



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Centro de Ciências Agrárias

Departamento de Solos e Engenharia Rural

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo

**AGREGAÇÃO EM LATOSSOLO AMARELO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO
NITROGENADA E POTÁSSICA EM PLANTIO DIRETO**

Danillo Dutra Tavares

Areia

2018

DANILLO DUTRA TAVARES

**AGREGAÇÃO EM LATOSSOLO AMARELO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO
NITROGENADA E POTÁSSICA EM PLANTIO DIRETO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de "Mestre em Ciência do Solo".
Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Flávio Pereira de Oliveira, Dr

**Areia
2018**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

T231a Tavares, Danillo Dutra.

Agregação em latossolo amarelo submetido à adubação nitrogenada e potássica em plantio direto / Danillo Dutra Tavares. - Areia, 2018.

74 f. : il.

Orientação: Flávio Pereira de Oliveira.

Coorientação: Raphael Moreira Beirigo.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Estrutura do solo. 2. Agregados. 3. Plantio direto.
I. Oliveira, Flávio Pereira de. II. Beirigo, Raphael
Moreira. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

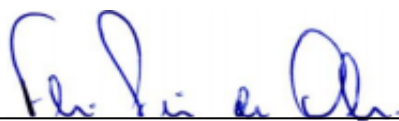
DANILLO DUTRA TAVARES

AGREGAÇÃO EM LATOSSOLO AMARELO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO
NITROGENADA E POTÁSSICA EM PLANTIO DIRETO

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciência do Solo da
Universidade Federal da Paraíba, como
parte dos requisitos para obtenção do
título de "Mestre em Ciência do Solo".
Área de concentração: Solos e Nutrição
de Plantas

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Flávio Pereira de Oliveira

PPGCS/CCA/UFPB

Orientador



Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira

DCFS/CCA/UFPB

Examinador



Prof. Dr. Petrus Luiz de Luna Pequeno

DECIV/NT/UNIR

Examinador

Aos meus pais, Renildes e Marília, pelo incentivo e confiança depositada em mim, aos meus irmãos, Bruno e Artur, pelo companheirismo e respeito, **dedico** essa conquista.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por essa oportunidade dada por Ele para meu crescimento profissional, por mais essa porta aberta no meu caminho, mesmo com as dificuldades que enfrentei, o Senhor nunca me abandonou, deu-me forças e ajudou-me a chegar até aqui.

À CAPES pelo financiamento dos meus estudos. À Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS) pela oportunidade de ingressar no curso de Mestrado em Ciência do Solo em busca de aperfeiçoamento profissional.

Aos meus pais, Renildes Tavares e Marília Dutra; aos meus irmãos, Bruno Dutra e Artur Dutra; aos meus avós, Jacy Tavares e Maria Amaro (in memorian), Severino Pereira (in memorian) e Maria Nilza (in memorian), e aos demais familiares, por todo apoio em mim depositado ao longo desta caminhada.

Ao professor Flávio Pereira de Oliveira, pela orientação, ensinamentos, paciência, confiança, amizade e conhecimento transferido, o qual levarei para toda a minha vida.

Aos professores Walter Esfrain e Petrus de Luna, pela disponibilidade em participar da minha banca examinadora.

Aos amigos, Josevaldo, Maíra, Camila, Pedro, Otávio, Alison, Lucas e Fidelis, que me ajudaram fortemente na realização dos trabalhos de campo, especialmente nas coletas de amostras de solo, como também nas análises laboratoriais, e aos demais estagiários do laboratório que deram sua contribuição.

Ao Técnico do Laboratório de Física do Solo, Robeval, grande amigo que deu apoio e auxiliou durante o curso, no desenvolvimento das análises e tem dado toques importantes na vida acadêmica.

Ao Professor Dr. Walter Pereira Esfrain Pereira e o doutorando Ewerton Abrantes, pelas contribuições na parte estatística do trabalho, e ao Professor Adailson Pereira por disponibilizar a área para realização deste trabalho.

Aos Professores do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo pelo conhecimento transmitido e capacitação, aos funcionários do Centro de Ciências Agrárias, pelo esforço e dedicação as atividades realizadas, contribuindo assim para um bom funcionamento do Campus.

A todos os amigos, que entraram juntos comigo na turma de 2016.1, e aos demais que conheci ao longo do curso de Mestrado, companheiros esses que passaram noites estudando, dividiram preocupações e alegrias.

SUMÁRIO

1. Introdução	13
2. Revisão Bibliográfica	15
2.1. Agregação e estabilidade de agregados.....	15
2.2. Manejo do solo e plantio direto.....	16
2.3. Matéria orgânica	18
2.4. Plantas de Cobertura	19
2.5. Latossolos.....	20
3. Material e Métodos	22
3.1. Localização do estudo.....	22
3.2. Adubação, plantio e colheita	24
3.3. Amostragem da área.....	25
3.4. Caracterização física do solo	26
3.4.1. Estabilidade dos agregados.....	26
3.4.2. Análise granulométrica do solo	27
3.4.3. Densidade, microporosidade, macroporosidade e porosidade total do solo.....	27
3.4.4. Disponibilidade de água total no solo.....	28
3.4.5. Condutividade hidráulica saturada	29
3.5. Caracterização química.....	29
3.6. Análises estatísticas.....	32
4. Resultados e Discussão	33
5. Conclusões	57
6. Referências.....	58
Apêndices	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Combinação das doses (kg ha^{-1}) de N e K (K_2O) segundo a matriz Plan Puebla III.....	23
Tabela 2.	Valores médios de química e fertilidade de um Latossolo Amarelo submetido a diferentes doses de Nitrogênio e Potássio.....	31
Tabela 3.	Comparação das médias dos tratamentos entre locais de Análise granulométrica, argila dispersa em água, grau de floculação e classificação textural da camada superficial.....	34
Tabela 4.	Densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total em Latossolo Amarelo sob diferentes doses de adubação e locais de amostragem.....	36
Tabela 5.	Macro e microagregados obtidos por peneiragem via seca e úmida em Latossolo Amarelo sob diferentes doses de adubação e locais de amostragem.....	39
Tabela 6.	Diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por peneiragem via seca (DMPAs) e úmida (DMPAu) e o índice de estabilidade de agregados (IEA) em Latossolo Amarelo sob diferentes doses de adubação e locais de amostragem.....	42
Tabela 7.	Condutividade hidráulica (K_s), capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD) em Latossolo Amarelo sob diferentes doses de adubação e locais de amostragem.....	44
Tabela 8.	Equações de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para as variáveis dos gráficos de superfície de resposta.....	47

Apêndice

Apêndice 1.	Análise da variância para análise granulométrica do solo.....	74
Apêndice 2.	Análise da variância para densidade do solo e porosidade (micro, macro e total)	74
Apêndice 3.	Análise da variância para condutividade hidráulica e pontos de retenção de água.....	75
Apêndice 4.	Análise da variância para Agregação do Solo.....	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Localização da área experimental (adaptado de Brehm, 2010)	22
Figura 2.	Representação esquemática da distribuição dos tratamentos na área experimental e pontos de coletas de amostras de solo.....	24
Figura 3.	Blocos com o plantio de milho	25
Figura 4.	Amostras deformadas (a), Amostras indeformadas (b) coletadas.....	26
Figura 5.	Mesa de tensão (a), Distribuição das amostras na mesa (b) ..	28
Figura 6.	Gráficos de contorno para MiU – Microagregado Úmido, % (a); MaU – Macroagregado Úmido, % (b); DMPAu – Diâmetro Médio Ponderado Agregado Úmido, mm (c).....	48
Figura 7.	Gráficos de contorno para MiS – Microagregado Seco, % (a); MaS – Macroagregado Seco, % (b); DMPAs – Diâmetro Médio Ponderado Agregado Seco, mm (c).....	51
Figura 8.	Gráficos de contorno para MiP – Microporosidade $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ (a); MaP – Macroporosidade $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ (b)	52
Figura 9.	Gráfico de contorno para PM – Ponto de Murcha ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)	53
Figura 10.	Gráficos de contorno para AD – Água Disponível ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) com interação dos locais de coleta; linha 0-10 (a); linha 10-20 (b); entrelinha 0-10 (c); entrelinha 10-20 (d).....	54

RESUMO

DANILLO DUTRA TAVARES. **Agregação em Latossolo amarelo submetido à adubação nitrogenada e potássica em plantio direto.** Areia - PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, novembro de 2018. 54 p.il. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Orientador: Prof. Dr. Flávio Pereira de Oliveira

