo em manejos agroecológicos. **Revista Verde**, v.12, n.2, p.251-255, 2017.

COUTINHO, F. S.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; RODRIGUES JUNIOR, D. J.; TORRES, J. L. R. Estabilidade de agregados e distribuição do carbono em Latossolo sob sistema plantio direto em Uberaba, Minas Gerais. **Comunicata Scientiae**, v.1, n. 2, p.100-105, 2010.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N, CURI, N.; FERREIRA, M. M. Atributos de agregação indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região dos cerrados no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 1047-1054, 2002.

DIAS, F. P. M.; SILVA, F. T. S.; NUNES, F. J.; SAMPAIO, F. T.; NÓBREGA, J. C. A. Índice de manejo de carbono do solo em sistemas agroflorestais. **In: Anais da III reunião nordestina de Ciência do Solo**. Ciência do Solo: Integração e uso do conhecimento para uma agricultura sustentável no Nordeste. **Anais...** Aracaju (SE) Unit e Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2017.

DRESCHER, M. S.; ELTZ, F. L. F.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1713-1722, 2011.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo** / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FLORES, J. P. C.; ANGHINONI, I. CASSOL, L. C.; CARVALHO, P. C. F.; LEITE, J. G. D. B.; FRAGA, T. I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 771-780, 2007.

FRANCO, F. S.; COUTO, L.; CARVALHO, A. F.; JUCKSCH, I.; FERNANDES FILHO, E. I.; SILVA, E. MEIRA NETO, J. A. A. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na zona da mata de minas gerais. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.751-760, 2002.

GEMMA, S. F. B.; ABRAHAO, R. F.; SZNELWAR, L. I. O trabalho no cultivo orgânico de frutas: uma abordagem ergonômica. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 29, n. 109, p. 37-44, 2004.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; NERI, D. K. P. Adubação com silício como fator de resistência a insetos-praga e promotor de produtividade em cultura de batata inglesa em sistema orgânico. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 18-23, 2009.

IBD. Instituto Biodinâmico. Clientes certificados. Botucatu – SP, 2018. Disponível em <<http://www.ibd.com.br>>. Acesso em 02 fev. 2018.

IORI, P.; DIAS JÚNIOR, M. S.; SILVA, R. B. Resistência do solo à penetração e ao cisalhamento em diversos usos do solo em áreas de preservação permanente. **Bioscience Journal**, v. 28, Supplement1, p. 185-195, 2012.

LIMA, H. V.; OLIVEIRA, T. S.; OLIVEIRA, M. M.; MENDONÇA, E. S.; LIMA, P. J. B. P. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 1085-1098, 2007.

LLANILLO, R. F.; RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M. F.; FERREIRA, R. R. M. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 27, n. 2, p. 205-220, 2006.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; FERREIRA, E. P.; Eliane Maria Ribeiro da SILVA, E. M. R.; BEUTLER, S. J. Distribuição dos agregados e carbono orgânico influenciados por manejos agroecológicos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 523-528, 2009.

MARCOLAN, A. L.; ANGHINONI, I. Atributos físicos de um Argissolo e rendimento de culturas de acordo como revolvimento do solo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.163-170, 2006.

MARCOLIN, C. D. Uso de funções de pedotransferência entre atributos físicos de solos sob plantio direto. 2009. Tese (Dourado em Agronomia) – UPF, Passo Fundo – RS.

MATOS, E. S., MENDONCA, E. S., LEITE, L. F. C., GALVÃO, J. C. C. Estabilidade de agregados e distribuição de carbono e nutrientes em Argissolosob adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n. 9, p. 1221-1230, 2008.

MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M. A.; SOUZA, E. G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1149-1159,2003.

NIERO, L. A. C.; DECHEN, S. C. F.; COELHO, R. M.; MARIA, I. C. de. Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um latossolo vermelho distroférico com usos e manejos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1271-1282, 2010.

