

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

AMANDA SALES ALVES

**INFLUÊNCIA DO MANEJO NA QUALIDADE FÍSICA DE UM ARGISSOLO
AMARELO DISTROCOESO EM ÁREAS DE CERRADO NO LESTE
MARANHENSE**

SÃO LUÍS - MA

2019

AMANDA SALES ALVES

**INFLUÊNCIA DO MANEJO NA QUALIDADE FÍSICA DE UM ARGISSOLO
AMARELO DISTROCOESO EM ÁREAS DE CERRADO NO LESTE
MARANHENSE**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Profa. Dra. Marlen Barros e Silva

SÃO LUÍS - MA

2019

Alves, Amanda Sales.

Influência do manejo na qualidade física de um argissolo distrocoeso em áreas de cerrado no leste maranhense / Amanda Sales Alves. – São Luís, 2019

44 p.

Monografia (Graduação) – Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Profa. Dra. Marlen Barros e Silva.

1.Sistema de plantio direto. 2.Física do solo. 3.Manejo do solo. I.Título

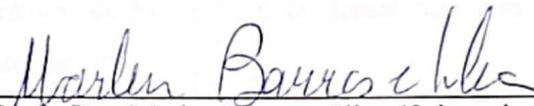
CDU: 631.412-049.2(812.1)

AMANDA SALES ALVES

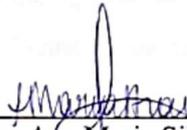
INFLUÊNCIA DO MANEJO NA QUALIDADE FÍSICA DE UM ARGISSOLO
AMARELO DISTROCOESO EM ÁREAS DE CERRADO NO LESTE
MARANHENSE

Aprovada em: 3 / 7 / 2019

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Marlen Barros e Silva (Orientadora)
Doutora em Agronomia (Ciência do Solo) - UFRRJ



Profa. Dra. Ana Maria Silva de Araújo
Doutora em Agronomia (Ciência do Solo) - UFRRJ



Prof. Dr. Altamiro Souza de Lima Ferraz Júnior
Doutor em Agronomia (Ciência do Solo) - UFRRJ

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser a minha fortaleza e o meu abrigo em todos os momentos.

Aos meus pais, Claudiner Alves e Maria Francidelma Alves, que são meu incentivo, apoio e consolo, sempre fizeram mais que o possível para que eu pudesse alcançar meus objetivos e realizar meus sonhos.

Ao meu irmão, Isaac André, pelo companheirismo e por sempre acreditar em mim.

Ao meu primo, Celso Henrique Leite Silva Júnior, pelo apoio e ajuda.

À minha orientadora, Prof. Dr^a. Marlen Barros e Silva, pelo apoio, ensinamentos e atenção dado a mim, pela paciência para comigo, e por me acolher tão bem nessa minha caminhada.

À Universidade Estadual do Maranhão e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), pelo apoio financeiro e concessão de bolsas.

Ao chefe do Laboratório de Física do Solo, Josael Monteiro Diniz, que colaborou muito para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr^o Marcos Gervásio Pereira e a sua equipe de trabalho do laboratório de solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, que contribuíram na realização da análise de alguns parâmetros, fica aqui o meu grande abraço e o meu agradecimento.

Aos meus melhores amigos, Charlienne Magalhães, Enderson Viana, Hanna Fernanda, José Lucas, Raynara Fernanda e Wanessa Marques, pela amizade de muitos anos e por tornarem os meus dias mais felizes.

Aos meus companheiros e amigos da turma de Agronomia 2014.1, em especial, Abimael Carmo, Chiara Sanches, Danyelle Lopes, Luís Adriano, Jordânya Ferreira, Raymyson Rhuryo e Rayane Cristine, pela amizade, conversas e a disposição em me auxiliarem em todos os momentos no qual eu precisei.

Ao Alex Lalas e Rodrigo Barbosa, que foram os meus ilustres companheiros de coleta e de iniciação científica. Obrigada por toda a ajuda e amizade!

Aos meus companheiros de coleta, Lucas Romão, Mizael Freitas e Francisco de Assis, que se propuseram a me ajudar, e foram importantes para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

*Levanto os meus olhos para os montes e
pergunto: De onde me virá o socorro? O
meu socorro vem do Senhor, que fez os
céus e a terra.*

Salmos 121: 1-2

RESUMO

A expansão da fronteira agrícola para áreas de cerrado no leste maranhense tem influenciado nos indicadores de qualidade do solo, dentre eles, os indicadores físicos. O objetivo deste trabalho foi avaliar os indicadores físicos de um Argissolo Amarelo Distrocoeso sob vegetação natural e dois diferentes sistemas de manejo. O local de estudo está situado no Município de Buriti (Ma). Foram selecionadas três áreas com diferentes sistemas de uso e manejo do solo: (1) Cerrado Nativo (CN), empregado como referência; (2) Sistema de Plantio Direto (SPD) com 4 anos de implantação; (3) Sistema de Preparo Convencional (SPC) com 8 anos de implantação. As coletas de solos foram realizadas nos meses de junho/2018 e dezembro/2018. Em cada uma das três áreas estudadas (CN, SPD, SPC) foram abertas cinco minitrincheiras para coleta de amostras indeformadas de solo nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm para análise de densidade do solo, macroporosidade e microporosidade. Também foi retirada uma amostra deformada composta com o trado holandês para a determinação da composição granulométrica e densidade de partículas. Na primeira ida ao campo foram coletados monólitos com dimensões de 10 cm x 10 cm x 10 cm nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm para que fosse determinada a estabilidade de agregados. A temperatura do solo foi determinada pela média aritmética de sete leituras a 5 cm de profundidade em cada área uma das áreas, três vezes ao dia (às 8hs, às 12hs e às 16hs). Os resultados das determinações analíticas foram submetidos à análise de variância, sendo os efeitos de profundidade e uso e manejo, avaliados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As áreas de SPD e SPC apresentaram maior dispersão de argila e menor grau de flocculação em comparação ao Cerrado Nativo. Nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, o SPD apresentou tendência de menores valores de densidade do solo em comparação ao SPC. Os maiores valores da porosidade total e da macroporosidade foram registrados no Sistema de Plantio Direto. A microporosidade não foi sensível a mudanças nos diferentes manejos estabelecidos na primeira e segunda coleta. O SPD e o SPC ocasionaram a redução do diâmetro médio ponderado dos agregados e apresentaram maior proporção de agregados estáveis em água de tamanho < 2 mm, nas diferentes profundidades, em relação à área empregada como referência. O SPD proporcionou menores temperaturas ao solo às 12:00 hs e às 16:00 hs, quando comparado ao SPC. Os resultados obtidos demonstram que o uso e manejo do solo interferem nos indicadores físicos de qualidade.

Palavras-chave: Sistema de plantio direto, física do solo, manejo do solo.

ABSTRACT

The expansion of agricultural frontiers for the implantation of monocultures in Savanna areas in eastern Maranhão has influenced the indicators of soil quality, among them, the physical indicators. The objective of this work was to evaluate the physical indicators of a Distrocoeso Yellow Argissol under natural vegetation and two different management systems. The study site is located in the municipality of Buriti (Ma). Three areas with different land use and management systems were selected, according to the description: (1) Native Savanna (CN)-employed as reference; (2) No-tillage system (SPD) with 4 years of implantation; (3) Conventional tillage system (SPC) – with 8 years of implantation. Soil samples were collected in the months of June/2018 and December/2018. In each of the three studied areas (CN, SPD, SPC) Five minitrenches were opened to collect undisturbed soil samples at depths of 0-10, 10-20, 20-30 and 30-40 cm for soil bulk density, macroporosity and microporosity analysis. A deformed sample composed with the dutch was also removed for the determination of particle size composition and density of particles. In the first trip to the field, monoliths were collected with dimensions of 10 cm x 10 cm x 10 cm at depths of 0-10 and 10-20 cm to determine the stability of aggregates. The soil temperature was determined by the arithmetic mean of seven readings at 5 cm depth in each area one of the areas, three times a day (at 8hs, 12hs and 16hs). The results of the analytical determinations were subjected to analysis of variance, with the effects of depth and use and management, evaluated by the Tukey test at a 5% probability level. The areas of SPD and SPC showed higher clay dispersion and lower flocculation level compared to the native Cerrado. At depths of 0-10 and 10-20 cm, the SPD showed a tendency of lower soil density values compared to SPC. The values of total porosity and macroporosity were more expressive in the no-tillage system. Microporosity was not sensitive to changes in the different managements established in the first and second collection. The SPD and SPC caused the reduction of weighted average diameter and showed a higher proportion of stable aggregates in water of size < 2 mm, at different depths, in relation to the area used as reference. The SPD provided lower temperatures to the soil, at certain times, when compared to the SPC. The results showed that the use and management of the soil interfere in the physical indicators of quality.

Keywords: No-tillage system, soil physics, soil management.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do Município de Buriti no Estado do Maranhão.	17
Figura 2 - Dados da pluviosidade do município de Buriti (MA) durante as coletas de amostras do solo (junho/2018 e dezembro/2018).	18
Figura 3 - Áreas do estudo: (a) Cerrado nativo - CN; (b) Sistema de preparo convencional - SPC; (c) Sistema de plantio direto - SPD).	18
Figura 4 - Valores médios de macroporos ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) e microporos ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) de um Argissolo Amarelo Distrocoeso típico em diferentes sistemas de manejo (cerrado nativo - CN; cultivo de soja sob plantio direto - SPD; e cultivo de soja sob Preparo Convencional - SPC) e profundidades durante a primeira coleta, em junho de 2018 ⁽¹⁾	27
Figura 5 - Valores médios de macroporos ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) e microporos ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) de um Argissolo Amarelo Distrocoeso típico em diferentes sistemas de manejo (cerrado nativo - CN; cultivo de soja sob plantio direto - SPD; e cultivo de soja sob Preparo Convencional - SPC) e profundidades durante a segunda coleta, em dezembro de 2018 ⁽¹⁾	28
Figura 6 - Valores médios da massa de agregados (em g) por classe de tamanho na profundidade de 0-10 cm de um Argissolo Amarelo Distrocoeso típico entre diferentes sistemas de manejo (Cerrado Nativo - CN; cultivo de soja sob plantio direto - SPD; e cultivo de soja sob Preparo Convencional - SPC) e profundidades durante a primeira coleta, em junho de 2018 ⁽¹⁾	Erro!
Indicador não definido.	
Figura 7 - Valores médios da massa de agregados (em g) por classe de tamanho na profundidade de 10-20cm de um Argissolo Amarelo Distrocoeso típico entre diferentes sistemas de manejo (Cerrado Nativo - CN; cultivo de soja sob plantio direto - SPD; e cultivo de soja sob Preparo Convencional - SPC) e profundidades durante a primeira coleta, em junho de 2018 ⁽¹⁾	31
Figura 8 - Valores médios da temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$) de um Argissolo Amarelo Distrocoeso típico entre diferentes sistemas de manejo (Cerrado Nativo - CN; cultivo de soja sob plantio direto - SPD; e cultivo de soja sob Preparo Convencional - SPC) e horários durante a primeira e segunda coleta, em junho e dezembro de 2018 ⁽¹⁾	32

ÍNDICE DE QUADROS E TABELAS

FIGURA 2 - DADOS DA PLUVIOSIDADE DO MUNICÍPIO DE BURITI (MA) DURANTE AS COLETAS DE AMOSTRAS DO SOLO (JUNHO/2018 E DEZEMBRO/2018). FONTE: SILVA JÚNIOR (2018).	18
TABELA 1 - VALORES MÉDIOS DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA, ARGILA DISPERSA EM ÁGUA (ADA) E GRAU DE FLOCULAÇÃO (GF) DE UM ARGISSOLO AMARELO DISTROCOESO TÍPICO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO (CERRADO NATIVO – CN; CULTIVO DE SOJA SOB SISTEMA DE PLANTIO DIRETO – SPD; E CULTIVO DE SOJA SOB SISTEMA DE PREPARO CONVENCIONAL) E PROFUNDIDADES DURANTE A PRIMEIRA COLETA, EM JUNHO DE 2018 ⁽¹⁾	22
TABELA 2 - VALORES MÉDIOS DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA, ARGILA DISPERSA EM ÁGUA (ADA) E GRAU DE FLOCULAÇÃO (GF) DE UM ARGISSOLO AMARELO DISTROCOESO TÍPICO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO (CERRADO NATIVO – CN; CULTIVO DE SOJA SOB SISTEMA DE PLANTIO DIRETO – SPD; E CULTIVO DE SOJA SOB SISTEMA DE PREPARO CONVENCIONAL – SPC) E PROFUNDIDADES DURANTE A SEGUNDA COLETA, EM DEZEMBRO DE 2018 ⁽¹⁾	23
TABELA 3.....	24
TABELA 4 - VALORES MÉDIOS DA DENSIDADE DE PARTÍCULAS (DP), DENSIDADE DO SOLO (Ds) E POROSIDADE TOTAL (PT) DE UM ARGISSOLO AMARELO DISTROCOESO TÍPICO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO (CERRADO NATIVO – CN; CULTIVO DE SOJA SOB PLANTIO DIRETO – SPD; E CULTIVO DE SOJA SOB PREPARO CONVENCIONAL –SPC) E PROFUNDIDADES DURANTE A SEGUNDA COLETA, EM DEZEMBRO DE 2018 ⁽¹⁾	26
TABELA 5 - VALORES MÉDIOS DO DIÂMETRO MÉDIO PONDERADO DOS AGREGADOS (EM MM) DE UM ARGISSOLO AMARELO DISTROCOESO TÍPICO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO (CERRADO NATIVO – CN; CULTIVO DE SOJA SOB PLANTIO DIRETO – SPD; E CULTIVO DE SOJA SOB PREPARO CONVENCIONAL – SPC) E PROFUNDIDADES EM JUNHO DE 2018 ⁽¹⁾	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
	2.1 O Cerrado e a sua Importância para o Estado do Maranhão.....	11
	2.2 Indicadores de Qualidade do Solo.....	13
	2.3 Indicadores Físicos de Qualidade do Solo	14
	2.4 Impactos do Uso e Manejo do Solo nos Indicadores Físicos de Qualidade	15
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5	CONCLUSÕES	32
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
7	REFERÊNCIAS	33
	APÊNDICE 1 - Descrição completa do perfil de solo e análises físico químicas	41

1 INTRODUÇÃO

O aumento contínuo da população mundial e da oferta de alimentos requer uma produção em larga escala e, comumente, a incorporação de novas áreas para a produção agrícola entre elas o Cerrado brasileiro, que se constitui no segundo maior bioma do país (Brochado, 2015). A expansão da fronteira agrícola traz, entretanto, inúmeros transtornos a qualquer ecossistema, inclusive aos cerrados, onde a agricultura comercial é baseada na exploração de grandes áreas.