A agregação do solo destaca-se como uma das variáveis de avaliação do estado da qualidade física do solo. Esta é uma propriedade muito sensível às práticas de uso e manejo do solo, devido ao manejo inadequado resultar em rupturas dos agregados e diminuição da estrutura do solo. Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a agregação em um Latossolo Amarelo sob sistema de plantio direto submetido à adubação nitrogenada e potássica. Foi realizado em experimento de campo implantado a cinco anos (no ano de 2013, sendo renovado anualmente), cultivado milho em sistema de plantio direto com aplicação da combinação de doses de nitrogênio e potássio. O experimento foi instalado seguindo um delineamento experimental em blocos casualizados, com 11 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos foram dispostos conforme a matriz Plan Puebla III, resultado da combinação de cinco doses de Nitrogênio (N), na forma de Uréia (5; 30; 50; 70 e 95 kg ha⁻¹) e cinco doses de Potássio (K), na forma de KCl (4; 24; 40; 56 e 76 kg ha⁻¹), mais a testemunha (sem adubação). As coletas foram realizadas após a colheita do milho (aproximadamente 120 dias após o plantio). As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade. A agregação do solo avaliada foi determinada pela separação e classificação por tamanho do diâmetro médio ponderado de agregados secos e úmidos. As demais variáveis avaliadas foram a análise granulométrica (areia, silte e argila), grau de floculação, argila dispersa em água, densidade do solo, porosidade (macroporosidade, microporosidade e porosidade total), disponibilidade de água no solo (capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível) e condutividade hidráulica saturada. Os melhores valores, camada de 0-10 cm, de macroagregados secos para os diferentes tratamentos variou entre 90,1 a 90,8% e o pior valor ficando em 85% na linha. Para entrelinha o melhor valor foi 92,5% e o pior 86,6%. Na camada de 10-20 cm, para linha, foram observados os melhores valores entre 91,6 a 92,1% e pior valor 86,1%, na entrelinha os valores variam de 88,1 a 92,6%, mas não houve diferença. O sistema de uso com adoção de plantio direto e a combinação da adubação nitrogenada e potássica, não apresenta alteração na estabilidade dos agregados. Após cinco anos de cultivo sucessivos, a estrutura do Latossolo relacionada a distribuição de tamanhos de poros e a densidade do solo, permanece inalterada. A capacidade de campo e o ponto de murcha permanente não apresentam diferenças significativas entre as combinações de adubo nitrogenado e potássico, porém com efeito significativo para água disponível no solo.

Palavras-chave: Estrutura do solo; agregados; plantio direto

ABSTRACT

DANILLO DUTRA TAVARES. **Aggregation in Yellow Oxisol submitted to nitrogenated and potassium fertilization in no-tillage.** Areia - PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, November 2018. 54 p.il. Dissertation. Graduate program in Soil Science. Advisor: Prof. Dr. Flávio Pereira de Oliveira

Soil aggregation stands out as one of the variable for assessing the state of soil physical quality. This is a very sensitive property to the land use and management practices, due to inadequate management, resulting in aggregate ruptures and soil structure decrease. The objective of this research was to evaluate the aggregation in a Oxisol under no - tillage system submitted to nitrogen and potassium fertilization. An experiment was carried outimplanted at five years (in the year of 2013, being renewed annually), cultivated corn in no-tillage system with application of the combination of different doses of nitrogen and potassium. The experiment was installed following a randomized block design with 11 treatments and 5 replicates. The treatments were arranged according to the Plan Puebla III matrix, resulting from the combination of five doses of Nitrogen (N) in the form of Urea (5, 30, 50, 70 and 95 kg ha⁻¹) and five doses of potassium (K), as KCl (4; 24; 40; 56 and 76 kg ha⁻¹), plus the control (without fertilization). The samples were collected after maize harvest (approximately 120 days after planting). Soil samples were collected in layers 0.0-0.10 and 0.10-0.20m deep, with soil samples being deformed and undeformed for physical and chemical determinations. The granulometric analysis of soil samples was performed by the distribution of primary particle diameter, according to the Densimeter (Bouyoucos Hydrometer) method. The separation and size classification of the weighted average diameter of dry and wet aggregates were determined by sieving. The best values of dry macroaggregates for the different treatments ranged from 90,1 to 90,8% and the worst value being 85% in the line, for interlining the best value was 92,5% and the worst 86,6%, this in the layer of 0-0.10 m, whereas in the layer 0.10-0.20 m to row were observed the best values between 91,6 to 92,1% and worse value 86,1%, in the interline values ranging from 88,1 to 92,6%, but there was no significant difference. The no-tillage system and a combination of nitrogen and potassium fertilization do not present changes in the stability of the aggregates. After five years of successive cultivation, a Latosol structure related to the Distribution of pore sizes and a soil density, remains unchanged. Field capacity and the constant point of view are not at stake between nitrogen and potassium fertilizer combinations, but with a significant effect on the water available in the soil.

Key Words: Soil structure; aggregates; no-tillage

1. INTRODUÇÃO

O solo é como qualquer outro recurso natural, deve ser usado racionalmente, ou seja, através de um uso que permita maximizar a produção e mantê-la estável no tempo. As florestas nativas possuem fundamental importância para a biodiversidade e proteção de solos e água (SKORUPA et al., 2012). No entanto, as ações antrópicas vêm alterando os ecossistemas naturais, por meio da retirada da cobertura vegetal, gerando desequilíbrio natural do ecossistema e modificações nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (WENDLING et al., 2012).

As modificações causadas nos atributos do solo estão diretamente ligadas à intensidade do tipo de preparo do solo adotado em cada sistema de manejo. Práticas inadequadas à conservação do solo tende a desequilibrar o sistema causando a degradação, principalmente dos atributos físicos e na redução da produtividade das culturas (RAMOS, 2013). O nível de degradação, o uso intensivo do solo sem observar aptidão agrícola e a ausência de práticas conservacionistas contribuem para o processo de degradação do solo (TAVARES FILHO et al., 2012). Assim, o entendimento do impacto do uso e manejo do solo na estrutura do solo são fundamentais no para manutenção de sistemas agrícolas sustentáveis.

Sistemas que utilizam o preparo convencional normalmente degradam os solos devido ao excesso de mobilização, pela redução de sua cobertura, do estoque de matéria orgânica e da estabilidade de agregados, promovendo a compactação, a erosão e, assim consequentemente, a queda da produtividade (COSTA et al., 2003; ARGENTON et al., 2005). De acordo com Vezzani & Mielniczuk (2011) esse sistema de manejo reflete em degradação estrutural, compactando a camada superficial, aumentando densidade, pulverizando os agregados, reduzindo a porosidade (macro e microporos), diminuindo a infiltração de água e aumentando a resistência do solo a penetração das raízes das plantas. Em solos semelhantes, quando submetidos a diferentes usos e manejos, possivelmente apresentarão níveis de degradação diferentes, sendo o sistema de preparo convencional causando maior degradação do solo, em relação ao manejo conservacionista (ASSIS & LANÇAS, 2010; BERTOL et al.,

2004).

Em contrapartida, os sistemas de preparo com o uso de plantas de cobertura, que visam a adição de restos culturais na superfície do solo, propiciam melhoria do sistema, influenciando significativamente na estrutura do solo. O manejo conservacionista que utiliza práticas de cultivo sem a mobilização, como é o caso da plantio direto, recuperam e preservam a estrutura do solo, devido ao tráfego controlado, junto ao uso de plantas de cobertura, ocasionando também um aumento do teor de matéria orgânica, da atividade microbiana, na umidade do solo e estabilidade de agregados do solo.

Portanto, o conhecimento dos atributos indicadores da qualidade do solo, em ambientes explorados, é fundamental, tanto para manutenção das funções ambientais que os solos desempenham, como também para manter a capacidade de produção das culturas. Para Stefanoski et al. (2013), a estabilidade dos agregados é um dos indicadores que podem inferir sobre a qualidade do solo, devido este ser um dos atributos físicos muito sensível às práticas de uso e manejo do solo, e também importante aspecto a ser considerado para determinar o manejo adequado para manter a sustentabilidade e a capacidade produtiva dos sistemas.

Desta forma, uma hipótese possível de ser levantada é que o solo sob sistema de plantio direto com a aplicação de diferentes doses de nitrogênio e potássio sofre modificação da sua estrutura e de seus atributos físicos. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a agregação em um Latossolo Amarelo sob sistema de plantio direto submetido à adubação nitrogenada e potássica.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Agregação e estabilidade de agregados

A degradação da estrutura física do solo pode acarretar erosão e consequentemente levar à perda de material mineral, água, matéria orgânica e nutrientes, acarretando erosão do solo e poluição ambiental. O conhecimento da agregação e da estabilidade estrutural do solo são aspectos de suma importância a serem considerados para determinar o manejo, entender a dinâmica e a capacidade produtiva do solo (BAYER & MIELNICZUK, 2008).

O arranjo de partículas unitárias determina a estrutura do solo. A partir da aglutinação de partículas primárias do solo (areia, silte e argila) pequenos agregados são formados e estes, por sua vez, formam agregados sucessivamente maiores, constituindo-se cada um destes estágios de agregação em um nível hierárquico (ANDREOLA et al., 2007), consequentemente, a estrutura de um solo vai depender da intensidade com que as partículas se acham agregadas. Os agregados de menor tamanho são formados principalmente devido à presença de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, enquanto a estabilidade dos macroagregados é coordenada por agentes cimentantes orgânicos (SOUZA et al., 2012), tais como hifas de fungos e frações da matéria orgânica com pequeno grau de decomposição (GARCIA et al., 2010).