NONATO, A. C. R.; XAVIER, F. A. da S.; MELO FILHO, J. F. de.; DIAS, F. P. M. Estoque de Carbono do Solo em Sistemas Agroflorestais de Produção Orgânica. In: 2º Seminário de Agroecologia da América do Sul, 1ª Jornada Internacional de Educação do Campo, 6º Seminário de Agroecologia de Mato Grosso do Sul, o 5º Encontro de Produtores Agroecológicos de Mato Grosso do Sul e o 2º Seminário de Sistemas Agroflorestais em Bases Agroecológicas de Mato Grosso do Sul. Resumos... Dourados – MS, 2016.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; MENEZES, R. Í. Q. Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semi-árido nordestino. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 1, p. 43-49, 2009.

NUNES, V. J.; SANTOS, D. N.; GUMARÃES, L. P.; CONCEIÇÃO, N. N. G. M.; LOBO.; NÓBREGA, J. C. A. Estabilidade de agregados em diferentes sistemas de produção de espécies frutíferas cultivadas em um Latossolo Amarelo coeso do Recôncavo da Bahia. **In: Anais da III reunião nordestina de Ciência do Solo.** Ciência do Solo: Integração e uso do conhecimento para uma agricultura sustentável no Nordeste. **Anais...** Aracaju (SE) Unit e Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2017.

OLIVEIRA, F. R. de A.; VALARINI, P. J.; POPPI, R. J. Indicadores de qualidade do solo em área de mata e cultivado com cana orgânica e convencional. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, 2007.

PAULA, B. V.; LIMA, A. C. R.; CASALINHO, H. D.; BUSS, R. B.; RIBES, R.; RIBEIRO, T. R. Diagnóstico da qualidade do solo sob cultivo de pêsego em agroecossistemas de base familiar. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 114, n. 2, p. 271-278, 2015.

PEREIRA, F. S.; ANDRIOLI, I.; PEREIRA, F. S.; OLIVEIRA, P. R.; CENTURION, J. F.; FALQUETO, R. J.; MARTINS, A. L. S. Qualidade física de um latossolo vermelho submetido a sistemas de manejo avaliado pelo índice S. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n. 1, p.87-95, 2011.

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. V.; COSTA, L. M.; SANTOS, B. C. M. Atributos químicos e físicos de um Cambissolo háplico Tb distrófico sob diferentes usos na zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n. 1, p.249-258, 2008.

ROQUE, A. A. O.; SOUZA, Z.M.; ARAÚJO, F. S.; SILVA, G. R. V. Atributos físicos do solo e intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distrófico sob controle de tráfego agrícola. **Ciência Rural**, v.41, n.9, 2011.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C.M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p.11-21, 2008.

SANTANA, M. B.; SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D.; FONTES, L. E. F. Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citros como indicadores de horizontes coesos em dois solos de tabuleiros costeiros do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 1, p. 1-12, 2006.

SANTOS, G. C.; MONTEIRO, M. Sistema orgânico de produção de alimentos. **Revista Alimentos e Nutrição**, v.15, n.1, p.73-86, 2004.

SECCO, D.; DA ROS, C. O.; SECCO, J. K.; FIORIN, J. E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho Argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 407- 414, 2005.

SILVA, D. C. **Qualidade do solo em sistemas agroflorestais no município de Prado, Bahia**. 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UFLA, Lavras – MG.

SILVA, D. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; OLIVEIRA, A. H.; SOUZA, F. S.; MARTINS, S. G.; MACEDO, R. L. G. Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa. **Revista de estudos ambientais**, v.13, n. 1, p. 77-86, 2011.

SILVA, G. F.; SANTOS, D.; SILVA, A. P.; SOUZA, J. M. Indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso na mesorregião do Agreste Paraibano. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 25 – 35, 2015.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Comparação entre os métodos do cilindro e do torrão na determinação da porosidade e da densidade do solo. **Ciência Rural**, v.30, n.6, p.1065-1068, 2000.

SOUZA, Z. M. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho Distrófico sob semeadura direta em Selvíria (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.3, p.699-707, 2001.

SPERA, S. T. et al. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n. 3, p.533-542, 2004.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v15, p.229-235,1991.

STRECK, C. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, v.34, n.3, 2004.

VALARINI, P. J.; ALVAREZ, M. C. D.; GASCO, J. M.; GUERRERO, F.; TOKESHI, H. Assessment of soil properties by organic matter and em- microorganism incorporation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.3, p.519-525, 2003.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n. 5, p.891-900, 2004.