Dentre essas áreas, a mesorregião Leste do cerrado maranhense tem sido um dos principais polos de produção agrícola no Estado do Maranhão. Em relação aos aspectos físicos da região, encontram-se solos arenosos, acentuadamente drenados, de fertilidade natural baixa e com baixa capacidade de retenção de umidade, associados a solos bem desenvolvidos, profundos, ácidos e bastante porosos (Botelho, 2017). Além disso, estes solos apresentam horizontes coesos que limitam a produção agrícola (Azevedo et al., 2007). Assim, os estudos sobre as características destes solos são importantes para dar suporte ao seu uso e manejo (Ribeiro et al., 2016).

O manejo inadequado do solo representado pelo aumento da produção de *commodities* e suas tradicionais técnicas de plantio são responsáveis por vários impactos ambientais nos recursos hídricos, na biodiversidade e nos solos (Rodrigues, 2005). O plantio convencional é o modelo de agricultura predominante na exploração agrícola dos cerrados, onde esta técnica tem interferido no potencial produtivo dos solos, que são expostos a um processo de degradação de suas características físicas, químicas e biológicas (Pugliese et al., 2017).

A degradação dos solos, ocasionada por diversos fatores, dentre eles, a retirada da vegetação natural e o uso intensivo de máquinas, tem sido um problema ambiental constante nas áreas de produção agrícola. Nessa situação, a adoção do Sistema de Plantio Direto, implantado no Brasil e em diversos outros países, tem como princípio o conjunto de tecnologias para viabilizar a agricultura de forma mais sustentável; assim, recuperar a capacidade produtiva do solo (Silva et al., 2008; Andrade et al., 2018), sem comprometer a sua qualidade.

Segundo Doran e Parkin (1994), a Qualidade do Solo (QS) pode ser conceituada como a capacidade de esse recurso exercer várias funções dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e dos homens. Para avaliar a

qualidade do solo, diversos atributos físicos, químicos e biológicos dos solos, os chamados Indicadores de Qualidade do Solo (IQS), que formam um conjunto de informações para avaliar o comportamento das principais funções do solo, têm sido utilizados.

Os indicadores de qualidade físicos, químicos e biológicos, representam diferentes características do solo que interferem em suas diversas funções e possibilitam o monitoramento das mudanças ocorridas no solo em função do manejo. Esses indicadores podem ou não ter bom desempenho com o manejo do solo estabelecido, o que irá influenciar na produção agrícola (Netto et al., 2009). Dentre os indicadores de qualidade do solo, destacam-se os indicadores físicos, cujas modificações interferem no crescimento e expansão do sistema radicular, na quantidade de poros disponíveis para a circulação do ar, na absorção de água e nutrientes pelas raízes das plantas e na produção das culturas (Richart et al., 2005).

O monitoramento dos indicadores físicos do solo nos diferentes sistemas de manejo visa fornecer informações sobre a qualidade do solo e subsidiar a adoção de sistemas mais racionais de manejo na mesorregião Leste do Cerrado Maranhense. Como hipóteses, espera-se que o sistema de plantio direto possa promover melhorias nos indicadores físicos de qualidade do solo, como a redução da densidade do solo, aumento da porosidade total e da estabilidade de agregados do solo.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos físicos de um Argissolo Amarelo Distrocoeso típico sob vegetação natural de cerrado nativo (CN) e sob dois diferentes sistemas de manejo da cultura da soja: preparo convencional (SPC) e plantio direto (SPD), a fim de selecionar aqueles com melhor performance na avaliação da qualidade do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Cerrado e a sua Importância para o Estado do Maranhão

O Bioma Cerrado abrange uma área de 2,04 milhões de Km², correspondente a 22% do território Nacional. O Cerrado engloba os seguintes Estados: Goiás, Distrito Federal, e parte do Estado de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia, Tocantins, Piauí, Pará e Maranhão (Sano et al., 2007).

O Estado do Maranhão apresenta, aproximadamente, 332 mil Km² de extensão territorial (Batistella et al., 2014), com uma rica e extensa biodiversidade, que pode ser encontrada em três diferentes biomas: o Cerrado, a Amazônia e o bioma Caatinga. Dentre eles, o Cerrado ocupa 64,1% do território maranhense (Araújo, 2016).

O Cerrado se tornou um dos principais polos agrícolas existentes no Brasil, onde a sua vegetação natural tem sido substituída por culturas agrícolas e áreas de pastagens (Silva et al., 2012). No Maranhão, a crescente exploração de áreas do cerrado é impulsionada principalmente pela produção de grãos, sobretudo a soja, concentrada na microrregião de Balsas. Entre os anos de 1990 a 2017, entretanto, o maior crescimento da área plantada de soja foi registrado na microrregião de Chapadinha (Almeida et al., 2019), com destaque para os municípios de Buriti, Anapurus, Brejo e Mata Roma (Nogueira et al., 2012).

Para Presoti (2008), a expansão da sojicultura nos municípios da mesorregião Leste Maranhense de Chapadinha é devida ao regime pluviométrico e grandes extensões de terrenos planos que propiciam o cultivo da soja. Além disso, a região tem proximidade geográfica com o Porto do Itaqui, o que facilita o escoamento da produção de grãos.

A produção em alta escala da soja pode ocasionar diversos danos ao meio ambiente, alguns irreparáveis. A retirada da vegetação natural do Cerrado para a implantação de uma agricultura altamente tecnificada promove a perda da biodiversidade do ecossistema, a contaminação da água, a contaminação do ecossistema com agrotóxicos, alterações nos regimes de queimadas, desequilíbrios no ciclo do carbono, modificações climáticas regionais, erosão do solo e liberação de gases causadores do efeito estufa, entre outros (Dal Soglio e Kubo, 2009; Carvalho et al., 2010).

Nas áreas de Cerrado da região leste do estado, onde ainda pouco se conhece a respeito da cobertura pedológica, existe uma preocupação ambiental com os impactos que a expansão agrícola traz ao ambiente que está inserida, dentre eles, os que afetam diretamente a qualidade do solo. Nessas áreas, relacionadas a sedimentos do Grupo Barreiras, que constituem a unidade geomorfológica dos Tabuleiros Costeiros, os solos apresentam comumente o caráter coeso.

Segundo Lima Neto et al. (2010), os solos coesos são potencialmente limitantes ao desenvolvimento das plantas em razão da elevada resistência mecânica à penetração que possuem quando secos. Empregado no terceiro nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018) para distinção de Latossolos e Argissolos Amarelos relacionado ao Grupo Barreiras, o caráter coeso é:

Usado para distinguir solos com horizontes pedogenéticos subsuperficiais adensados, muito resistentes à penetração de faca ou martelo pedológico e que são de muito duros a extremamente duros quando secos, passando a friáveis ou firmes quando úmidos.

2.2 Indicadores de Qualidade do Solo

A qualidade ambiental dos recursos naturais tem sido uma preocupação constante, particularmente do solo e da água, pelos sérios impactos que os mesmos vêm sofrendo. A qualidade do solo procede das prioridades estabelecidas. Diante disso, a sua funcionalidade múltipla deve ser levada em consideração para não comprometer, no futuro, o desempenho de algumas de suas funções (Pontes, 2016).

Os indicadores de qualidade do solo (IQS) são ferramentas que avaliam o desempenho das principais funções do solo submetidas aos diferentes uso e manejo. Determinar um indicador simples e confiável para mensurar a qualidade do solo é um desafio para os pesquisadores, pois a qualidade do solo é a relação entre as propriedades biológicas, físicas e químicas, e o bom funcionamento dessas propriedades permite ao solo exercer suas funções (Vezzani e Mielniczuk., 2009). No nível atual da pesquisa, as propriedades do solo permitem controlar as principais mudanças relacionadas à sua qualidade a médio e longo prazos (Silva et al., 2011).

Os Indicadores de Qualidade do Solo podem ser físicos, químicos e biológicos. Desses, os indicadores biológicos são os responsáveis pela decomposição dos resíduos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia dentro do solo (Oliveira, 2015). Além disso, são capazes de dar respostas mais rápidas às mudanças na qualidade do solo, característica não observada nos indicadores químicos ou físicos (Araújo et al., 2007). A população, a diversidade e a atividade dos microrganismos nos sistemas agrícolas estão associadas à resposta aos diferentes distúrbios provocados pelo uso e manejo do solo de forma que as comunidades microbianas são um importante fator para a qualidade de um solo.

Segundo Lira et al. (2012), vários parâmetros químicos apresentam importância como indicadores da qualidade do solo, entre os quais: o carbono orgânico, a capacidade de troca de cátions, a capacidade de troca de ânions, o pH, a saturação por alumínio, saturação de bases e a condutividade elétrica. Para Vieiro (2015), o uso intensivo do solo pode ocasionar a perda de sua fertilidade natural, reduzir os teores de matéria orgânica e de nutrientes, os quais geralmente estão relacionados com o revolvimento do solo. Dentre os indicadores químicos, a matéria orgânica assume grande importância na melhoria da qualidade do solo, por estar direta e indiretamente relacionada a outros atributos (Conceição et al., 2005).

Entre os indicadores físicos destacam-se: a textura, espessura, densidade do solo, resistência à penetração, macroporosidade e microporosidade, porosidade total e a estabilidade de agregados. Na proporção em que se intensifica o uso agrícola do solo, os

atributos físicos sofrem alterações, que se tornam mais nítidas quando os sistemas de uso são comparados com aqueles que ainda se encontram sob vegetação natural (Santos, 2010). Nessa situação, conhecer os indicadores físicos e o seu comportamento mediante o uso e manejo é essencial para que o solo possa desempenhar o seu potencial de produção agrícola.

2.3 Indicadores Físicos de Qualidade do Solo

O manejo adotado e o tempo de uso agrícola do solo provocam mudanças passíveis de serem medidas nos indicadores de qualidade do solo. Conhecer e monitorar os atributos físicos do solo são essenciais para a manutenção da sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Spera et al., 2009), pois estes atributos estabelecem relações fundamentais no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo (Gomes e Filizola, 2006).

A avaliação dos atributos físicos do solo permite estabelecer a eficiência ou não dos sistemas de manejo quando o objetivo é a melhoria da qualidade do solo. Para Araújo et al. (2012), a textura, espessura, densidade do solo, resistência à penetração, macroporosidade, porosidade total, capacidade de retenção d'água, condutividade hidráulica e estabilidade de agregados são indicadores físicos que permitem estimar a qualidade dos solos influenciada pelo manejo, local de amostragem e profundidade de avaliação (Effgen et al., 2012).

A composição granulométrica do solo é a relação do percentual das partículas de areia, silte e argila. Esta propriedade está diretamente relacionada com a mineralogia do material de origem, as condições climáticas que atuam sobre esse material e a sua posição na paisagem (Nogueira, 2017), sendo um atributo pouco sujeito a modificações provenientes do uso e manejo do solo. A argila dispersa em água (ADA) e o grau de floculação (GF) são parâmetros essenciais para o estudo da qualidade do solo, já que o primeiro contribui para formação de camadas adensadas e o segundo está relacionado à agregação das partículas do solo (Santos et al., 2010).

A densidade do solo representa a relação entre a massa de sólidos e o volume total que essa massa ocupa. A densidade pode estabelecer a compactação do solo, pois quanto maior a densidade do solo, mais compacto ele tende a se apresentar (Ramos et al., 2019). Além disso, esse parâmetro reflete o arranjo das partículas do solo, de modo que variações em função da mineralogia, estrutura, teor de matéria orgânica, profundidade do solo e o seu uso e manejo agrícola irão influenciar o comportamento deste atributo (Oliveira, 2016). Em contrapartida, a densidade de partículas é um atributo físico estável do solo, portanto não sujeito às variações provenientes do manejo (Santos et al., 2009).

A porosidade é a proporção do volume do solo que não é ocupado por partículas sólidas e esse espaço poroso é por onde a água e o ar fluem (Arruda, 2014). A porosidade total inclui a presença de macroporos que são responsáveis pela capacidade de aeração e o fluxo de água; e de microporos que possuem a função de reter a água. Os poros totais assumem importância para os processos físicos, químicos e biológicos do solo, como por exemplo, a infiltração, drenagem e a retenção da água, difusão de nutrientes, a população de microrganismos e o crescimento das raízes (Moreira e Siqueira, 2002 apud Mendes et al., 2006).