A estabilidade de agregados tem sido usada como um dos parâmetros indicadores da qualidade física do solo, pois é sensível às alterações, variando conforme as características do solo e os sistemas de manejo adotados (PEREIRA et al., 2009). Os diâmetros médios ponderado (DMP) e o diâmetro médio geométrico (DMG) são alguns dos índices que indicam a estabilidade da estrutura do solo frente à ação desagregadora da água, podendo indicar o grau de susceptibilidade do solo à erosão hídrica. A formação e a estabilização dos agregados do solo ocorrem simultaneamente durante os processos físicos, químicos e biológicos, que atuam por mecanismos próprios (SILVA & MIELNICZUK, 1997b). A agregação e a estabilização dos agregados resulta do rearranjo de partículas, floculação e cimentação mediados por variáveis ambientais, tamanho de partículas, regime hídrico, presença de óxidos e sesquióxidos de ferro e de alumínio (SIX et al., 2004), carbono orgânico do

solo, biota, ponte iônica, argila e carbonatos, sendo o carbono, ao mesmo tempo, agente de ligação e núcleo na formação dos agregados (BRONICK & LAL 2005).

Dentre as partículas primárias do solo a argila é o fator mais importante para a estabilidade de agregados (RUSSEL, 1973). A fração argila exerce domínio sobre o comportamento do solo em virtude de sua pequena dimensão, o que aumenta de maneira significativa sua superfície específica, e da presença de cargas negativas permanentes (DUFRANC et al., 2004). A argila e os coloides orgânicos causam a maior parte da agregação do solo, resultado da interação de complexos argilo-orgânicos. Solos com grandes quantidades de areia fina e silte dispersam-se facilmente (MBAGWU et al., 1993). Com a aproximação das partículas minerais, a matéria orgânica tem importante papel como um dos fatores determinantes da estabilização de agregados (SIX et al., 2000). Nos solos arenosos a matéria-orgânica promove a aglutinação das partículas firmando a estrutura e diminuindo o tamanho dos poros e consequentemente aumentando a capacidade de retenção de água (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

O aumento da estabilidade de agregados proporciona uma melhor estruturação do solo, promovendo em seu interior espaços porosos que possibilitam melhor desenvolvimento do sistema radicular das plantas, da fauna do solo e do fluxo de ar e água (SALTON et al., 2008).

2.2 Manejo do solo e plantio direto

De acordo com o uso e manejo, os solos se diferenciam em seu estado de agregação, textura, teor de água, matéria orgânica e possíveis tensões que o solo recebeu no passado (LLANILLO et al., 2006). O impacto dos sistemas de preparo e manejo dos solos tem sido avaliado por meio de medidas de propriedades físicas, como a densidade e a porosidade do solo (CARNEIRO et al., 2009), a resistência do solo à penetração (TAVARES FILHO & RIBON, 2008) e a distribuição dos agregados em classes de tamanho ou sua estabilidade em água (CASTRO FILHO et al., 1998).

O solo que é mantido em seu estado natural, sob vegetação nativa, apresenta características físicas, como densidade, porosidade, agregação e permeabilidade consideradas adequadas (ANDREOLA et al., 2000). Entretanto,

quando o solo é submetido ao processo produtivo, as características físicas sofrem alterações (NEVES et al., 2007), tornando-se fundamental a avaliação dessas características após a introdução de atividades de caráter antrópico, devido ao fato de serem afetadas nesses solos o seu conteúdo de matéria orgânica e sua estrutura, diminuindo a disponibilidade de nutrientes e a agregação e, em consequência, sua porosidade (SANTOS et al., 2011), e assim, promovendo a perda da qualidade estrutural, que resulta em aumento a suscetibilidade à erosão (BERTOL et al., 2001).

O tamanho dos agregados é influenciado pelo uso e manejo do solo (SOUZA et al., 2012), a adoção de sistemas de rotação de cultivos propicia melhor estruturação do solo (GARCIA et al., 2010). Dessa maneira, Wendling et al. (2005), avaliando a estabilidade dos agregados em função do manejo do solo, observaram menores índices de agregação sob sistemas convencionais em relação àqueles observados para culturas sob plantio direto. Em áreas de pastagens é comum a presença de camadas compactadas e com agregados estáveis em água de menor tamanho devido ao pisoteio dos animais (MIGUEL et al., 2009).

O cultivo plantas através do preparo convencional do solo vem causando a degradação física do solo, fazendo com que se buscasse como alternativa de manejo do solo o sistema plantio direto (LUCIANO et al., 2010). Entre os sistemas de manejo de solo mais utilizados, o plantio direto é o que propicia melhor estruturação do solo, devido a palhada encontrada na superfície do solo ajudar em maior incremento de matéria orgânica, aumentando a estabilidade de agregados (MATOS et al., 2008), como também na formação de agregados entre outros atributos do solo (CARVALHO et al., 2011).

O sistema de plantio direto propicia maior estabilidade de agregados em relação ao preparo convencional no qual é feito a aração e gradagem seguidas de gradagem de nivelamento por ocasião do plantio. Porém, os dois sistemas de manejos apresentaram compactação e com predomínio de microporos, comparativamente a solos sob pastagem, campo e mato nativo, que se mostraram mais porosos e com predomínio de macroporos (CARPENEDO & MIELNICZUK, 1990). Resultados semelhantes, comparando estabilidade de agregados nos sistemas de plantio direto e de preparo com aração, foram encontrados por Beare et al. (1994). Campos et al. (1995), em trabalho

semelhante, concluíram que o sistema de plantio direto propicia agregados com diâmetro médio cerca de duas vezes maior do que no sistema de plantio no qual empregou-se aração e gradagem. Essa diferença foi associada ao maior teor de carbono orgânico e maior atividade microbiana no sistema de plantio direto.

Além do sistema de plantio direto, existem outras práticas conservacionistas que são utilizadas e promovem melhor agregação do solo, como o sistema cultivo mínimo, rotação de culturas, consórcio de espécies vegetais, adubação verde e uso de plantas de cobertura (LUCIANO et al., 2010; EPAGRI, 2013; SILVA et al., 2014a; LOSS et al., 2015).

2.3 Matéria orgânica

A matéria orgânica é um componente fundamental na agregação e estabilidade de agregados nos solos tropicais e subtropicais brasileiros. Para Wendling et al. (2012) a matéria orgânica é um agente importante na formação e estabilização dos agregados. Em microagregados, a matéria orgânica humificada atua na estabilidade, juntamente aos minerais de argila e óxidos de Fe e Al, e cátions polivalentes. Agentes orgânicos transientes como polissacarídeos produzidos por fungos e bactérias atuam na estabilidade de pequenos macroagregados. Por sua vez, macroagregados grandes tem sua formação e estabilidade relacionadas com agentes orgânicos temporários, como hifas de fungos e raízes finas que formam uma rede que entremeia e estabiliza fisicamente os macroagregados (BRAIDA et al., 2011).

Além da importância que a matéria orgânica exerce sobre a agregação do solo, ela também participa ativamente na estabilidade dos agregados, proporcionando-lhes maior resistência a desagregação, essa resistência resulta na manutenção da estrutura do solo, sendo de grande importância agronômica, devido ter relação direta na infiltração de água e na aeração do solo (Oliveira, 1993). Quanto menores os teores de matéria orgânica, menor a resistência dos agregados ao impacto das gotas de chuva, quando estes são facilmente quebrados formando crostas na superfície, dificultando a infiltração, aumentando o escoamento superficial e a perda de solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005). Dessa forma, a manutenção do teor adequado de matéria orgânica ao longo do tempo resulta em formação de agregados

estáveis, diminuição da densidade do solo, aumento do índice de agregação e diminuição da resistência à penetração (CELIK et al., 2010).

A matéria orgânica do solo influencia direta e indiretamente todas as características do solo, de modo que a redução do carbono orgânico total está relacionada à degradação física dos solos, e seu incremento através do manejo adequado modifica a capacidade de carga dos solos, que se tornam menos vulneráveis à compactação (BLANCO-CANQUI et al., 2009; VIANA, et al., 2011). De acordo com Wendling et al. (2005), a matéria orgânica é o principal agente de formação e estabilização dos agregados, e por isso a avaliação do diâmetro de partículas é importante para avaliar o modelo de agregação, sendo que de acordo com Six et al. (2004), os microagregados são classificados como mais estáveis e menos suscetíveis a práticas agrícolas de manejo do que os macroagregados.

2.4 Cobertura do solo

Plantas que ajudam na agregação e com um sistema radicular agressivo podem minimizar os efeitos negativos da degradação dos solos por meio de melhorias na sua estrutura. De acordo com Moreira et al. (2009), diferentes plantas de cobertura influenciam, de forma diferenciada, as características físicas do solo, como a estabilidade de agregados, diâmetro de poros e densidade do solo.