Um indicador importante para qualidade do solo é a estabilidade dos agregados, pois se trata de um atributo dinâmico e sensível às variações resultantes das práticas de manejo adotadas (Fernandes et al., 2017). Para Salton et al. (2008) sistemas de manejo que possibilitem a formação de agregados mais resistentes são desejáveis para que a estrutura do solo não tenha grandes alterações quando o solo for submetido a forças externas. Dentre esses sistemas, um dos mais recomendados tem sido o de plantio direto (Torres et al., 2015).

Quanto à resistência do solo à penetração, esta está associada ao impedimento mecânico que o solo oferece ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Andrade et al., 2013). Para Monteiro et al. (2017), a resistência do solo à penetração tem sido um parâmetro relacionado com a compactação, ou seja, solos mais compactos apresentam maior resistência à penetração. Portanto, este parâmetro é fundamental para a avaliação dos efeitos dos sistemas de manejo na qualidade física do solo.

O preparo do solo altera suas características naturais e, da mesma forma o manejo nele implantado, altera seus atributos, principalmente, da camada superficial. Diante disso, a temperatura do solo exerce grande influência no comportamento dos atributos biológicos, químicos e físicos (Furlani et al., 2008). O uso de práticas de manejo que visam à cobertura o solo, como o sistema de plantio direto, diminui a temperatura do solo que favorece um ambiente físico-químico melhor para o desenvolvimento e crescimento das plantas.

2.4 Impactos do Uso e Manejo do Solo nos Indicadores Físicos de Qualidade

A escolha do uso e manejo do solo tem influência em sua qualidade. Conforme o solo é submetido ao uso agrícola, as propriedades físicas, químicas e biológicas sofrem alterações, geralmente desfavoráveis à produção agrícola. As alterações advindas do manejo são mais pronunciadas nos sistemas convencionais de preparo do solo do que nos conservacionistas (Fontenele, 2006).

O sistema de preparo convencional (SPC) consiste no revolvimento do solo com o intuito de promover condições favoráveis para o crescimento das plantas. Entretanto, esse revolvimento pode acarretar sérios problemas às propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Assis e Lança (2005) relatam que a utilização intensiva de equipamentos agrícolas na semeadura, tratos culturais e colheita favorece o aumento da compactação, principalmente na zona de exploração do sistema radicular da planta.

Em contrapartida, o Sistema de Plantio Direto (SPD) tem sido uma prática de preparo do solo que traz em sua essência a busca pelo equilíbrio do ecossistema, que consiste no mínimo revolvimento do solo, na formação de cobertura morta ou palhada e na rotação de culturas (Mingotte, 2014). Para viabilizar o plantio direto, é necessária a utilização de plantas de cobertura que possibilitem a manutenção da palhada sobre o solo influenciando uma maior produção e sustentabilidade para as culturas em sucessão (Fiorentin et al., 2012). Além disso, recomenda-se a utilização de plantas que possuem o sistema radicular bem agressivo em sistemas de plantio direto.

Cherubin et al. (2015) ao estudarem a qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes, afirmam que as propriedades físicas do solo são potenciais indicadores para avaliar a qualidade do solo, verificadas pelas alterações significativas da densidade, resistência à penetração, macroporosidade e porosidade total, promovidas pelos sistemas de manejo. Também Soares et al. (2016) ao avaliarem indicadores físicos do solo em três áreas no estado do Amazonas (vegetação nativa, pastagem e plantio do milho em sistema convencional) concluíram que o uso da pastagem e o plantio do milho em sistema convencional alteraram os atributos do solo, especialmente a densidade do solo, resistência do solo à penetração e volume total de poros. Silva (2008), comparando as propriedades físicas de um Latossolo Vermelho cultivado no sistema de plantio direto, verificou haver maior porosidade total na área de mata nativa, tendo reportado também melhoria desse atributo na área de plantio direto, após seis anos de adoção do sistema.

Estudando o estoque de carbono e a estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho distrófico sob diferentes manejos, Rozane et al. (2010) verificaram na área de preparo convencional menor estabilidade de agregados. Tais resultados corroboram os reportados Rocha et al. (2013) ao compararem a estabilidade de agregados sob diferentes sistemas de manejo em Latossolo no Sudoeste do Piauí, que observaram que o plantio direto aumenta os índices de agregação em relação ao preparo convencional, mas os diminui, quando comparado à mata nativa, o que atribuíram à maior quantidade de matéria orgânica nesta última.

Outro parâmetro físico utilizado na avaliação da qualidade do solo é a temperatura deste, por influenciar diretamente na evaporação de água do solo e na atividade da microbiota. Para Rodrigues et al. (2018), a redução da temperatura do solo proporcionada pela presença de cobertura vegetal morta sobre o solo pode trazer benefícios para o ecossistema solo-planta por reduzir a luminosidade e manter a umidade do solo. Avaliando o efeito de diferentes tipos e quantidades de cobertura morta sobre a temperatura do solo, Gasparim et al. (2015) verificaram maior amplitude de temperatura térmica entre solos com e sem cobertura morta até os primeiros 10 cm de profundidade.

Mas nem todos os atributos físicos do solo servem como indicadores de qualidade, como ressaltado por Silva et al. (2015), ao estudarem diferentes sistemas de uso na mesorregião do agreste paraibano que concluíram que, diferentemente da densidade do solo, a densidade de partículas, por ser um atributo mais relacionado à constituição mineralógica do solo, não é influenciada pelos sistemas de manejo utilizados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo (Fazenda Tamboris) está localizada no Município de Buriti (Ma), na mesorregião leste do Estado do Maranhão (**Figura 1**). A vegetação original é do tipo cerrado subcaducifólio, com relevo predominantemente plano, de chapadas baixas.

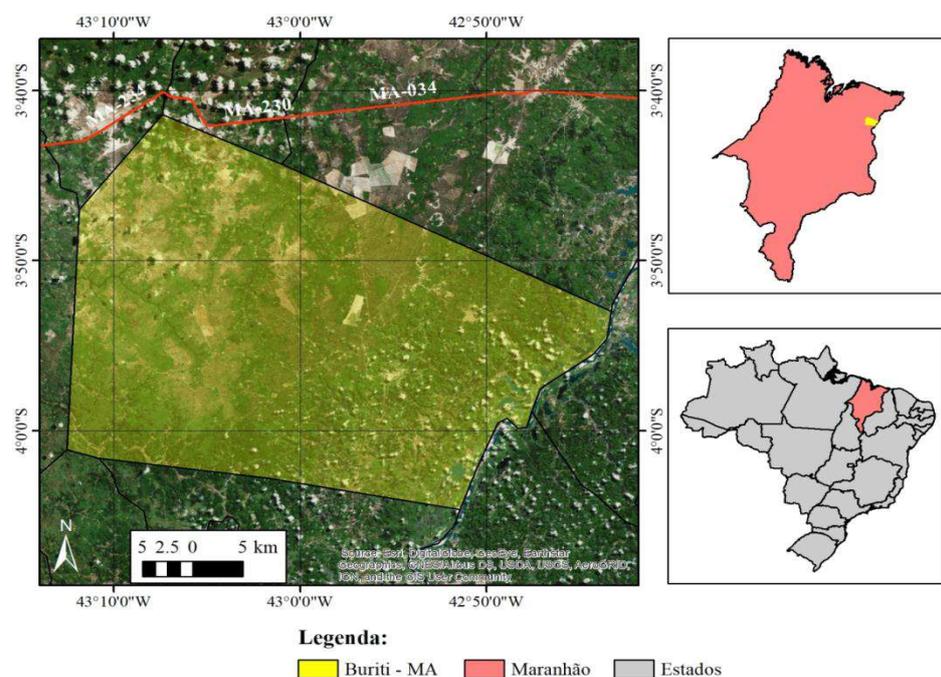


Figura 1 - Localização do Município de Buriti no Estado do Maranhão. Fonte: Silva Júnior (2018).

Do ponto de vista geológico, o município é constituído pela Formação Itapecuru, do Cretáceo Superior e pelo Grupo Barreiras, do Terciário (MME, 1986). O clima da região segundo Köppen é Aw, equatorial quente e úmido com precipitação média anual de 1.800 mm (Embrapa, 1986), com duas estações bem definidas: a estação chuvosa, que se estende de janeiro a junho e a estação seca, de julho a dezembro. Os dados de pluviosidade mensal do município de Buriti (MA) durante as duas coletas de amostras do solo em junho/2018 e dezembro/2018, encontram-se na **Figura 2**.

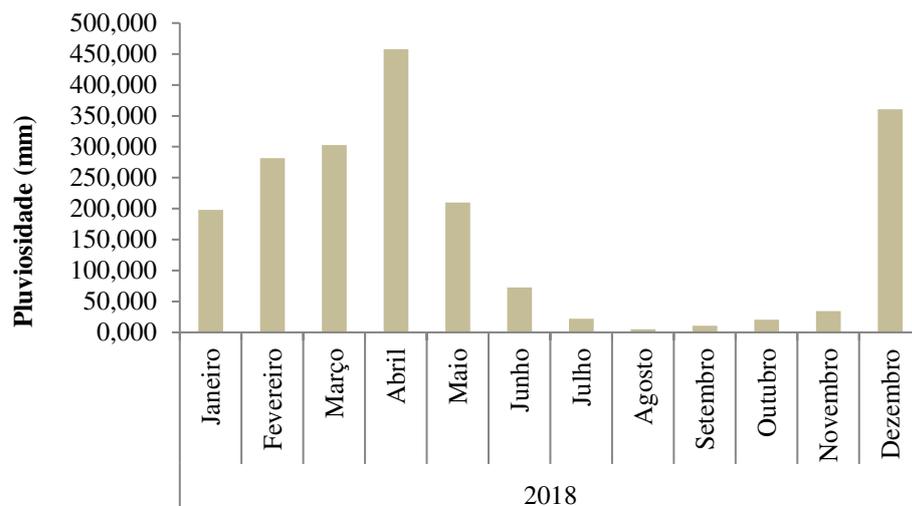


Figura 2 - Dados da pluviosidade do município de Buriti (MA) durante as coletas de amostras do solo (junho/2018 e dezembro/2018). Fonte: Silva Júnior (2018).

Na Fazenda Tamboris, três áreas contíguas com a mesma classe de solo – Argissolo Amarelo Distrocoeso típico (Pereira, 2017) foram estudadas: área de vegetação de cerrado nativo (CN) sem interferência antrópica (usada como testemunha mais próxima do equilíbrio); área com cultivo de soja com preparo convencional (SPC) desde o ano de 2010; e área com cultivo de soja em sistema de plantio direto (SPD) (**Figura 3**).

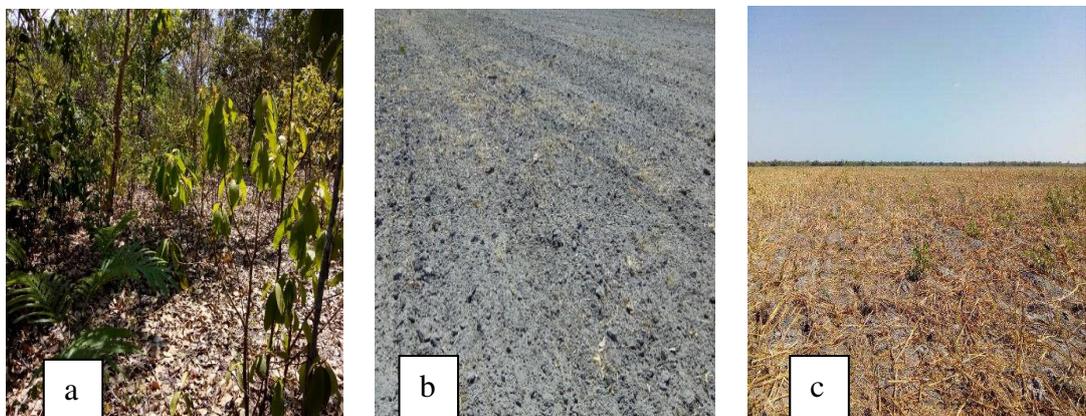


Figura 3 - Áreas do estudo: (a) Cerrado nativo - CN; (b) Sistema de preparo convencional - SPC; (c) Sistema de plantio direto - (SPD). Fonte: Silva (2017).

No Quadro 1, encontra-se o histórico de uso das três áreas avaliadas.

Quadro 1 - Descrição do uso e manejo do solo da Fazenda Tamboris, localizada no município de Buriti – Maranhão.

ÁREAS	HISTÓRICO DE USO E MANEJO DAS ÁREAS DE ESTUDO
Cerrado Nativo (CN)	Sem interferência antrópica.
Sistema de Preparo Convencional (SPC)	Área desmatada no ano de 2010, cultivada sob sistema de preparo convencional com revolvimento intensivo do solo até a profundidade de 40 cm. O preparo do solo é feito através de uma aração e uma gradagem com discos de 32 pol.
Sistema de Plantio Direto (SPD)	Área com mesmo histórico de uso e manejo da área de preparo convencional até o ano agrícola de 2013/2014. No ano agrícola 2014/2015 foi implantado o sistema plantio direto com o cultivo da soja, utilizando o milho na formação da palhada. A semeadura do milho é realizada após a colheita da soja no mês de junho ou julho, e a dessecação no mês de janeiro a fevereiro. Antes da semeadura da soja (após a dessecação do milho), a área recebe adubação nos sulcos de plantio com superfosfato simples (250 kg/ha) e cloreto de potássio (150 kg/ha), além de calagem superficial (sem incorporação ao solo), com calcário dolomítico PRNT 70% na quantidade de 1t/ha.

Nas três áreas, em cada coleta, foram alocadas cinco unidades amostrais (minitrincheiras) nas dimensões de 1m de largura x 1 m de comprimento x 0,50 m de profundidade. Em cada unidade amostral foi coletada uma amostra indeformada com anéis de Kopecky com capacidade de 100 cm³, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. Amostras deformadas compostas também foram coletadas em cada uma das três áreas, usando-se para isso um trado holandês. As amostras foram coletadas nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm e 30-40 cm. As amostras de solo, em cada profundidade, foram retiradas, etiquetadas e acondicionadas em sacos plásticos para serem levadas ao laboratório de Física do Solo da Universidade Estadual do Maranhão.

Para a determinação dos índices de qualidade do solo foram avaliados os seguintes atributos físicos segundo a metodologia preconizada por Teixeira et al. (2017):

- a) Composição Granulométrica

A fração areia foi removida por tamisação em peneira de 0,053 mm. As frações silte e argila foram separadas por sedimentação e posterior pipetagem da argila em suspensão. As frações argila e areia foram calculadas após pesagem em estufa a 105 °C, sendo o silte calculado por diferença.

b) Densidade de partículas

Utilizou-se o método do balão volumétrico, sendo determinado o volume de álcool necessário para completar a capacidade do balão de 50 ml contendo solo previamente seco em estufa;

c) Densidade do solo

Calculada pelo método no anel volumétrico ($D_s = m/v$, onde: D_s = densidade do solo; m = massa do solo da amostra seca a 105°C; v = volume do anel);

d) Microporosidade

Foi determinada por meio de retenção de água após saturação das amostras do solo e submetidas às tensões de 10 kPa em mesa de tensão de areia. A partir dos resultados obtidos, foram calculadas a porosidade total e a macroporosidade.

e) Porosidade total (Pt)

Calculada pela fórmula $(100 \times (D_s - D_p)/D_p)$ onde: D_s = densidade do solo; D_p = densidade de partícula;

f) Macroporosidade

Calculada pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade.

g) Estabilidade dos agregados

Em junho/2018 foram coletados monólitos com dimensões de 10 cm x 10 cm x 10 cm nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm para que fosse determinada a estabilidade de agregados do solo nas três áreas de estudo. Os monólitos foram encaminhados para o Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro para a obtenção dos resultados da estabilidade dos agregados pelo método por via seca (Teixeira et al., 2017). Por meio da massa dos agregados, avaliou-se a distribuição dos agregados por classes de diâmetro médio (2,0–1,0; 1,0–0,5; 0,5–0,25; 0,25–0,105 mm). Os valores do diâmetro médio ponderado (DMP) foram obtidos de acordo com a expressão de Kemper e Rosenau (1986):

$$DMP = \sum (x \cdot w)$$

em que DMP = diâmetro médio ponderado (mm); w – proporção de agregados em cada classe/peneira (i), em %. x – diâmetro médio de cada classe, em mm.

A temperatura do solo foi determinada pela média aritmética de sete leituras em cada área de uso e preparo do solo, três vezes ao dia (às 8hs, às 12hs e às 16hs), usando-se para isso um termômetro de solo a 5 cm de profundidade.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ANOVA, sendo os efeitos de profundidade, cobertura vegetal e das interações cobertura vegetal x profundidade avaliados pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de 5%. A análise estatística foi realizada utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A descrição morfológica completa do perfil de solo na área de cerrado nativo descrito por Pereira (2017), encontra-se no APÊNDICE 1.

Os valores médios da composição granulométrica referentes à primeira coleta (**Tabela 1**) indicaram o predomínio da fração areia nos diferentes sistemas de manejo e profundidades avaliadas. A fração areia (areia grossa + areia fina) predominou em todas as profundidades, com maior proporção da fração areia fina em relação à areia grossa, característica já observada por Dantas et al. (2014) em solos da região que são provenientes de depósitos sedimentares do Grupo Barreiras.

De uma forma geral, com o aumento da profundidade, os teores de areia grossa e areia fina apresentaram tendência de diminuição, comportamento inverso ao que foi observado para a fração argila total, que aumentou em profundidade em todas as três áreas avaliadas, o que já era esperado em se tratando de um Argissolo, corroborando os resultados reportados por Araújo Filho et al. (2001), que já haviam observado um incremento de argila em profundidade em solos dos Tabuleiros Costeiros. Entre as áreas, não foram verificadas diferenças estatísticas entre os valores da fração argila.

Os valores médios de silte variaram de 87-94 g kg⁻¹, 81-141 g kg⁻¹ e 80-181 g kg⁻¹, nas áreas de CN, SPD e SPC, respectivamente. Os teores de silte observados nas áreas de SPC e SPD podem resultar de pequenas variações locais do solo. Resultados similares dos valores médios de silte foram descritos por Vieira et al. (2012), ao estudarem Argissolos coesos dos Tabuleiros Costeiros do Ceará.

Em relação à argila natural ou argila dispersa em água (ADA), verifica-se comportamento não usual desse parâmetro e, por conseguinte, do grau de floculação (GF), no SPD, que apresentou, por ocasião da primeira coleta, maiores valores de ADA e menores de GF do que as demais áreas. Em profundidade, não ocorreram diferenças estatísticas quanto ao grau de floculação (GF) em relação à três áreas avaliadas. Pragana et al. (2012), que também

encontraram maiores valores de ADA no SPD, esclarecem que a adição de fertilizantes pode contribuir para o aumento da ADA nas áreas cultivadas, devido ao efeito dispersante de alguns elementos químicos adicionados ao solo, a exemplo do potássio. Prado e Natale (2006) encontraram maior grau flocculação em áreas de cerrado quando comparadas ao plantio direto; além disso, os autores observaram a diminuição deste parâmetro em profundidade e sugeriram que este efeito procede da menor contribuição da matéria orgânica em subsuperfície.

Tabela 1 - Valores médios da Composição Granulométrica, Argila Dispersa em Água (ADA) e Grau de Flocculação (GF) de um Argissolo Amarelo Distrocoeso típico em diferentes sistemas de manejo (cerrado nativo – CN; cultivo de soja sob sistema de plantio direto – SPD; e cultivo de soja sob sistema de preparo convencional) e profundidades durante a primeira coleta, em junho de 2018⁽¹⁾.

Área	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	ADA	GF
	-----g kg ⁻¹ -----					(%)
Profundidade de amostragem (10-20cm)						
CN	301aA	474aA	87bA	138aA	20bA	85aA
SPD	296aA	425aB	141abA	138aA	42aA	69bA
SPC	277aB	442aA	181aA	100aB	26bB	74abA
CV (%)	11,3	8,99	29,73	21,31	24,11	10,94
Profundidade de amostragem (10-20cm)						
CN	300aA	444aA	94bA	162aA	22aA	86aA
SPD	310aA	440aAB	130aA	120aA	26aB	82abA
SPC	308aAB	450aA	110abB	132aAB	28aB	79bA
CV (%)	10	9,25	22,48	10,46	19,07	4,55
Profundidade de amostragem (20-30cm)						
CN	302abA	420bA	104aA	174aA	28aA	83aA
SPD	280bA	484aA	81aA	155aA	40aA	74bA
SPC	340aA	436bA	80aB	144aA	30aB	79abA
CV (%)	9,2	6,52	30,24	9,23	23,04	5,03
Profundidade de amostragem (30-40cm)						
CN	322aA	416aA	98bA	164aA	26bA	84aA
SPD	278aA	453aAB	135aA	134aA	32abAB	76bA
SPC	323aAB	413aA	124aAB	140aAB	44aA	68bA
CV (%)	15,2	7,07	31	13,47	22,78	6,55

⁽¹⁾Letras minúsculas comparam médias entre diferentes sistemas de manejo do solo dentro de uma mesma profundidade. Letras maiúsculas comparam médias dentro do mesmo sistema de manejo em diferentes profundidades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na segunda coleta, apesar de terem sido observadas diferenças significativas nos valores médios de argila, silte e areia fina entre o CN, SPD e SPC, as variações são semelhantes aos resultados encontradas na primeira coleta. Muito embora não tenha havido diferenças significativas entre as áreas de manejo no grau de flocculação (GF) e argila dispersa em água (ADA), observa-se um aumento no GF na área de SPD em relação à primeira coleta, o que pode ser um indício de um princípio de estabilização do sistema pela adição de compostos orgânicos ao solo (**Tabela 2**).

Tabela 2 - Valores médios da Composição Granulométrica, Argila Dispersa em Água (ADA) e Grau de Floculação (GF) de um Argissolo Amarelo Distrocoeso típico em diferentes sistemas de manejo (cerrado nativo – CN; cultivo de soja sob sistema de plantio direto – SPD; e cultivo de soja sob sistema de preparo Convencional – SPC) e profundidades durante a segunda coleta, em dezembro de 2018⁽¹⁾.

Área	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	ADA	GF
	-----g kg ⁻¹ -----					(%)
Profundidade de amostragem (10-20cm)						
CN	339aA	453aA	56bC	152aA	34aA	77aA
SPD	333aA	446aB	110aA	111bB	23aA	79aA
SPC	276aA	487aA	127aA	110bB	35aA	68aB
CV (%)	15,67	7,2	23,17	16,67	30,21	11,02
Profundidade de amostragem (10-20 cm)						
CN	321aA	436bA	97aBC	146aA	36aA	75aA
SPD	285aAB	493aA	77aB	145aA	26aA	82aA
SPC	303aA	483aA	64aB	150aA	28aA	81aA
CV (%)	12,45	5,78	28,27	14,12	32,15	11,22
Profundidade de amostragem (20-30 cm)						
CN	292aA	438bA	100aB	170aA	38aA	77aA
SPD	253aAB	488aAB	105aA	154aA	38aA	75aA
SPC	251aA	490aA	97aAB	162aA	42aA	74aA
CV (%)	14,17	5,12	15,65	10,39	27,85	7,64
Profundidade de amostragem (30-40 cm)						
CN	280aA	416bA	150aA	154aA	24aA	84aA
SPD	238aB	482aAB	130bA	150aA	22aA	85aA
SPC	248aA	492aA	93cAB	158aA	32aA	81aA
CV (%)	12,58	7,04	7,79	15,63	32,33	7,37

⁽¹⁾ Letras minúsculas comparam médias entre diferentes sistemas de manejo do solo dentro de uma mesma profundidade. Letras maiúsculas comparam médias dentro do mesmo sistema de manejo em diferentes profundidades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados de densidade de partícula (Dp), densidade do solo (Ds) e porosidade total (PT) provenientes da primeira coleta podem ser observados na **Tabela 3**. Os valores médios de Dp não diferiram estatisticamente dentro do mesmo uso em diferentes profundidades e nos diferentes sistemas de uso e manejo do solo dentro da mesma profundidade.

Observando-se os dados, verifica-se que não houve diferença entre tratamentos para a densidade de partículas (Dp). Essa equidade nos resultados da Dp corrobora as observações Rühlmann et al. (2006), segundo os quais a Dp é um atributo do solo que está relacionado com a composição mineralógica e não é influenciado pelo manejo solo. Também Guareschi et al. (2012) em estudo sobre a densidade de partículas em diferentes manejos no cerrado goiano não encontraram diferenças estatísticas nos valores de Dp, que estiveram entre 2,59 e 2,64 g cm⁻³. A predominância de quartzo nos solos oriundos do Grupo Barreiras é indicada pelos

valores médios da densidade de partículas que variaram entre 2,52 e 2,59 g cm⁻³, médias que são semelhantes ao da massa específica do quartzo (2,65 g cm⁻³).

Tabela 3 - Valores médios da densidade de partículas (Dp), densidade do solo (Ds) e porosidade total (PT) de um Argissolo Amarelo Distrocoeso típico em diferentes sistemas de manejo (cerrado nativo – CN; cultivo de soja sob sistema de plantio direto – SPD; e cultivo de soja sob sistema de preparo convencional – SPC) e profundidades durante a primeira coleta, em junho de 2018⁽¹⁾.

Áreas	Profundidade de amostragem			
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm
—— Densidade de Partículas (g cm ⁻³) ——				
CN	2,57 aA	2,58 aA	2,55 aA	2,57 aA
SPD	2,56 aA	2,54 aA	2,52 aA	2,59 aA
SPC	2,54 aA	2,58 aA	2,53 aA	2,56 aA
CV (%)	1,81	2,27	0,98	2,46
—— Densidade do Solo (g cm ⁻³) ——				
CN	1,53 aB	1,55 aB	1,65 aAB	1,68 aA
SPD	1,33 bB	1,43 bB	1,59 aAB	1,62 aA
SPC	1,49 aB	1,58 aAB	1,58 aAB	1,62 aA
CV (%)	6,45	10	5,2	8,73
—— Porosidade Total (%) ——				
CN	40 bA	39 aA	35 aA	36 aA
SPD	48 aA	43 aAB	37 aB	37 aB
SPC	41 aA	38 aA	38 aA	36 aA
CV (%)	8,17	11,01	8,61	7,06

⁽¹⁾Letras minúsculas comparam médias entre diferentes sistemas de manejo do solo dentro de uma mesma profundidade. Letras maiúsculas comparam médias dentro do mesmo sistema de manejo em diferentes profundidades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto à densidade de solo (Ds), os valores observados na área de SPD até 20 cm de profundidade diferiram estatisticamente do CN e SPC, não sendo registradas diferenças entre áreas abaixo dessa profundidade. O CN e SPC não diferiram estatisticamente entre si nas profundidades avaliadas. No SPD, os valores deste parâmetro variaram de 1,33 a 1,62 g cm⁻³. Em relação às profundidades no Cerrado Nativo, Preparo Convencional e Plantio direto, foram observadas diferenças significativas neste parâmetro nas camadas mais profundas, o que se deve à própria ação da gravidade sobre as partículas do solo e a redução nos teores de matéria orgânica em profundidade. Braida et al. (2006) ao utilizarem um ensaio de Procton, constaram que à medida que a quantidade de matéria orgânica é reduzida, maiores são os valores da densidade do solo. Para Reichert et al. (2003), valores de Ds acima de 1,50 g cm⁻³, em solos de textura média a argilosa, são considerados altos e possíveis de apresentar compactação.