Os sistemas agrícolas com cultivo de diferentes espécies vegetais sem o revolvimento do solo favorecem sua agregação (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009). Os efeitos sobre a estabilidade dos agregados por diferentes plantas de cobertura (crotalária - *Crotalaria juncea*, milheto - *Pennisetum americanum* sin. *tiphoides*, lab-lab - *Dolichus lab lab*, aveia - *Avena strigosa* Schreb., centeio - *Secale cereale* L., nabo-forrageiro - *Raphanus sativus* L., cevada - *Hordeum vulgare* L.), foram avaliados por Sousa Neto et al., (2008) e Loss et al., (2015), destacando a influência positiva destas espécies na estabilidade dos agregados em relação ao sistema de plantio convencional.

Dentre as plantas de cobertura que interferem nos atributos físicos do solo, com destaque para a agregação do solo, as gramíneas, que apresentam sistema radicular extenso e renovado constantemente são mais eficientes em

aumentar e manter a estabilidade dos agregados em comparação às leguminosas, que têm sistema radicular pivotante (LIMA FILHO et al., 2014).

Para Silva & Mielniczuk (1997a) as gramíneas causam efeitos benéficos na formação e estabilização dos agregados do solo, devido à alta densidade de raízes, que promovem a aproximação das partículas do solo pela constante absorção de água do perfil do solo. Esses autores ainda relataram que a renovação periódica do sistema radicular das gramíneas e a distribuição uniforme de exsudados no solo estimulam a atividade microbiana cujos subprodutos atuam como agentes cimentantes, contribuindo na formação e estabilização dos agregados, confirmando os resultados obtidos neste estudo.

2.5 Latossolos

As propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos são importantes componentes de sua produtividade, visto que as plantas necessitam de solos bem estruturados, sendo por isso a seleção e a utilização adequada de cada tipo de solo de fundamental importância para a manutenção da qualidade e da produtividade do sistema (PIGNATARO NETTO et al., 2009; BOGNOLA et al., 2010).

O termo “Latosol”, deriva de “laterite” e “solum”, palavras de origem latina, que significam tijolo e solo, foi proposto pelo pedólogo americano Charles E. Kellog, (SÉGALEN, 1994). Os Latossolos de acordo com Embrapa (2013), são solos minerais, não hidromórficos, em avançado estágio de intemperização, perfis com cor e textura homogêneos, distribuição mais ou menos uniforme de argila ao longo do perfil, elevada estabilidade de agregados e baixo conteúdo de silte em relação à argila. Geralmente são solos fortemente drenados, profundos, com sequência de horizontes A,Bw e C, pouco diferenciados. O horizonte Bw apresenta cores variando do amarelo ao vermelho, com ocorrência de cores brunadas e acinzentadas. Possuem boa estrutura física, no entanto de baixa fertilidade (CARDOSO et al., 2009). Os Latossolos em seu estado natural caracterizam-se, em geral, pela elevada estabilidade estrutural devido à atuação dos óxidos (óxidos, oxidróxidos e hidróxidos) de ferro e alumínio e matéria orgânica, principalmente (RESENDE et al., 1995).

Os Latossolos mesmo sendo solos bem estruturados apresentam limitações para utilização na agricultura, devido a problemas de compactação, limitação de enraizamento em profundidade por ser álico ou distrófico, ou seja, de fertilidade química reduzida e também devido à elevada coesão dos agregados, que por sua vez dão a característica de dureza a esse solo quando o mesmo está seco o que acarreta na dificuldade de penetração radicular (SANTOS et al., 2015), além de sofrer facilmente alterações na sua estrutura devido as práticas de manejo do solo. Rando (1981) trabalhando com um Latossolo Roxo observou efeito negativo do cultivo na estabilidade de agregados, sob práticas convencionais por mais de 10 anos. Da mesma forma, Moraes (1984) estudando características físicas de um Latossolo Vermelho-escuro muito argiloso sob cerrado, mostrou que o solo não cultivado, utilizado como referência, apresentou maior porcentagem de agregados superiores a 2 mm de diâmetro.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do estudo

A pesquisa foi realizado em experimento de campo implantado a cinco anos (2013), com renovação anual da cultura de milho em sistema de plantio direto com aplicação da combinação de diferentes doses de nitrogênio e potássio em um Latossolo Amarelo (Embrapa, 2013), na fazenda experimental Chã de Jardim, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, no município de Areia – PB, (Figura 1).



Figura 1. Localização da área experimental (adaptado de Brehm, 2010).

O município está inserido na microrregião geográfica do Brejo Paraibano, com predominância do clima tipo As' (quente e úmido); a temperatura média varia entre 18 e 26 °C, com pluviosidade em média de 900 a 1400 mm, concentrando-se nos meses de março a agosto (SANTOS et al., 2002).

Quanto ao relevo regional, este é classificado como fortemente ondulado, porém, a região se classifica como Brejo de altitude e a vegetação predominante é mata atlântica de altitude (Silva et al. 2010), sendo o relevo da área experimental plano (< 3 %) e de fácil drenagem da água de precipitação.

As amostras de solos coletadas para caracterização foram analisadas no Laboratório de Física do Solo e no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, do Departamento de Solo e Engenharia Rural (DSER), do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

O experimento foi instalado seguindo um delineamento experimental em blocos casualizados, com 11 tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram dispostos conforme a matriz Plan Puebla III (ALVAREZ, 1985), resultado da combinação de cinco doses de nitrogênio (N), na forma de uréia (5; 30; 50; 70 e 95 kg ha⁻¹) e cinco doses de potássio (K), na forma de KCl (4; 24; 40; 56 e 76 kg ha⁻¹), mais a testemunha, sem adubação, (Tabela1).

Tabela 1. Combinação das doses (kg ha⁻¹) de N e K (K₂O) segundo a matriz Plan Puebla III.

Tratamento	N	K
1	30	24
2	30	56
3	70	24
4	70	56
5	50	40
6	5	24
7	95	56
8	30	4
9	70	76
10	5	4
11	0	0

Cada parcela foi montada com sete linhas de 10 m de comprimento, espaçadas por 1,0 m (70 m² por parcela), e as coletas foram realizadas no centro das parcelas (Figura 2).



Figura 2. Representação esquemática da distribuição dos tratamentos na área experimental e pontos de coletas de amostras de solo (adaptado de Brehm, 2010).

3.2 Adubação, plantio e colheita

O plantio do milho híbrido (AG 1051) foi realizado anualmente de forma manual durante o mês de abril (Figura 3), utilizando-se espaçamento entre fileiras de 1,0 e 0,2 m entre covas, colocando-se, em cada cova, duas sementes a uma profundidade de 3 a 4 cm (10 sementes por metro linear). Vinte dias após o plantio foi realizado o desbaste deixando-se uma planta por cova (população de 50.000 plantas por hectare), a colheita foi realizada 120 dias após o plantio.



Figura 3. Blocos com o plantio de milho.

Os adubos utilizados foram a uréia (34,63 Kg), cloreto de potássio (20,55 Kg) e superfosfato simples (163 Kg) para correção do solo. A aplicação do potássio e o fósforo foi realizada em fundação (aproximadamente 10 cm de profundidade), juntamente com 30% do nitrogênio. O restante do nitrogênio foi aplicado em cobertura aos 40 dias após o plantio, ao lado da linha, sem incorporação.

3.3 Amostragem da área

As coletas foram realizadas após a colheita do milho (aproximadamente 120 dias após o plantio). As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade (Figura 4), sendo amostras de solo deformadas e indeformadas para determinações de variáveis físicas, químicas, do solo. As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras com malha de 9,52 mm para análises de agregados e de 2 mm para análises de textura e de química e fertilidade do solo. As amostras indeformadas foram preparadas para determinação da porosidade (total, macro e microporosidade), densidade do solo, condutividade hidráulica e retenção de água em diferentes potenciais.

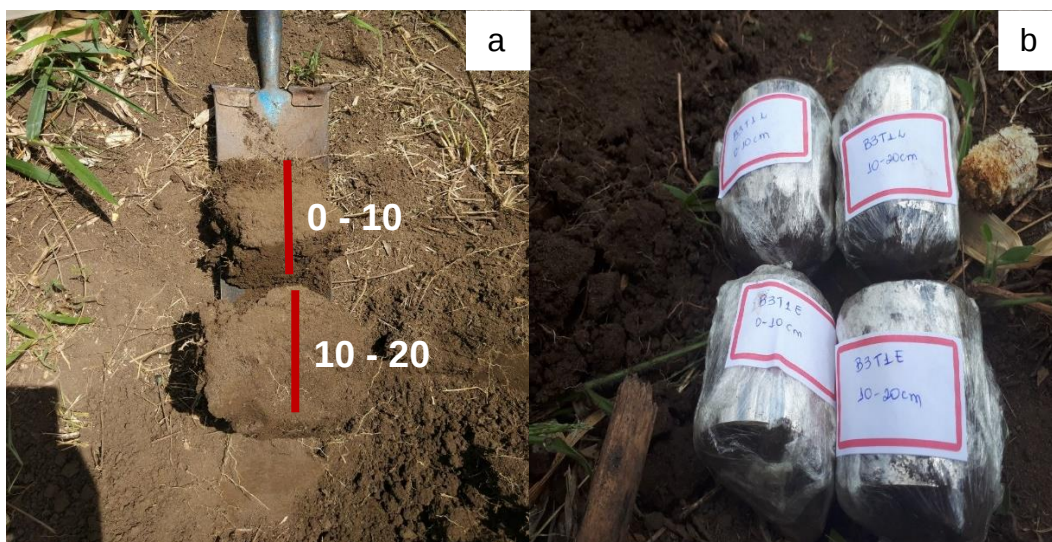


Figura 4. Amostras deformadas (a) e indeformadas(b).