O valor médio da densidade do solo no cerrado nativo pode estar relacionado com o caráter coeso que alguns horizontes dos solos oriundos do Grupo Barreiras costumam

apresentar, principalmente nas camadas subsuperficiais (Giarola et al., 2002). Em estudos sobre a gênese de solos coesos do leste maranhense Dantas et al. (2014), encontraram valores semelhantes de D_s em áreas de cerrado, sem interferência antrópica. Os valores da densidade variaram entre $1,46 \text{ g cm}^{-3}$ a $1,58 \text{ g cm}^{-3}$

Sistema de Plantio Direto apresentou os menores valores de densidade do solo em relação ao Preparo Convencional e Cerrado Nativo já na primeira coleta, ao contrário do reportado por Souza et al. (2005), que relatam que nos primeiros anos de SPD ocorre um aumento da D_s devido à acomodação das partículas e que, posteriormente, pode diminuir em virtude do incremento de matéria orgânica. Silva et al. (2008) ao avaliarem as propriedades físicas de um Latossolo Vermelho cultivado no sistema de plantio direto, observaram que quatro anos de adoção de sistema de SPD não foram suficientes para diminuir a densidade do solo, enquanto que com seis anos de adoção do sistema houve redução deste parâmetro em relação ao SPC.

Em relação aos valores médios da primeira coleta da porosidade total (PT), as maiores porosidades totais foram encontradas na área de SPD até os 20 cm de profundidade. Em todas as áreas ocorreu diminuição da porosidade com a profundidade. Esta diminuição do volume de poros totais está relacionada com o aumento da densidade do solo em profundidade. Assim, os valores variaram entre 35 e 40 % no Cerrado Nativo (CN), de 36 a 48 % no Plantio Direto (PD) e de 36 a 41% no Sistema Preparo Convencional (SPC).

Os resultados de densidade de partícula (D_p), densidade do solo (D_s) e porosidade total (PT) provenientes da segunda coleta podem ser observados na **Tabela 4**. Na segunda coleta, os valores médios de D_p foram semelhantes aos encontrados na primeira coleta.

O comportamento da densidade de partículas nos sistemas de manejo e área de cerrado foi similar ao da primeira coleta. Não houve diferença estatística entre as áreas de manejo e o cerrado. Porém, observa-se menor densidade do solo no SPD. Esta redução é promovida, principalmente, pela manutenção dos restos de cultura na superfície do solo e pelo não revolvimento do solo. Resultados semelhantes foram descritos por Pires et al. (2008) ao estudarem o manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. Os autores justificam que a palhada do milho proporcionou menor densidade ao solo, quando comparado com área sem o cultivo de safrinha.

Tabela 4 - Valores médios da densidade de partículas (Dp), densidade do solo (Ds) e porosidade total (PT) de um Argissolo Amarelo Distrocoeso típico em diferentes sistemas de manejo (cerrado nativo – CN; cultivo de soja sob plantio direto – SPD; e cultivo de soja sob Preparo Convencional –SPC) e profundidades durante a segunda coleta, em dezembro de 2018⁽¹⁾.

Áreas	Profundidade de amostragem			
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm
—— Densidade de Partículas ($g\ cm^{-3}$) ——				
CN	2,44 aA	2,44 aA	2,50 aA	2,49 aA
SPD	2,48 aA	2,47 aA	2,53 aA	2,50 aA
SPC	2,52 aA	2,52 aA	2,53 aA	2,48 aA
CV (%)	1,16	1,15	1,32	1,1
—— Densidade do Solo ($g\ cm^{-3}$) ——				
CN	1,54 aA	1,63 aA	1,65 aA	1,67 aA
SPD	1,43 aA	1,54 aA	1,61 aA	1,59 aA
SPC	1,50 aA	1,60 aA	1,60 aA	1,55 aA
CV (%)	6,16	5,95	5,75	7,6
—— Porosidade Total (%) ——				
CN	37 aA	33 aA	34 aA	33 aA
SPD	42 aA	38 aB	37 aAB	36 aAB
SPC	40 aA	37 aA	37 aA	37 aA
CV (%)	9,37	7,83	5,65	7,7

⁽¹⁾ Letras minúsculas comparam médias entre diferentes sistemas de manejo do solo dentro de uma mesma profundidade. Letras maiúsculas comparam médias dentro do mesmo sistema de manejo em diferentes profundidades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação à porosidade total (PT), na segunda coleta, a área de cerrado nativo diferiu significativamente das áreas de manejo nas profundidades de 0-10 e 20-30. Os valores variaram entre 33 e 37 % no CN, de 36 a 42 % no SPD e de 37 a 40% no Sistema Preparo Convencional (SPC). Este parâmetro diminuiu após os primeiros 10 cm de profundidade. Costa et al. (2006) justificam que o menor volume de poros totais a partir da profundidade de 10 cm, ocorre em função do menor teor de matéria orgânica e do acúmulo das pressões em profundidade.

O volume de poros totais (PT) do SPD não diferiu estatisticamente do SPC, entretanto Silva et al. (2008) ao avaliarem o efeito do tempo de adoção do sistema de plantio direto em algumas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico notaram que com o passar dos anos a porosidade total tem a predisposição de aumentar seus valores. Loss et al. (2017) justificam que os maiores valores de poros totais no SPD comparado ao SPC é proveniente da presença de raízes das plantas de cobertura associada ao não revolvimento do solo, o que promove melhorias na biota do solo e maiores índices de agregação, favorecendo a maior porosidade total na camada superficial do solo.

Na **Figura 4**, apresenta-se a distribuição dos macroporos e microporos do solo nas quatro profundidades avaliadas durante a coleta realizada em junho de 2018.

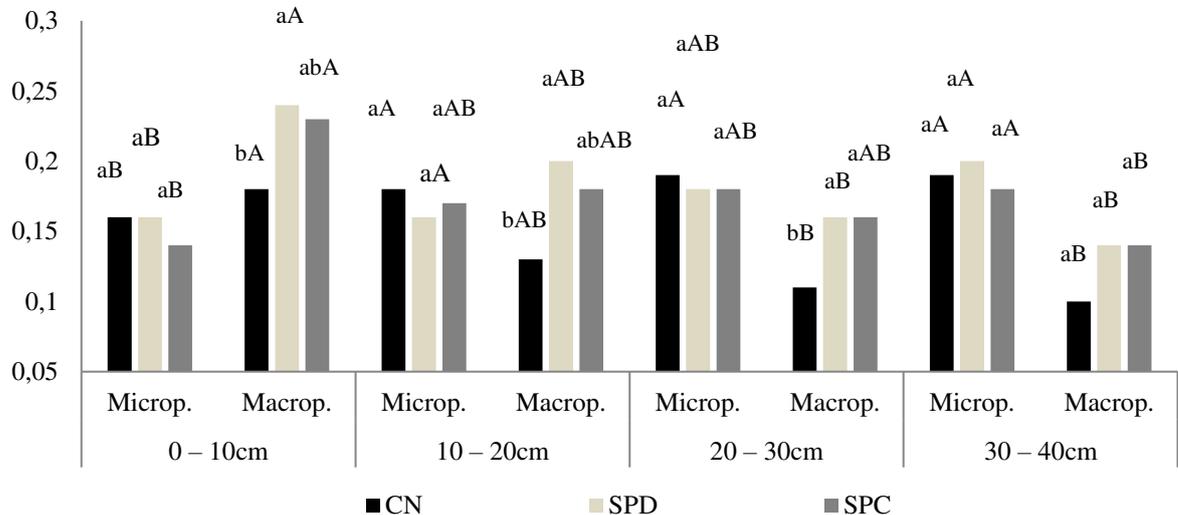


Figura 4 - Valores médios de macroporos ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) e microporos ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) de um Argissolo Distrocoeso típico em diferentes sistemas de manejo (cerrado nativo - CN; cultivo de soja sob plantio direto - SPD; e cultivo de soja sob Preparo Convencional - SPC) e profundidades durante a primeira coleta, em junho de 2018⁽¹⁾.

⁽¹⁾Letras minúsculas comparam médias entre diferentes sistemas de manejo do solo dentro de uma mesma profundidade. Letras maiúsculas comparam médias dentro do mesmo sistema de manejo em diferentes profundidades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, o cerrado nativo (CN) apresentou diferenças significativas no volume de macroporos em relação aos dois manejos estudados (SPC e SPD), resultado inesperado devido ao possível fato de que esse sistema apresenta certo equilíbrio, como observado por Andrade et al. (2009) ao verificarem que solos de mata e campos nativos apresentam maior macroporosidade, quando comparado aos solos cultivados.

Observa-se aumento da macroporosidade nas áreas cultivadas quando comparadas à área sem interferência antrópica, com tendência de valores ligeiramente superiores na área de SPD em relação SPC, muito embora, sem diferenças estatisticamente significativas. Entretanto, pode-se observar um aumento de macroporos no SPD na profundidade de 0-10 cm e 10-20 cm quando relacionado ao SPC. A redução dos valores de macroporos no SPC, possivelmente, procede da desagregação do solo pelo preparo e uso mais intenso de máquinas e implementos (Schaffrath et al., 2008). Com a diminuição do volume de macroporos em profundidade, proporcionado pela pressão exercida sobre o solo, ocorre o aumento do volume de microporos e menor volume dos poros totais (Pereira et al., 2011). Carneiro et al. (2012)

concordam que os macroporos são os primeiros poros a serem afetados pelas diferenças de pressão, seja pelas raízes das culturas ou pela pressão mecânica exercida sobre o solo.

Os resultados de microporosidade não diferiram estatisticamente nos diferentes sistemas de uso e manejo do solo. Resultados semelhantes foram alcançados por Freitas et al. (2017) em vegetação nativa e em sistema convencional de preparo do solo, os quais não encontraram diferenças significativas entre os sistemas estudados. Os valores médios de microporosidade da profundidade de 0-10 cm diferiram das demais dentro do mesmo manejo (PD e PC). Em relação ao volume de microporos, observou-se efeito da profundidade de amostragem, sendo que na camada de 30 - 40 cm ocorreram os maiores valores. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2017).

Os volumes de macroporos e microporos não diferiram estatisticamente entre as áreas de manejo na segunda coleta (**Figura 5**). Em profundidade, ocorreu a redução da macroporosidade. Araújo et al. (2004) encontraram resultados semelhantes ao comparar as propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico, cultivado e sob mata nativa.

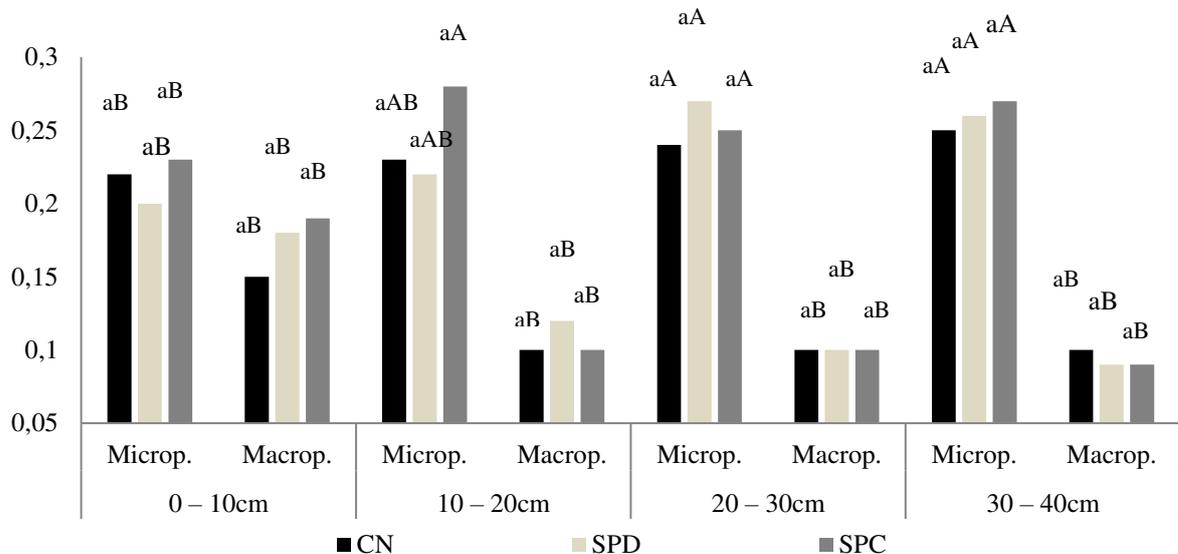


Figura 5 - Valores médios de macroporos ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) e microporos ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) de um Argissolo Amarelo Distrocoeso típico em diferentes sistemas de manejo (cerrado nativo – CN; cultivo de soja sob plantio direto – SPD; e cultivo de soja sob Preparo Convencional – SPC) e profundidades durante a segunda coleta, em dezembro de 2018⁽¹⁾.

⁽¹⁾Letras minúsculas comparam médias entre diferentes sistemas de manejo do solo dentro de uma mesma profundidade. Letras maiúsculas comparam médias dentro do mesmo sistema de manejo em diferentes profundidades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com a **Tabela 5**, pode-se observar que o Cerrado Nativo apresentou o maior Diâmetro Médio Ponderado (DMP) nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Isso pode

estar relacionado ao estado de equilíbrio em que se encontra a área, o que favorece a estabilidade dos agregados. Loss et al. (2012), ao verificarem este parâmetro no cerrado no estado de Goiás constataram os maiores valores de DMP em áreas sob vegetação nativa, decorrente do maior aporte de material vegetal que se encontrava em condição original do solo, sem interferência de qualquer forma de cultivo. Estes autores identificaram um aumento dos teores de material orgânico e, conseqüentemente, maior agregação das partículas do solo na área do cerrado.

Tabela 5 - Valores médios do Diâmetro Médio Ponderado dos agregados (em mm) de um Argissolo Amarelo Distrocoeso típico em diferentes sistemas de manejo (cerrado nativo – CN; cultivo de soja sob plantio direto – SPD; e cultivo de soja sob Preparo Convencional – SPC) e profundidades em junho de 2018 ⁽¹⁾.

Áreas	— Diâmetro Médio Ponderado (mm) —	
	Profundidade de amostragem	
	0-10 cm	10-20 cm
CN	2,742 aA	3,339 aA
SPD	0,882 bA	0,822 bA
SPC	1,623 abA	0,972 bA
CV (%)	36,81	28,95

⁽¹⁾Letras minúsculas comparam médias entre diferentes sistemas de manejo do solo dentro de uma mesma profundidade. Letras maiúsculas comparam médias dentro do mesmo sistema de manejo em diferentes profundidades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As médias do DMP no preparo convencional não foram diferentes estatisticamente na profundidade de 0-10 cm quando relacionado ao CN e o SPD, estes resultados foram divergentes aos encontrados na literatura. Costa Junior et al. (2012), ao avaliarem o carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no bioma cerrado, verificaram que diâmetro médio ponderado no sistema de preparo convencional foi menor quando comparado com área de pastagem, plantio direto e cerrado. Os autores explicam que o uso de implementos agrícolas de preparo empregados no revolvimento do solo e a falta de cobertura do solo na superfície, principalmente na camada 0-5 cm de solo, diminuíram o DMP dos agregados do sistema de plantio convencional. Resultados semelhantes foram reportados por Loss et al. (2015).

O DMP dos agregados no sistema de plantio direto apresentou diferença estatística com o cerrado nativo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Apesar de o plantio direto consistir em uma técnica que não ocorre o revolvimento e mantém a cobertura do solo com resíduos vegetais, Carneiro et al. (2015) explicam que a estrutura do solo é afetada com a conversão de uma área em estado original para agricultura e que o processo de recuperação dessa estrutura é demorado. Hickman et al. (2012), ao determinarem o DMP no sistema de

plantio direto com 23 anos de implantação, verificaram que este parâmetro obteve um aumento quando comparado ao preparo do solo efetuado com duas gradagens. Estes autores justificam que o maior acúmulo de carbono orgânico total no SPD proporcionou maior agregação das partículas do solo.

Em relação à distribuição de agregados estáveis em água, o CN apresentou diferença estatística na classe de diâmetro $> 2,00$ mm nas profundidades de 0-10 cm (**Figura 6**) e 10-20 cm (**Figura 7**) em relação às áreas de cultivo. Para Six et al. (2012) os solos que se encontram sob vegetação nativa tendem a apresentar máximo estado de agregação. Vezzani e Mielniczuk et al. (2012) verificaram que o maior estoque de carbono no solo em sua condição original favorece a formação de agregados de maior tamanho.

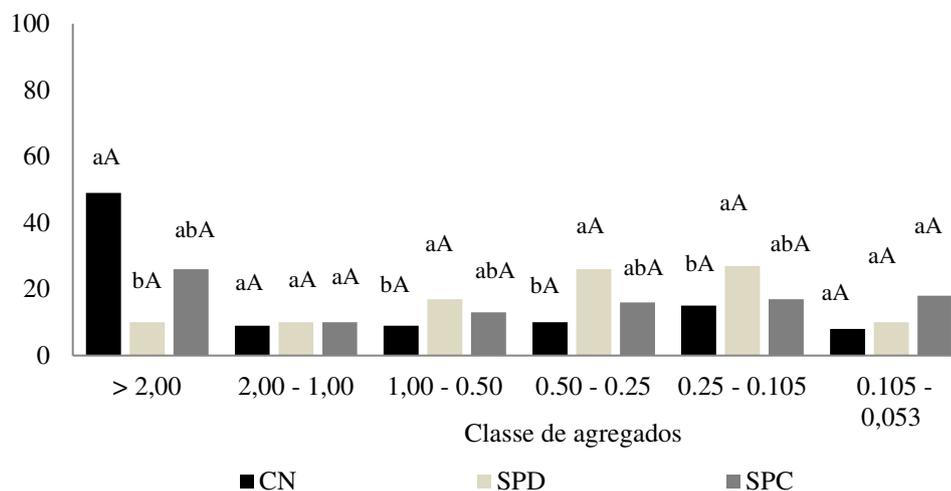


Figura 6 - Valores médios da distribuição de agregados estáveis em água (em %) por classe de tamanho na profundidade de 0-10 cm de um Argissolo Amarelo Distrocoeso típico entre diferentes sistemas de manejo (cerrado nativo – CN; cultivo de soja sob plantio direto – SPD; e cultivo de soja sob Preparo Convencional – SPC) e profundidades durante a primeira coleta, em junho de 2018 ⁽¹⁾.

⁽¹⁾Letras minúsculas comparam médias entre diferentes sistemas de manejo do solo dentro de uma mesma classe de agregados. Letras maiúsculas comparam médias dentro do mesmo sistema de manejo em diferentes profundidades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No SPC, na profundidade de 0 - 10cm, os valores médios de agregados > 2 mm não diferiram significativamente com os valores do CN. Este resultado não corresponde aos encontrados na literatura, pois segundo Costa Junior et al. (2012) os agregados de maior tamanho no SPC seriam os mais alterados pela destruição mecânica atribuída ao uso de implementos agrícolas de preparo utilizados no revolvimento do solo. Pinheiro et al. (2004), ao estudarem o efeito de diferentes sistemas de preparo do solo e coberturas vegetais na distribuição dos agregados, explicam que os agregados no preparo convencional foram

inclusos, principalmente, nas classes de menor diâmetro, onde a aração e a gradagem utilizadas no preparo do solo estimularam a ruptura dos agregados de maior tamanho em agregados de menor tamanho.

A distribuição de agregados no SPD apresentou diferença estatística em relação à área de CN na profundidade de 0-10 cm. Nas menores classes de agregados, o SPD e SPC não diferiram estatisticamente. Mendes et al. (2003) explicam que o revolvimento do solo antes da implantação do SPD proporciona a quebra dos macroagregados decorrente dos constantes cultivos mecânicos e das características operacionais do arado de discos.

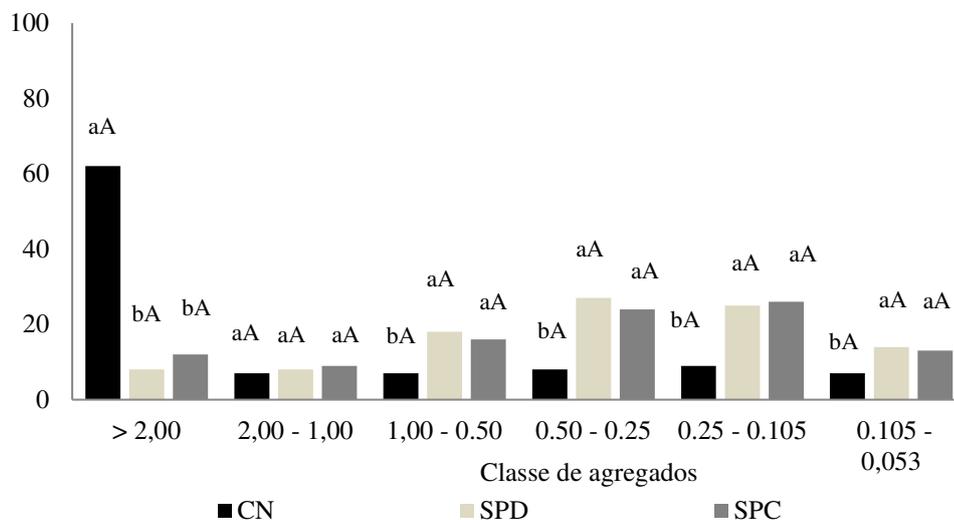


Figura 7 - Valores médios da distribuição de agregados estáveis em água (em %) por classe de tamanho na profundidade de 10-20 cm de um Argissolo Amarelo Distrocoeso típico entre diferentes sistemas de manejo (cerrado nativo – CN; cultivo de soja sob plantio direto – SPD; e cultivo de soja sob Preparo Convencional – SPC) e profundidades durante a primeira coleta, em junho de 2018 ⁽¹⁾.

⁽¹⁾Letras minúsculas comparam médias entre diferentes sistemas de manejo do solo dentro de uma mesma classe de agregados. Letras maiúsculas comparam médias dentro do mesmo sistema de manejo em diferentes profundidades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto à temperatura do solo, medida nos 5 cm superficiais, os resultados obtidos em junho e dezembro de 2018 são apresentados na **Figura 8**.

Os valores médios do SPC foram significativamente superiores aos das áreas de CN e SPD nos horários das 12:00 e 16:00 em junho de 2018. As maiores temperaturas no SPC, variáveis entre 27 °C a 35 °C, respectivamente na primeira e segunda coleta, ocorreram devido à incidência direta dos raios solares no solo pela ausência de vegetação natural ou restos de cultura. Rodrigues et al. (2018) ao avaliarem as oscilações da temperatura do solo em função de quantidades de palha e horários ao longo do dia, verificaram que a adição de palha ao solo de 5, 10 e 15 Mg ha⁻¹ foram suficientes para garantir a redução da temperatura

do solo em pelo menos 3°C. Segundo esses autores, elevadas temperaturas do solo podem provocar efeitos negativos sobre sementes, plântulas, raízes, na atividade microbiana do solo, e aumentar a perda de água por evaporação.

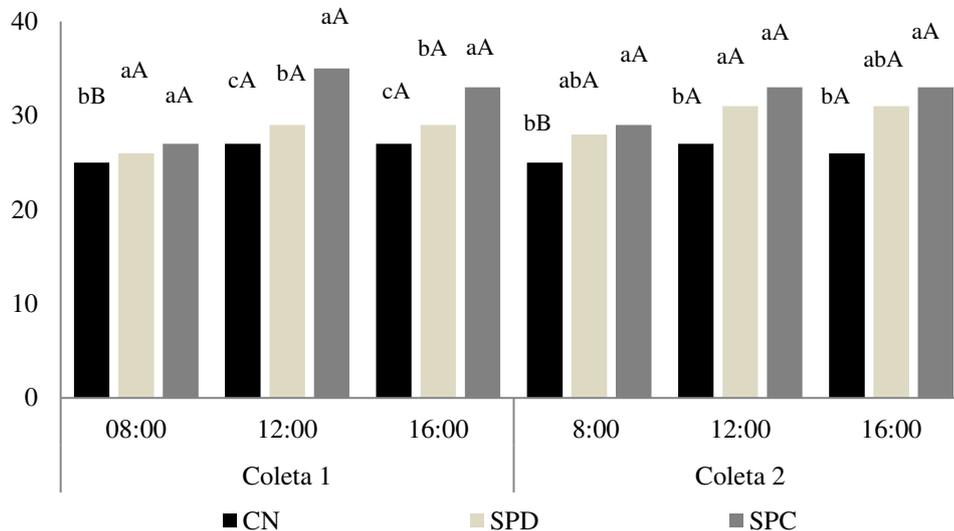


Figura 8 - Valores médios da temperatura do solo (°C) de um Argissolo Amarelo Distrocoeso típico entre diferentes sistemas de manejo (cerrado nativo – CN; cultivo de soja sob plantio direto – SPD; e cultivo de soja sob Preparo Convencional –SPC) e horários durante a primeira e segunda coleta, em junho e dezembro de 2018 ⁽¹⁾.

⁽¹⁾Letras minúsculas comparam médias entre diferentes sistemas de manejo do solo dentro de uma mesma classe de agregados. Letras maiúsculas comparam médias dentro do mesmo sistema de manejo em diferentes profundidades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A variação da temperatura do solo na segunda coleta foi semelhante à da primeira coleta. O SPD não diferiu estatisticamente do SPC nos diferentes horários, entretanto, pode-se observar que o incremento da palhada do milho no Plantio Direto proporcionou menor temperatura do solo quando comparado ao SPC. Webler et al. (2016), ao considerarem os efeitos de uma camada de palha no comportamento térmico do solo, concluíram que a cobertura de resíduos depositada sobre a superfície do solo exerce efeito importante no comportamento térmico do solo. Assim, a camada de palha na superfície do solo atua como uma barreira física às perdas de água por evaporação devido à redução das temperaturas máximas do solo (Moraes et al., 2016).