3.4 Caracterização física do solo

3.4.1. Estabilidade dos agregados

A separação e classificação por tamanho do diâmetro médio ponderado de agregados úmidos (DMPAu) foram determinadas com base na metodologia descrita por Kemper & Chepil (1965), modificada por Tisdall & Oades (1979). Foram pesados 50 g de cada amostra e colocadas em um recipiente plástico para umedecimento por capilaridade em água destilada durante 24 horas, após esse tempo, as amostras umedecidas foram transferidas para tubos plásticos, contendo 500 mL^{-1} de água destilada e levadas para um agitador rotativo por 2 minutos a 16 rpm, simulando o processo de erosão por um determinado intervalo de tempo. Em seguida utilizando-se um aparelho de oscilação vertical durante 15 minutos, os agregados foram separados nas seguintes classes, com base no seu diâmetro: 2,00-1,00; 1,00-0,50 e 0,50-0,250; 0,250-0,105; 0,105-0,053 e $<0,053 \text{ mm}$, depois foram secos por 24 horas em estufa a 105° C e pesados para obtenção do valor de DMPAu.

Na determinação da distribuição por tamanho do diâmetro médio ponderado de agregados secos (DMPAs) foram pesados 50 g de cada amostra e levadas para um peneirador durante 1 minuto, com o mesmo conjunto de peneiras utilizados na análise de agregados úmidos, após a separação os agregados foram pesados e a partir desses resultados obteve-se os valores de DMPAs.

O índice de estabilidade de agregados (IEA), foi determinado a partir da relação dos valores de DMPA a úmido e a seco, Eq. (1).

$$IEA = \frac{DMPAu}{DMPAs} \dots\dots\dots(1)$$

Onde: IEA (índice de estabilidade de agregados); DMPAu (diâmetro médio ponderado de agregados úmidos, mm); DMPAs (diâmetro médio ponderado de agregados secos, mm).

3.4.2 Análise granulométrica do solo

A análise granulométrica das amostras de solo foi realizada pela distribuição de diâmetro de partículas primárias, conforme o método do Densímetro (Hidrômetro de Bouyoucos) Teixeira et al. (2017), usando hidróxido de sódio (NaOH-1N) como agente dispersante mais agitação mecânica.

Para a determinação da argila dispersa em água foi utilizado o mesmo procedimento da determinação da argila total, porém, sem o uso do dispersante químico. A partir dos dados das argilas foi possível calcular o grau de floculação, Eq. (2).

$$Gf = \left(\frac{Arg - Arg_{H_2O}}{Arg} \right) \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

Onde: Gf (grau de floculação, %); Arg (argila dispersa em hidróxido de sódio – NaOH, g kg⁻¹); ArgH₂O (argila dispersa em água, g kg⁻¹).

3.4.3 Densidade, microporosidade, macroporosidade e porosidade total do solo

No laboratório, as amostras indeformadas foram preparadas e saturadas com água destilada, por um período de 48 horas. Posteriormente, foram pesadas e colocadas sob uma tensão de 0,006 MPa em mesa de tensão. Após estabilização do peso na mesa foram pesadas, depois levadas para conjunto aparelho extrator de Richards e por último as amostras foram secas em estufa, a 105° C, até peso constante. De posse dos pesos saturado, seco e após equilíbrio a 0,006 MPa, foi possível a determinação da densidade do solo, da

macroporosidade, da microporosidade e porosidade total, de acordo com Teixeira et al. (2017), com auxílio das Eq. (3, 4, 5 e 6) que seguem abaixo.

$$Ds = \frac{mss}{v} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$Mi = \frac{ms_{0,006} - mss}{V} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$Ma = Pt - Mi \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$Pt = \frac{msat - mss}{V} \quad \dots\dots\dots(6)$$

Sendo: Ds (densidade do solo, g cm⁻³); mss (massa do solo seco a 105° C); v (volume do cilindro, cm³); msat (massa do solo saturado); ms_{0,006} (massa de solo a tensão de 0,006 MPa); Mi (microporosidade, m³ m⁻³); Ma (macroporosidade, m³ m⁻³); Pt (porosidade total, m³ m⁻³).



Figura 5. Mesa de tensão (a) e distribuição das amostras na mesa (b).

3.4.4 Disponibilidade de água total no solo

Foram determinados os principais pontos da curva de retenção na mesa de tensão (0,006 MPa) e no conjunto aparelho extrator de Richards (0,01e 1,5 MPa), o qual contém duas câmaras modelos 1600 (5 Bar Plate Extractor) e 1500 (15 Bar Plate Extractor) e compressor Soilmoisture modelo 505 20 Bar Compressor, conforme Teixeira et al. (2017). A partir dos valores da capacidade de campo (0,01 Mpa) e do ponto de murcha permanente (1,5 Mpa) foi possível determinar a disponibilidade total de água no solo, Eq (7).

$$AD = C.C. - P.M.P. \dots\dots\dots(7)$$

Onde: AD (água disponível, m³ m⁻³); C.C. (capacidade de campo, m³ m⁻³); P.M.P. (ponto de murcha permanente, m³ m⁻³).

3.4.5. Condutividade hidráulica saturada

A condutividade hidráulica saturada de cada ponto foi determinada em amostras indeformadas de solo, utilizando permeâmetro de carga constante (TEIXEIRA et al., 2017). As amostras foram saturadas em água destilada por 24 horas, em seguida transferidas para o permeâmetro onde foi aplicada uma carga hidráulica constante de 2 cm e registrado em unidades de minutos alternados o volume de água percolado, até uniformidade em pelo menos três leituras, Eq. (8).

$$K = \frac{Q \times L}{A \times H \times t} \dots\dots\dots(8)$$

Onde: K (condutividade hidráulica, cm h⁻¹); Q (volume do percolado, mL); L (altura do bloco do solo, cm); H (altura do bloco do solo e da coluna, cm); A (área do cilindro, cm²); t (tempo, h).

3.5 Caracterização de química fertilidade

A caracterização de química e fertilidade foi determinada segundo os procedimentos descritos por Teixeira et al. (2017), em amostras de solo destorroadas e passadas em peneira de 2,00 mm de diâmetro de malha para as seguintes determinações.

Para determinação do pH (H₂O) utilizou-se suspensão de solo-água na proporção 1:2,5, utilizando 10 cm⁻³ de terra fina seca ao ar (TFSA) e 25 ml de água destilada.

O fósforo (P) foi extraído com solução Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) e determinado por espectrofotometria.

O potássio (K⁺) e sódio (Na⁺) foram extraídos com solução de Mehlich⁻¹ e determinados por fotometria de chama.

Para determinação da acidez potencial (H + Al⁺³) utiliza-se como solução extratora o acetato de cálcio a pH 7,0, titulados com hidróxido de sódio a 0,025

mol L⁻¹ e a fenolftaleína a 10 g L⁻¹ como indicador.

O alumínio (Al⁺³) foi extraído com KCl 1 mol L⁻¹, titulado com hidróxido de sódio a 0,025 mol L⁻¹, e como indicador azul-de-bromotimol.

O cálcio (Ca⁺²) e magnésio (Mg⁺²) foram extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por complexometria com EDTA 0,0125mol L⁻¹, usando como indicador negro-de-ericromo-T. Já para a determinação do Ca⁺² trocável, utiliza-se como indicador o ácido calgon carbônico.

O carbono orgânico total (COT) foi obtido por oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio 0,167 mols L⁻¹ em meio sulfúrico, titulado com sulfato ferroso amoniacal 0,4 mol L⁻¹, e difenilamina a 10 g L⁻¹, como indicador de mudança de coloração (Yeomans & Bremner, 1988).

Tabela 2. Valores médios de química e fertilidade de um Latossolo Amarelo submetido a diferentes doses de Nitrogênio e Potássio.

Tratamento	pH (H ₂ O)	P	K	Na ⁺	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	C	MO ⁽¹⁾	SB ⁽²⁾	CTC ⁽³⁾ Efetiva	V ⁽⁴⁾
		-----mg dm ³ -----			-----cmol _c dm ³ -----					-----g kg ⁻¹ -----		-- cmol _c dm ³ --		%
0-10 cm														
T1	4,84	21,92	37,97	0,05	4,53	1,97	2,56	0,90	11,14	32,50	56,03	4,67	15,81	29,56
T2	5,1	22,83	419,96	0,04	3,65	2,56	1,09	0,59	11,25	23,38	40,30	4,77	16,02	29,77
T3	4,98	18,51	431,70	0,05	3,40	2,48	0,92	0,72	10,31	29,38	50,64	4,55	14,87	30,64
T4	4,82	31,34	442,89	0,05	4,45	2,16	2,29	0,85	11,63	54,38	93,74	5,64	17,27	32,64
T5	4,92	8,81	76,81	0,03	3,99	1,84	2,15	0,70	12,49	34,06	58,72	4,22	16,71	25,26
T6	5,11	22,83	187,90	0,04	4,09	2,92	1,17	0,48	11,29	23,13	39,87	4,62	15,90	29,03
T7	5,31	11,67	47,12	0,03	5,40	2,74	2,66	0,62	13,38	23,69	40,84	5,55	18,93	29,32
T8	5,09	29,04	38,64	0,03	4,99	2,49	2,50	0,75	11,91	54,38	93,74	5,12	17,03	30,05
T9	4,91	12,02	33,55	0,02	4,74	2,57	2,17	0,62	12,42	53,75	92,67	4,85	17,27	28,07
T10	4,92	19,83	12,25	0,02	5,56	2,32	3,24	0,81	9,17	51,88	89,43	5,61	14,79	37,96
T11	4,82	20,88	8,09	0,01	4,88	2,10	2,78	0,82	13,86	26,25	45,26	4,91	18,77	26,17
10-20 cm														
T1	4,85	16,62	31,57	0,03	3,22	1,84	1,38	0,94	11,85	27,81	47,95	3,34	15,18	21,97
T2	4,76	6,58	240,66	0,03	2,81	1,36	1,45	1,09	10,94	22,25	38,36	3,46	14,40	24,02
T3	4,80	20,04	31,32	0,03	4,48	1,89	2,59	1,10	12,62	19,63	33,83	4,59	17,21	26,67
T4	4,81	10,21	212,60	0,04	3,48	1,52	1,96	1,08	12,01	22,75	39,22	4,06	16,08	25,28
T5	4,92	6,51	32,03	0,03	3,73	1,56	2,17	1,72	11,52	43,13	74,35	3,84	15,35	24,99
T6	4,68	9,44	40,82	0,04	4,74	3,72	1,02	0,36	11,96	21,19	36,53	4,88	16,79	29,07
T7	5,1	4,70	20,03	0,02	3,46	2,03	1,43	0,79	11,65	6,19	10,67	3,53	15,18	23,24
T8	4,96	25,27	21,71	0,02	3,91	1,73	2,18	1,22	10,51	45,00	77,58	3,98	14,49	27,47
T9	4,72	15,09	24,76	0,02	4,08	2,58	1,50	1,01	11,91	20,56	35,45	4,17	16,08	25,92
T10	4,88	3,79	21,20	0,02	4,10	1,22	2,88	1,37	10,33	32,19	55,49	4,18	14,51	28,80
T11	5,13	16,21	10,02	0,02	4,43	2,44	1,99	0,55	10,79	10,06	17,35	4,47	15,26	29,31

(1) Carbono; (2) Soma de bases; (3) Capacidade de troca de cátions; (4) Saturação por bases.

3.6. Análise estatística

Os dados obtidos na caracterização dos atributos físicos do solo foram avaliados por meio de análise de variância em um fatorial incompleto. Quando houve efeito significativo para o teste F, foi realizada análise de regressão para os efeitos significativos. As análises de variância, comparações de médias (a 5% de probabilidade) e regressão foram realizadas utilizando-se o *software* estatístico R (R Development Core Team, 2013).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 3, 4 e 5 são apresentados os valores médios dos atributos do solo em cada tratamento comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Nas mesmas tabelas temos os valores dos coeficientes de variação (CV%), observou-se que variaram de 2,30 a 105,27%. De acordo com a classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980): Baixo = $CV < 12\%$; Médio = $12\% < CV < 60\%$; Alto = $CV > 60\%$. Os valores de CV para areia, argila, grau de flocculação, densidade do solo, macroporosidade, porosidade total, macroagregado seco e úmido, DMPAs, capacidade de campo e ponto de murcha permanente são classificados como baixos, indicando ser necessário menor número de subamostras para estimar esses atributos, com representatividade. Os CV classificados como média variação foram silte, microporosidade, microagregado seco e úmido, DMPAu, IEA e água disponível. Os demais atributos argila dispersa e condutividade hidráulica apresentaram valores de CV altos, podendo ser considerado como um indicador de heterogeneidade dos dados obtidos (FROGBROOK et al., 2002).

A granulometria do solo nos diferentes tratamentos da área experimental, na profundidade de 0-10 e 10-20 cm, não diferiu entre os tratamentos (Tabela 3), permitindo classificar o solo como o da classe textural Argilo arenosa.

A textura do solo é um atributo de difícil modificação, podendo levar vários anos sob uso antrópico para sofrer uma mínima alteração, sendo mais facilmente visualizadas em áreas de relevo acidentado (BOTTEGA et al., 2013). A textura está diretamente ligada com outros atributos do solo, como por exemplo, a estrutura, porosidade, retenção de nutrientes e influenciando diretamente na taxa de infiltração (BRANDÃO, 2013; BETIOLI JÚNIOR et al., 2012).

Tabela 3. Valores médios de análise granulométrica, argila dispersa em água, grau de floculação e classificação textural na linha de semeadura.

	Classe Textural			Argila	Grau de	Classificação
Tratamento	Areia	Silte	Argila	dispersa	Floculação	Textural
	-----g Kg ⁻¹ -----				----%----	
	0-10 (Linha de semeadura)					
T1	542 a	52 a	406 a	15	96	Argilo Arenosa
T2	574 a	53 a	373 a	15	96	Argilo Arenosa
T3	570 a	52 a	378 a	8	98	Argilo Arenosa
T4	575 a	48 a	377 a	10	97	Argilo Arenosa
T5	564 a	44 a	392 a	8	98	Argilo Arenosa
T6	556 a	59 a	385 a	5	99	Argilo Arenosa
T7	561 a	52 a	387 a	10	97	Argilo Arenosa
T8	568 a	47 a	385 a	10	97	Argilo Arenosa
T9	572 a	52 a	376 a	13	97	Argilo Arenosa
T10	551 a	42 a	407 a	13	97	Argilo Arenosa
T11	559 a	42 a	399 a	5	99	Argilo Arenosa
	10-20 (Linha de semeadura)					
T1	508 a	56 a	436 a	20	95	Argilo arenosa
T2	510 a	46 a	444 a	18	96	Argilo Arenosa
T3	528 a	49 a	423 a	15	96	Argilo Arenosa
T4	577 a	53 a	369 a	13	96	Argilo Arenosa
T5	543 a	41 a	416 a	13	97	Argilo Arenosa
T6	533 a	49 a	418 a	10	98	Argilo Arenosa
T7	522 a	48 a	430 a	10	98	Argilo Arenosa
T8	540 a	55 a	405 a	8	98	Argilo Arenosa
T9	539 a	43 a	418 a	3	99	Argilo Arenosa
T10	558 a	37 a	405 a	5	99	Argilo Arenosa
T11	536 a	40 a	424 a	3	99	Argilo Arenosa
CV (%)	7,07	31,63	9,15	105,27	2,88	

Linha (Lin.). Médias seguidas de mesmas letras, na coluna, em cada profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Observou-se que o solo apresentou maiores teores de areia em relação a argila na camada superficial (Tabela 3), enquanto os teores de argila aumentaram com a profundidade. Comportamento que pode ser atribuído principalmente à translocação de argila do horizonte A e à sua acumulação no horizonte B. Em relação ao atributo silte em alguns tratamentos é visualizado uma rápida diminuição quando comparado as duas profundidades, verificando-se que na profundidade de 10-20 cm os valores são menores em relação aos da profundidade 0-10 cm. Tavares et al. (2012) considera que os teores de silte são maiores em profundidade, comportamento este, diferente do encontrado no presente trabalho.

Os valores de argila dispersa em água (AD) e grau de flocculação (GF) (Tabela 3) não apresentaram diferença significativa nos diferentes tratamentos. Com o aumento da profundidade, percebe-se leve aumento na quantidade da AD, sendo o maior valor de 20 g kg⁻¹, isso pode ter ocorrido devido à redução no teor de matéria orgânica na camada de 10-20 cm (Tabela 2). Na camada superficial (0-10 cm), local onde se faz a aplicação da adubação, os valores de AD podem ter relação ao efeito cumulativo de sódio e potássio, visto que, estes são considerados elementos dispersantes, podendo ser encontrados em concentrações maiores do que os elementos flocculantes, o que favorece a dispersão (ERTHAL et al., 2010).