5 CONCLUSÕES

A composição granulométrica não foi alterada com os manejos estabelecidos. Entretanto, os sistemas de manejo apresentaram maiores valores de argila dispersa em água e

menor grau de flocculação quando comparados ao cerrado nativo. A densidade de partículas se comportou de maneira invariável aos sistemas de manejo do solo.

A densidade sofreu influência do manejo adotado nas duas coletas, principalmente, no Plantio Direto que proporcionou diminuição nos seus valores em relação ao sistema de plantio convencional.

Os valores da porosidade total e da macroporosidade foram mais expressivos no Sistema de Plantio Direto. A microporosidade não foi sensível a mudanças nos diferentes manejos estabelecidos na primeira e segunda coleta.

O SPD e o SPC ocasionaram a redução do DMP, e apresentaram maior proporção de agregados estáveis < 2mm, em relação à área empregada como referência. A implantação de quatro anos do SPD não foi suficiente para a melhoria da estabilidade dos agregados do solo.

O aporte da palhada do Milheto no Plantio Direto possibilitou a redução da temperatura do solo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação de cinco anos do Sistema de Plantio Direto proporcionou melhorias no comportamento dos indicadores físicos do solo ao relacionar os mesmos com o Sistema de Preparo Convencional. Entretanto, pode-se perceber que a formação da palhada proveniente da cultura do milho no SPD tem sido insuficiente para melhores resultados. Assim, recomendam-se mudanças na escolha da cultura sucessora à soja, com características adaptadas às condições de altas temperaturas da mesorregião leste do cerrado maranhense.

7 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J.G.; SODRÉ, R.B.; MATTOS JUNIOR, J.S. O MATOPIBA nas Chapadas Maranhenses: Impactos da Expansão do Agronegócio na Microrregião de Chapadinha. **Revista Nera**, 22: 248-271, 2019.
- ANDRADE, R.S.; STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 13:411-418, 2009.
- ANDRADE, R.S.; STONE L.F.; GODOY, S.G. Estimativa da resistência do solo à penetração baseada no índice S e no estresse efetivo. **Revista Brasileira Agrícola Ambiental**, 17: 932-937, 2003.
- ANDRADE, A.T.; TORRES. J.L.R.; PAES, J.M.V.; TEIXEIRA, C.M.; CONDÉ, A.B.T. Desafios do Sistema Plantio Direto no Cerrado. **Informe Agropecuário**, 39: 18-26, 2018.

- ARAUJO FILHO, J.C.; CARVALHO, A.; SILVA, F.B.R. e. Investigações preliminares sobre a pedogênese de horizontes coesos em solos dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Aracaju, 2001. Anais. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001a. p.123-142.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J.; LACERDA, M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31: 1099-1108, 2007.
- ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; LANI, J.L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, 5: 187-206, 2012.
- ARAÚJO, E.A.; LANI, J.L.; AMARAL, E.F.; GUERRA, A. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28: 307-315, 2004.
- ARAUJO, L.S.; SILVA, G.B.; TORRESAN, F.E.; VICTORIA, D.; VICENTE, L.E.; BOLFE, E.L.; MANZATTO, C. Conservação da Biodiversidade do Estado do Maranhão: Cenário Atual em Dados Geoespaciais. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016. 29p.
- ARRUDA, L.E.V. Atributos físicos e químicos de um Latossolo submetido a diferentes usos agrícolas, Martins – RN. 2014. 54p. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte, 2014.
- ASSIS, R.L.; LANÇAS, K.P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho Distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:515-522, 2005.
- AZEVEDO, D.M.P.; L LEITE, L.F.C.; TEIXEIRA NETO, M.L.T.; DANTAS, J.S. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no cerrado maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, 38: 32-40, 2007.
- BATISTELLA, M.; BOLFE, E. L; VICENTE. L. E; VICTORIA, D. C; SPINELLI-ARAUJO, L. S. Macrozoneamento ecológico-econômico: potencialidades e fragilidades do estado do Maranhão. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 2014, Aracaju. Anais... Aracaju: UFS, 2014. p. 449-453.
- BERTOL, J.A.; ALBUQUERQUE, D.; LEITE, A.J.; AMARAL, W.A; JUNIOR, Z. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28: 155-163, 2004.
- BRAIDA, J.A.; REICHERT J.M.; VEIGA.M; REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30: 605-614, 2006.
- BOTELHO, A.C. A expansão sojícola em territórios de produtores tradicionais na microrregião de chapadinha – maranhão. **Revista Maringá**, 9: 05- 20, 2017.
- BROCHADO, M.L.C. Análise de cenário de desmatamento para o estado de Goiás. 2015. 55p. Projeto de Pesquisa - Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2015.
- CARNEIRO, L.F.; SALOMÃO, G. de B.; PADOVAN, P.S.; BOSQUETTI, L.B. Macro e microporosidade do solo cultivado com adubos verdes perenes consorciados com a bananeira em um sistema sob transição agroecológica em Mato Grosso do Sul. **Cadernos de Agroecologia**, 7: 2236-7934, 2012.

- CARNEIRO, M.A.C.; FERREIRA, D.A.; SOUZA, E.D.; PAULINO, H.B.; SAGGIN JUNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O. Arbuscular mycorrhizal fungi in soil aggregates from fields of "murundus" converted to agriculture. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 50: 313-321, 2015.
- CARVALHO, J.L.N.; AVANZI, J.C; SILVA, M.L.N.; MELLO, C.R.; CARLOS CERRI, E.P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência Solo*, 34: 277-289, 2010.
- CHERUBIN, M.R; EITELWEIN, M.T; FABBRIS, C; WEIRICH, S.W; SILVA, R.F; SILVA, V.R; BASSO, C.J. Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 39: 615-625, 2015.
- CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.A.; MIELNICZUK.J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos avaliados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:777-788, 2005.
- COSTA, E.A.; GOEDERT, W.J.; DE SOUSA, D.M.G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41: 1185-1191, 2006.
- COSTA JUNIOR, C.; PÍCCOLO, M.C.; SIQUEIRA NETO, M.; CAMARGO, P.B.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. R. Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36: 1311-1321, 2012.
- CUNHA, T.J.F.; MACEDO, J.R.; RIBEIRO, L.P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P.L.; AGUIAR, A.C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrado. **Ciência Rural**, 1: 27-36, 2001.
- DAL SOGLIO, F.; KUBO, R. R. Agricultura e sustentabilidade. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- DANTAS, J.S.; JÚNIOR, J.M.; FILHO, M.V.M.; RESENDE, J.M.A.; CAMARGO, L.A.; BARBOSA, R.S. Gênese de solos coesos do leste maranhense: relação solo-paisagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38:1039-1050, 2014.
- DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W. e COEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F e STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for sustainable environment. **Madison, Soil Science Society of America**, 35: 3-21, 1994.
- EFFGEN, T.A.M.; PASSOS, R.R.; ANDRADE, F.V.; LIMA, J.S.S.; REIS, E.F.; BORGES, E.N. Propriedades físicas do solo em função de manejos em lavouras de café conilon. **Revista Ceres**, 59: 414-421, 2012.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão. Rio de Janeiro, 1986.
- FERNANDES, J.C.F.; PEREIRA, M.G.; SILVA NETO, E.C.; CORREA NETO, T.A. Caracterização de agregados biogênicos, intermediários e fisiogênicos em áreas sob domínio da Mata Atlântica. **Revista Caatinga**, 30: 59-67, 2017.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, 35: 1039-1042, 2011.

- FIorentin, C. F.; LEMOS, L. B.; JARDIM, C. A.; FORNASIERI FILHO, F. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro de inverno-primavera em três sistemas de cultivo. **Semina: Ciências Agrárias**, 33: 2825-2836, 2012.
- Fontenele, W. Indicadores físicos e hídricos da qualidade de um Latossolo Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo no cerrado do Piauí. 2006. 45p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2006.
- FREITAS, L.; OLIVEIRA, I.A.; SILVA, L.S.; FRARE, J.C.V.; FILLA, V.A.; GOMES, R.P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Unimar Ciências**, 26: 08-25, 2017.
- FURLANI, C.E.A.; GAMERO, C.A.; LEVIEN, R.; SILVA, R.P.; CORTEZ, J.W. Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32: 375-380, 2008.
- GASPARIM, E.; RICIERI, R.P.; SILVA, S.L.; DALLACORT, R.; GNOATTO, E. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Maringá**, 27: 107-115, 2005.
- GIAROLA, N.F.B; DA SILVA, A.P. Conceitos sobre solos coesos e hardsetting. **Scientia Agricola**, 59: 613-620, 2002.
- GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. 1.ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2006. 8p.
- GUARESCHI, R.F.; PEREIRA, M.G.; PERIN, A. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no cerrado goiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36: 909-920, 2012.
- HICKMANN, C.; COSTA, L.M; GONÇALVES, C.E.R.S.; BRAGANÇA, R.A.F.; DE LELLIS, C.T.A. Atributos físico-hídricos e carbono orgânico de um Argissolo após 23 anos de diferentes manejos. **Revista Caatinga**, 25: 128-136, 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola: 1990-2016. Disponível em:< www.ibge.org.br. >Acesso em: junho de 2018.
- KEMPER, W.D.; ROSENAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A., ed. **Methods of soil analysis**. Madison, American Society of Agronomy, 1986. Part 1. p. 425-442.
- LIMA NETO, J.A.; RIBEIRO M.R.; CORRÊA M.M; SOUZA JÚNIOR V.S.; ARAÚJO FILHO J.C.; LIMA J.F.W.F. Atributos químicos, mineralógicos e micromorfológicos de horizontes coesos de Latossolos e Argissolos dos tabuleiros costeiros do estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:473- 486, 2010.
- LIRA, A.B.; DIAS, N.S.; ALVES, S.M.C.; BRITO, R.F.; NETO, O.N.S. Efeitos dos sistemas de cultivo e manejo da caatinga através da análise dos indicadores químicos de qualidade do solo na produção agrícola em Apodi, RN. **Revista Caatinga Mossoró**, 25: 18-24, 2012.
- LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B.S.; KOUCHER, L.P.; OLIVEIRA, R.S.; KURTZ, C.; LOVATO, P.E.; CURMI, P.; GUSTAVO BRUNETTO, G.; COMIN, J.J. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 39:1212-1224, 2015.

- LOSS, A.; JUNIOR, E.S.; SCHMITZ, D.; VEIGA, M.; KURTZ, C.; COMIN, J.J. Soil physical attributes of onion cultivation under no-tillage and conventional tillage systems. **Revista Colombiana de Ciências hortícolas**, 11: 105-113, 2017.
- MENDES, I. C.; SOUZA, L.V; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio convencional e direto no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27: 435-443, 2003.
- MENDES, F.G.; MELLONI, E.G.P.; MELLONI, R. Aplicação de atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá/MG. **Cerne**, 12: 211-220, 2006.
- MINGOTTE, F.L.C.; YADA, M.M.; JARDIM, C.A.; FIORENTIN, C.F.; LEMOS, L.B; FORNASIERI FILHO, D. Sistemas de cultivo antecessores e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro em plantio direto. **Bioscience Journal**, 30: 696-706, 2014.
- MME. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Mapa Geológico do Estado do Maranhão. 1986.
- MONTEIRO, M. A. C.; ZOZ, A.; LIMEDE, A. C.; OLIVEIRA, C. E. S.; ZOZ, T. Efeito do preparo do solo com diferentes implementos sobre a resistência do solo à penetração. **Revista de Agricultura Neotropical**, 4: 63-68, 2017.
- MORAES, M.T.; DEBIASI, H.; FRANCHIN, J.C.; SILVA, V.R. Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. 34p.
- MOREIRA, F. M. S. e SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 2002. 626 p.
- NETTO, A.A.; FERNANDES, E.J. Avaliação da taxa de infiltração de água em um Latossolo Vermelho submetido a dois sistemas de manejo. **Irriga**, 10: 107-115, 2005.
- NETTO, I.A.T.; KATO, I.; WENCESLAU, J. G. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33: 1441-1448. 2009.
- NOGUEIRA, V. F. B.; CORREIA, M. F.; NOGUEIRA, V. S. Impacto do Plantio de Soja e do Oceano Pacífico Equatorial na Precipitação e Temperatura na Cidade de Chapadinha-MA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 03:708-724, 2012.
- OLIVEIRA, B.S.; CARVALHO, M. A.C.; LANGE, A.; WRUCK, F.J.; DALLACORT, R. Atributos biológicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária floresta, na região amazônica. **Reveng**, 23: 448-456, 2015.
- OLIVEIRA, L.L.P. Influência do sistema de cultivo e manejo do solo nas propriedades físico-químicas e hídricas em Cambissolo no semiárido potiguar. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.
- PEREIRA, F.S.; ANDRIOLI, I.; PEREIRA, F. de S.; OLIVEIRA, P.R.; CENTURION, J.F.; FALQUETO, R.J.; MARTINS, A.L. da S. Qualidade física de um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de manejo avaliado pelo índice S. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35: 87- 95, 2011.
- PEREIRA, A.F.L. Avaliação da qualidade física dos solos sob diferentes sistemas de manejo em áreas de cerrado maranhense, MA. 2017. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual do Maranhão, Maranhão, 2017.