O grau de flocculação variou entre 95 a 99%, nas duas profundidades amostradas. Esses valores próximos de 100%, indicam que estes são solos bem estruturados, apresentando alta estabilidade estrutural, característica principalmente de Latossolos (RESENDE et al., 1995). Lemos & Silva (2005) afirmam que a flocculação exerce um importante papel para o controle da erosão, já que propicia a formação de agregados ou grânulos estáveis, promovendo uma maior permeabilidade do solo, favorecendo o crescimento vegetal.

A densidade do solo (Tabela 4), não foi influenciada pelos tratamentos. Em todas as profundidades avaliadas apresentaram valores próximos para todos os tratamentos, expondo condições semelhantes em ambas as profundidades analisadas.

Tabela 4. Densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total em Latossolo Amarelo sob diferentes doses de adubação e locais de amostragem.

Tratamento	Densidade do		Porosidade					
	Solo		Macro		Micro		Total	
	--- g Kg ⁻¹ ---		----- m ³ m ⁻³ -----					
	0-10 cm							
	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.
T1	1,05 a	1,21 a	0,35 a	0,29 a	0,21 a	0,22 a	0,56 a	0,51 a
T2	1,17 a	1,17 a	0,34 a	0,30 a	0,18 a	0,21 a	0,52 a	0,51 a
T3	1,13 a	1,27 a	0,30 a	0,28 a	0,20 a	0,20 a	0,50 a	0,48 a
T4	1,18 a	1,29 a	0,33 a	0,29 a	0,21 a	0,20 a	0,54 a	0,49 a
T5	1,14 a	1,27 a	0,35 a	0,26 a	0,19 a	0,23 a	0,54 a	0,49 a
T6	1,10 a	1,27 a	0,33 a	0,26 a	0,21 a	0,24 a	0,54 a	0,50 a
T7	1,15 a	1,33 a	0,32 a	0,25 a	0,21 a	0,22 a	0,53 a	0,47 a
T8	1,12 a	1,25 a	0,34 a	0,26 a	0,21 a	0,23 a	0,55 a	0,49 a
T9	1,13 a	1,26 a	0,33 a	0,27 a	0,22 a	0,23 a	0,55 a	0,50 a
T10	1,15 a	1,16 a	0,30 a	0,28 a	0,23 a	0,23 a	0,53 a	0,51 a
T11	1,15 a	1,26 a	0,30 a	0,25 a	0,23 a	0,23 a	0,53 a	0,48 a
	10-20 cm							
	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.
T1	1,26 a	1,32 a	0,32 a	0,27 a	0,17 a	0,20 a	0,49 a	0,47 a
T2	1,25 a	1,35 a	0,31 a	0,28 a	0,19 a	0,18 a	0,50 a	0,46 a
T3	1,34 a	1,29 a	0,31 a	0,31 a	0,18 a	0,17 a	0,49 a	0,48 a
T4	1,34 a	1,29 a	0,31 a	0,27 a	0,18 a	0,20 a	0,49 a	0,47 a
T5	1,31 a	1,30 a	0,32 a	0,27 a	0,17 a	0,21 a	0,49 a	0,48 a
T6	1,37 a	1,29 a	0,29 a	0,25 a	0,16 a	0,21 a	0,45 a	0,46 a
T7	1,34 a	1,34 a	0,30 a	0,26 a	0,16 a	0,19 a	0,46 a	0,45 a
T8	1,32 a	1,32 a	0,27 a	0,26 a	0,19 a	0,19 a	0,46 a	0,45 a
T9	1,35 a	1,36 a	0,29 a	0,26 a	0,20 a	0,21 a	0,49 a	0,47 a
T10	1,34 a	1,34 a	0,28 a	0,28 a	0,20 a	0,20 a	0,48 a	0,48 a
T11	1,29 a	1,29 a	0,30 a	0,25 a	0,17 a	0,23 a	0,47 a	0,48 a
CV (%)	6,57		10,37		12,52		5,69	

Linha (Lin.); Entrelinha (Entr.). Médias seguidas de mesmas letras, na coluna, em cada profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

As densidades menores estão presentes na camada de 0-10 cm de profundidade, com valores de densidade do solo que variaram de 1,05 a 1,18 g kg⁻¹ na linha e 1,16 a 1,33 g kg⁻¹ para entrelinha. Menores valores de densidade observados em camadas superficiais estão relacionados com o maior teor de matéria orgânica nessa camada e ao maior aporte de raízes das culturas (SILVA et al., 2017). Na camada de 10-20 cm de profundidade estão presentes maiores valores, esses variando de 1,25 a 1,37 g kg⁻¹ na linha e 1,29 a 1,36 g kg⁻¹ para entrelinha. Segundo Mion et al. (2012), a densidade do solo é um atributo físico muito importante na caracterização do estado de compactação do solo, sendo este um fator limitante ao crescimento radicular. Os resultados obtidos nos diferentes tratamentos estão dentro dos níveis aceitáveis para esse tipo de solo, os argilosos, devido a valores de $D_s > 1,40$ g kg⁻¹, em solos de textura argilosa serem considerados restritivos para a maioria das culturas (BALIN et al., 2017).

A distribuição de tamanhos de poros (macro e microporosidade) e a porosidade total do solo não apresentaram diferença significativa entre os diferentes tratamentos (Tabela 4). O volume de macroporos nos diferentes tratamentos variou entre 0,30 a 0,35 m³ m⁻³ para linha e 0,25 a 0,30 m³ m⁻³ na entrelinha, isso na camada de 0-10 cm. Enquanto que na camada de 10-20 cm foram observados valores entre 0,27 a 0,32 m³ m⁻³ para linha e 0,25 a 0,31 m³ m⁻³ na entrelinha. Considerando que os macroporos são a rota principal para o movimento da água e ar no solo, observa-se que os valores encontrados estão acima do nível crítico de 0,10 m³ m⁻³ (REICHERT et al., 2003). Volume de macroporos inferior a esse reduz a difusão de oxigênio, tornando assim, limitante para o desenvolvimento do sistema radicular da maioria das culturas (CUNHA et al., 2011).

A microporosidade variou de 0,18 a 0,24 m³ m⁻³ para a camada de 0-10 cm e de 0,16 a 0,23 m³ m⁻³ na camada de 10-20 cm. Deve-se considerar que outros fatores, além da forma e quantidade de adubação, podem influenciar a qualidade física do solo, especialmente decorrentes da menor mobilização do solo no sistema de semeadura direta, além dos efeitos do sistema radicular das plantas, em termos de porosidade e agregação (SILVA et al., 2005).

Segundo Santana (2009) de uma maneira geral, solos de textura arenosa a porosidade pode variar de 35 a 50%, enquanto que solos argilosos

variam de 40 a 60%. Nos diferentes tratamentos e nas diferentes profundidades perceber-se que os valores de porosidade total (PT) obtidos variaram entre 0,45 e 0,56 m³ m⁻³, ou seja, permanecendo dentro dos limites estabelecidos para solos de textura argilosa. Os maiores valores observados foram para a camada de 0-10 cm, com 0,56 e 0,51m³ m⁻³, para linha e entrelinha, respectivamente. Os menores valores foram encontrados na camada de 10-20 cm, tanto na linha quanto na entrelinha. Possivelmente esses valores maiores na camada 0-10 cm é devido à decomposição das raízes dos vegetais (WENDLING et al., 2012). Hati et al. (2007) observaram aumento da porosidade total, quando aplicado no solo a combinação de adubação mineral junto com esterco de curral, em relação ao tratamento testemunha (sem nenhuma adubação), este aumento no valor da porosidade total pode ter ocorrido mais em função da adição do esterco de curral do que a adubação mineral, devido ao incremento de matéria orgânica no solo promover melhorias nos atributos físicos do solo (SHI et al., 2016).

No presente estudo para alguns tratamentos houve aumento de DS, consequentemente, diminuição da porosidade total (PT) e da macroporosidade (Ma). Resultados similares foram obtidos por Portugal et al. (2010a), Tavares Filho et al. (2010), Cunha et al. (2011) e por Lima et al. (2014).

Na Tabela 5, são apresentados os valores obtidos para macro e microagregados nos diferentes tratamentos. Os macro e microagregados secos apresentaram diferença significativa para os diferentes tratamentos nas duas profundidades tanto na linha quanto na entrelinha. Apenas não houve diferença significativa nos tratamentos da entrelinha de 10-20 cm, isso devido a aplicação dos adubos serem na linha e na camada superficial, local de maior atuação dos adubos. Já para os valores de macro e microagregados úmidos nas duas profundidades não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 5. Macro e microagregados obtidos por peneiragem via seca e úmida em Latossolo Amarelo sob diferentes doses de adubação e de amostragem.