- PINHEIRO, E. F. M.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Aggregates distribution and soil organic matter under different tillage system for vegetable crops in a Red Latosol from Brasil. *Soil and Tillage Research*, 77: 79-84, 2004.
- PIRES, F. R.; ASSIS, R. L.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, G. P.; MORAES, L. L.; RUDOVALHO, M. C.; BOER, C. A. Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**, 55: 94-101, 2008.
- PONTES, N.J. Qualidade do solo e percepção socioambiental de produtores e agentes rurais no cultivo de fumo em pilões/RN. 2016. 52 p. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.
- PRADO, R. de M.; NATALE W. Alterações na granulometria, grau de flocculação e propriedades químicas e de um Latossolo Vermelho distrófico, sob plantio direto e reflorestamento. **Acta Scientiarum: Agronomy**, 25: 45-52, 2003.
- PRAGANA, R.S.; RIBEIRO, M.R.; NÓBREGA, J.C.A.; RIBEIRO FILHO, M.R.; COSTA, J.A. Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36:1591-1600, 2012.
- PRESOTI, A.E.P. Avaliação de impactos ambientais da sojicultura em um ecossistema aquático da microrregião de Chapadinha, MA. 2008. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas) – Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, 2008.
- PUGLIESE, L.; LOURENCETTI, C.; RIBEIRO, M. L. Impactos ambientais na produção do etanol brasileiro: do campo à indústria. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, 20: 143-165, 2017.
- RAMOS, A.M.R.; AMORIM, B. M. B.; FREIRE, C. T. M; LIMA D. L. F. A. Atributos físicos do solo em sistema consorciado e monocultivo do maracujá (*Passiflora edulis sims*). **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, 13: 80-87, 2019.
- REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícola. **Ciências e Ambiente**, 27:29-48, 2003.
- RIBEIRO, L.S.; OLIVEIRA, I.R.; DANTAS, J.S.; SILVA, C.V.; SILVA, G.B.; AZEVEDO, J.R. Variabilidade espacial de atributos físicos de solo coeso sob sistemas de manejo convencional e de plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, 51: 1699-1702, 2016.
- RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, 26: 321-344, 2005.
- ROCHA, B.G.; STEFANOSKI, D.C.; SCHOSSLER, T.R.; SANTOS, I.L.; SANTOS, G.G.; MARCHÃ, R.L. Estabilidade de agregados sob diferentes sistemas de manejo em Latossolo no Sudoeste do Piauí. XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Florianópolis, Santa Catarina, Jul/Ago. 2013.
- RODRIGUES, W. Valoração econômica dos impactos ambientais de tecnologias de plantio em região de Cerrados. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 43: 000-000, 2005.
- RODRIGUES, G.A.; SANTOS, G.O.; CARRASQUEIRA, A.; MACHADO, E.R.; ASSIRATI, E.T.; MACRI, R. de C. V. Oscilações da temperatura do solo em função de quantidades de palha e horários ao longo do dia. **Revista Interface Tecnológica**, 15: 293-304, 2018.
- ROZANE, D.E.; CENTURION, J.F.; ROMUALDO, L.M.; TANIGUCHI, C.A.K.; TRABUCO, M.; ALVES, A.U. Estoque de carbono e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho distrófico, sob diferentes manejos. **Bioscience Journal**, 26: 24-32, 2010.

- RÜHLMANN, J.; KÖRSCHENS, M.; GRAEFE, J. A new approach to calculate the particle density of soils considering properties of the soil organic matter and the mineral matrix. **Geoderma**, Amsterdam, 130: 272–283, 2006.
- 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*, 32:11-21, 2008.
- SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.S.; FERREIRA, L.G. Mapeamento de cobertura vegetal do Bioma Cerrado: estratégias e resultados. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 33p.
- SANTOS, G. Impacto de sistemas de integração lavoura-pecuária na qualidade física do solo. Goiânia: UFG, 2010. 122pp. Tese de Doutorado.
- SANTOS, L.N.S.; PASSOS, R.R.; CARDOSO, L.C.M.; SANTOS, C.L.; GARCIA, G.O.; ROBERTO AVELINO CECÍLIO, R.A. Avaliação de atributos físicos de um Latossolo sob diferentes coberturas vegetais em alegre (ES). **Engenharia Ambiental**, 6: 140-149, 2009.
- SANTOS, L.N.S.; PASSOS, R.R.; SILVA, L.V.M.; OLIVEIRA, P.P.; GARCIA, G.O.; CECÍLIO, R.A. Avaliação de alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes coberturas vegetais. **Bioscience Journal**, 26: 940-947, 2010.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. Ed., revista ampliada – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p.
- SCHAFFRATH, V. R.; TORMENA, C. A.; GONÇALVES, A. C. A.; FIDALSKI, J. Variabilidade e correlação espacial de propriedades físicas de solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32: 1369-1377, 2008.
- SILVA, F.F.; FREDDI, O.S.; CENTURION, J.F.; ARATANI, R.G.; ANDRIOLI, F.F.; ANDRIOLI, I. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho cultivado no sistema plantio direto. **Irriga**, 13: 191-204, 2008.
- SILVA, A.A.; GALON, L.; FERREIRA, F.A.; TIRONI, S.P.; FERREIRA, E.A.; SILVA, A.F.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E.L. Sistema de Plantio Direto na Palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, 56: 496-506, 2009.
- SILVA, R.C.S.; ALMEIDA, J.C.R.; BATISTA, G.T.; FORTES NETO, P. Os indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos ambientes naturais. Repositório Eletrônico Ciências Agrárias, Coleção Ciências Ambientais, <http://www.agro.unitau.br/dspace>. p. 1-13, 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**, 28: 25 – 35, 2015.
- SILVA, M.P.; ARF, O.; SÁ, M.E.; ABRANTES, F.L. BERTI, C.L.F.; SOUZA, L.C.D. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 12: 60-67, 2017.
- SIX, J.; JASTROW, J.D. Soil organic matter turnover. In: LAL, R., ed. **Encyclopedia of soil science**. New York, Marcel Dekker, 2002. p.936-942.

- SOARES, M.D.R.; CAMPOS, M.C.C.; OLIVEIRA, I.A.; CUNHA, J.M.; SANTOS, L.A.C.; FONSECA, J.S.; SOUZA, Z.M. Atributos físicos do solo em áreas sob diferentes sistemas de usos na região de Manicoré, AM. **Revista de Ciências Agrárias**, 59: 9-15, 2016.
- SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B. Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, 40: 1135-1139, 2005.
- SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; TOMM, G.O.; KOCHHANN, R.A.; ÁVILA, A. Atributos físicos do solo em sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Bragantia**, 68: 1079-1093, 2009.
- TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. (Ed.). Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Revista e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.
- TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ASSIS, R.L.; SOUZA, Z.M. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho cultivado com plantas de cobertura, em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 39: 428-437, 2015.
- VASCONCELOS, R.F.B.; CANTALICE, J.R.B.; OLIVEIRA, V.S.; COSTA, Y.D.J.; CAVALCANTE, D.M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo Distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34: 309-316, 2010.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33: 743-755, 2009.
- VIEIRA, J.L.; ROMERO, R.E.; FERREIRA, T.O.; ASSIS JÚNIOR, R.N. Contribuição de material amorfo na gênese de horizontes coesos em Argissolos dos Tabuleiros Costeiros do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, 43: 623-632, 2012.
- VIEIRO, F. Características químicas e indicadores de qualidade de solos em sistemas conservacionistas de manejo de longa duração. 2015. 110p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 2015.
- VITÓRIA, E.L.; FERNANDES, H.C.; TEIXEIRA, M.M.; CECON, P.R.; LACERDA, E.G. Correlação linear e espacial entre produtividade de *brachiaria brizantha*, densidade do solo e porosidade total em função do sistema de manejo do solo. **Engenharia Agrícola**, 32: 909-919, 2012.
- WEBLER, G.; ROBERTI, D.R.; BORTOLUZZI DIAZ, M.; TEISCHRIEB, C.A.; ZWIRTES, A.L.; REINERT, D.J. Efeitos de uma camada de palha no comportamento térmico do solo. **Ciência e Natura**, 38: 7-10, 2016.
- WENDLING, B.; VINHAL-FREITAS, I.C.; OLIVEIRA, R.C.; BABATA, M.M.; BORGES, E.N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Bioscience Journal**, 28: 256-265, 2011.

APÊNDICE 1 - Descrição completa do perfil de solo e análises físico químicas

DATA: 22/11/2014

CLASSIFICAÇÃO – Argissolo Amarelo Distrocoeso típico, A moderado, textura média, fase cerrado, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Trincheira situada na Fazenda Tamboris, em área de chapada plana, com cerca de 2% de declividade. Município de Buriti (MA). Latitude: 03° 48' 17.7" S e longitude 43° 09' 00,9" W.

ELEVAÇÃO: 117 m.

SITUAÇÃO E DECLIVE: Topo de chapada plana com cerca de 2% de declividade.

LITOLOGIA: Materiais arenoargilosos retrabalhados do Grupo Barreiras do Terciário.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Grupo Barreiras.

MATERIAL DE ORIGEM: Produto da alteração do material supracitado.

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa.

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Plano a suave ondulado.

EROSÃO: Laminar ligeira.

DRENAGEM: Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado.

USO ATUAL: Capoeira.

CLIMA: Aw' segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: Marlen Barros e Silva, Anderson Fernando Lima Pereira, Anna Beatriz Brandão Luz e Francília Lopes França.

Descrição morfológica

A	0 – 28 (27 – 31) cm, cinzento-escuro (10YR 4/1, úmida); franco-arenosa; grãos simples e fraca, pequena e média, granular; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e gradual.
AB	28 – 39 (36 – 42) cm, cinzento (10YR 4,5/1, úmida); franco-arenosa; grãos simples e fraca, pequena e média, granular; muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e gradual.
BA	39 – 59 cm, bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmida); franco-argiloarenosa; fraca, pequena e média, blocos angulares e subangulares; friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
Bt1	59 – 84 cm, bruno (10YR 5/3, úmida); franco-argiloarenosa; fraca a moderada, pequena e média, blocos angulares; firme, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.
Bt2	84 – 140 cm, cinzento-claro (10YR 7/2, úmida) e bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/3, seca); franco-argiloarenosa; moderada, pequena e média, blocos angulares; dura, friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

- Bt3 140 – 164⁺ cm, bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/4, úmida) e bruno muito claro-acinzentado (10YR 8/3, seca); franco-argiloarenosa; moderada, pequena e média, blocos angulares; dura, friável, plástica e pegajosa.
- RAÍZES: Comuns, finas e médias no A; poucas, finas e médias no AB; poucas e finas no BA; poucas, finas e médias no Bt1; raras e médias no Bt2 e ausentes no Bt3.
- OBS: O solo encontrava-se úmido até o quarto horizonte no momento da descrição. Coleta de todos os horizontes.

Análises físicas e químicas

Horizonte		Frações da amostra total (g kg ⁻¹)			Composição granulométrica da Terra Fina (g kg ⁻¹)				Argila Natural (g kg ⁻¹)	GF (%)	Classe textural
Símb.	Prof. (cm)	Calhaus	Cascalhos	Terra Fina	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila			
A1	0 – 28	-	-	1000	280	470	150	100	20	80	Franco-arenosa
AB	28 – 39	-	-	1000	240	480	160	120	10	92	Franco-arenosa
BA	39 – 59	-	-	1000	220	480	100	200	20	90	Franco-arenosa
Bt1	59 – 84	-	-	1000	220	470	90	220	31	86	Franco-argiloarenosa
Bt2	84 – 140	-	-	1000	230	450	60	260	21	92	Franco-argiloarenosa
Bt3	140 – 164 ⁺	-	-	1000	200	450	70	280	31	89	Franco-argiloarenosa
Horizonte		pH			Cátions Trocáveis (cmol _c kg ⁻¹)						
Símb.	Prof. (cm)	H ₂ O	CaCl ₂	KCl	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Al ⁺⁺⁺	H ⁺	
A1	0 – 28	5,4	3,9	4,7	0,14	0	1,2	0,24	0,9	4,6	
AB	28 – 39	4,6	3,9	4,7	0,14	0	0,7	0,24	0,5	4,8	
BA	39 – 59	4,7	4,0	4,6	0,13	0	0,7	0,21	0,3	4,2	
Bt1	59 – 84	5,4	4,1	4,5	0,17	0	0,9	0,28	0,4	3,0	
Bt2	84 – 140	4,7	4,1	4,4	0,14	0	0,7	0,22	0,1	2,2	
Bt3	140 – 164 ⁺	4,3	4,1	4,4	0,13	0	0,6	0,25	0,2	1,8	
Horizonte		P resina (mg dm ⁻³)	C.O. (g kg ⁻¹)	M.O. (g kg ⁻¹)	C org. (g kg ⁻¹)	Valor S (cmol _c kg ⁻¹)	Tsolo	Targ ⁽¹⁾	V (%)	Sat. Al ⁺³ (%)	Sat. Na ⁺ (%)
Símb.	Prof. (cm)										
A1	0 – 28	2	7,5	12,9	7,5	1,58	7,1	-	22	36	3
AB	28 – 39	1	4,6	7,9	4,6	1,08	6,4	-	17	32	4
BA	39 – 59	1	3,0	5,1	3,0	1,04	5,5	27,5	19	22	4
Bt1	59 – 84	2	1,6	2,8	1,6	1,35	4,8	21,8	28	23	6
Bt2	84 – 140	1	0,4	0,7	0,4	1,06	3,4	13,1	32	09	7
Bt3	140 – 164 ⁺	1	0,3	0,5	0,3	0,98	3,0	10,7	33	17	8

Relação Textural: 2,05

⁽¹⁾ Targ = (T/g kg⁻¹ de argila) x 1000.