Tratamento	Agregação							
	Seca				Úmida			
	Macro		Micro		Macro		Micro	
	-----%-----							
	0-10 cm							
	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.
T1	87,9 ab	88,7 ab	12,1 ab	11,3 ab	76,9 a	78,0 a	23,1 a	22,0 a
T2	90,8 a	92,5 a	9,2 b	7,5 b	78,6 a	82,1 a	21,4 a	17,9 a
T3	90,9 a	91,3 ab	9,1 b	8,7 ab	80,8 a	81,3 a	19,2 a	18,7 a
T4	89,2 ab	90,4 ab	10,8 ab	9,6 ab	76,3 a	81,3 a	23,7 a	18,7 a
T5	89,6 ab	90,4 ab	10,4 ab	9,6 ab	80,9 a	81,5 a	19,1 a	18,5 a
T6	90,2 a	90,9 ab	9,8 b	9,1 ab	76,6 a	81,1 a	23,4 a	18,9 a
T7	90,1 a	89,9 ab	9,9 b	10,1 ab	80,3 a	79,7 a	19,7 a	20,3 a
T8	86,3 ab	87,7 ab	13,7 ab	12,3 ab	74,1 a	77,0 a	25,9 a	23,0 a
T9	88,4 ab	88,5 ab	11,6 ab	11,5 ab	78,2 a	77,3 a	21,8 a	22,7 a
T10	85,0 b	86,6 b	15,0 a	13,4 a	76,1 a	78,1 a	23,9 a	21,9 a
T11	88,5 ab	87,4 b	11,5 ab	12,6 a	77,9 a	78,0 a	22,1 a	22,0 a
	10-20 cm							
T1	90,9 ab	89,9 a	9,1 ab	10,1 a	76,6 a	77,4 a	23,4 a	22,6 a
T2	90,9 ab	92,0 a	9,1 ab	8,0 a	75,2 a	80,6 a	24,8 a	19,4 a
T3	92,1 a	92,6 a	7,9 b	7,4 a	81,8 a	81,9 a	18,2 a	18,1 a
T4	91,7 a	92,0 a	8,3 b	8,0 a	81,1 a	82,0 a	18,9 a	18,0 a
T5	91,6 a	91,8 a	8,4 b	8,2 a	80,4 a	82,5 a	19,6 a	17,5 a
T6	90,8 ab	89,7 a	9,2 ab	10,3 a	80,2 a	76,4 a	19,8 a	23,6 a
T7	91,6 a	90,9 a	8,4 b	9,1 a	78,8 a	80,8 a	21,2 a	19,2 a
T8	89,1 ab	89,8 a	10,9 ab	10,2 a	76,5 a	77,7 a	23,5 a	22,3 a
T9	90,3 ab	89,6 a	9,7ab	10,4 a	75,9 a	79,6 a	24,1 a	20,4 a
T10	86,1 b	88,1 a	13,9 a	11,9 a	75,6 a	77,9 a	24,4 a	22,1 a
T11	90,5 ab	91,1 a	9,5 ab	8,9 a	80,3 a	81,2 a	19,7 a	18,8 a
CV (%)	2.30		20.42		3.75		14.03	

Linha (Lin.); Entrelinha (Entr.). Médias seguidas de mesmas letras, na coluna, em cada profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os maiores valores de macroagregados secos para os diferentes tratamentos variam entre 90,1 a 90,8% e o menor valor foi de 85% na linha. Na entrelinha o maior valor foi 92,5% e o menor 86,6%, isso na camada de 0-10 cm. Na camada de 10-20 cm, na linha, foram observados os maiores valores entre 91,6 a 92,1% e menor valor 86,1%, na entrelinha os valores variam de 88,1 a 92,6%, porém sem diferença significativa. Nos microagregados da camada de 0-10 cm, na linha, o maior valor foi de 15%, enquanto que os menores valores variaram entre 9,1 a 9,9%. Na entrelinha os maiores valores foram 12,6 e 13,4%, e menor valor foi 7,5%. Na camada de 10-20 cm, na linha, houve variação dos valores entre os tratamentos, apresentando o maior valor de 13,9% e os menores valores entre 7,9 a 8,4%. Na camada de 10-20 cm foi observado um leve aumento dos macroagregados secos em relação aos valores da camada de 0-10cm.

Os menores valores de microagregados secos foram observados na camada de 10-20 cm, podendo ter relação devido à redução da matéria orgânica com o aumento da profundidade (Tabela 2). Comportamento este se difere dos encontrado por Silva et al. (2014b) que estudando efeitos da argila e matéria orgânica na agregação em diferentes usos do solo, encontrou que os microagregados secos aumentaram com a profundidade.

Em relação aos macros e microagregados separados por peneiragem úmida, os valores dos macroagregados se apresentaram entre 74,6 a 80,9% na linha e 77,0 a 82,1% na entrelinha para a camada de 0-10 cm. Na camada de 10-20 cm os valores observados variaram entre 75,2 a 81,8% na linha e 77,4 a 82,5% na entrelinha. Esse resultado mostra a estabilidade e resistência aos processos erosivos, que estão relacionados à quantidade de argila e matéria orgânica presente nesses solos.

De uma forma geral, os diferentes tratamentos avaliados apresentaram comportamento semelhante em relação à diminuição de macroagregados quando submetidos ao umedecimento, nas duas camadas avaliadas. Esse fato é causado devido a ação de desintegração da água nos macroagregados e aumentando assim os valores dos migroagregados. Resultados semelhantes foram observados por Santos et. al. (2010) ao avaliarem atributos físicos e químicos do solo de áreas sob pastagem, verificando que ao compararem os resultados de macro e microagregados secos e úmidos ocorreu uma

diminuição dos macroagregados e aumento dos microagregados.

O diâmetro médio ponderado de agregados secos (DMPAs) e úmidos (DMPAu) e o índice de estabilidade de agregados (IEA) são apresentados na Tabela 6. Os valores de DMPAs na camada de 0-10 cm apresentaram diferença significativa para os diferentes tratamentos na entrelinha, o maior valor apresentado foi de 2,86 mm e o menor 2,13 mm, na linha não houve diferença significativa, os valores se concentraram entre 2,03 a 2,68 mm, enquanto que na camada de 10-20 diferenças significativas foram apresentadas para a linha, sendo o maior valor 2,99 mm e o menor valor 2,23 mm, para entrelinha os tratamentos não apresentaram diferença significativa, com os valores variando de 2,48 a 3,04 mm. O IEA não apresentou nenhuma diferença significativa entre os tratamentos aplicados no solo em nenhuma das camadas estudadas, apenas é observada uma leve variação dos seus valores, sendo estes bem próximos entre todos os tratamentos, na linha os valores ficaram entre 0,61 a 0,72 mm, na entrelinha 0,65 a 0,74 mm para a camada de 0-10 cm, na camada de 10-20 cm para a linha os valor esse apresentaram entre 0,59 a 0,69 mm, na entrelinha 0,61 a 0,74 mm.

Para Silva & Mielniczuk (1997b), a qualidade da agregação do solo pode ser determinada pelo diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), quando os agregados são relacionados por classes de diâmetro, sendo que, quanto mais agregados se fragmentarem em água, menor a sua estabilidade.

Tabela 6. Diâmetro médio ponderado de agregados obtidos por peneiragem via seca (DMPAs) e úmida (DMPAu) e o índice de estabilidade de agregados (IEA) em Latossolo Amarelo sob diferentes doses de adubação e locais de amostragem.

Tratamento	DMPAs		DMPAu		IEA	
	-----mm-----					
	0-10 cm					
	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.
T1	2,22 a	2,36 ab	1,46 a	1,54 ab	0,66 a	0,65 a
T2	2,55 a	2,86 a	1,67 a	2,06 a	0,66 a	0,72 a
T3	2,68 a	2,69 ab	1,79 a	1,85 ab	0,68 a	0,70 a
T4	2,28 a	2,57 ab	1,59 a	1,79 ab	0,71 a	0,70 a
T5	2,52 a	2,39 ab	1,60 a	1,73 ab	0,65 a	0,73 a
T6	2,68 a	2,59 ab	1,62 a	1,87 ab	0,61 a	0,73 a
T7	2,52 a	2,40 ab	1,70 a	1,64 ab	0,68 a	0,69 a
T8	2,03 a	2,39 ab	1,43 a	1,67 ab	0,70 a	0,70 a
T9	2,31 a	2,25 ab	1,62 a	1,56 ab	0,71 a	0,70 a
T10	1,98 a	2,13 b	1,42 a	1,47 b	0,72 a	0,70 a
T11	2,34 a	2,13 b	1,43 a	1,54 ab	0,62 a	0,74 a
	10-20 cm					
	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.
T1	2,77 ab	2,77 a	1,62 ab	1,69 a	0,59 a	0,60 a
T2	2,89 ab	2,91 a	1,80 ab	1,96 a	0,64 a	0,68 a
T3	2,99 a	3,04 a	2,04 a	1,92 a	0,69 a	0,64 a
T4	2,60 ab	2,88 a	1,79 ab	2,09 a	0,69 a	0,74 a
T5	2,86 ab	2,71 a	1,82 ab	1,85 a	0,64 a	0,68 a
T6	2,83 ab	2,67 a	1,72 ab	1,68 a	0,61 a	0,63 a
T7	2,85 ab	2,74 a	1,81 ab	1,79 a	0,64 a	0,65 a
T8	2,46 ab	2,69 a	1,45 b	1,65 a	0,59 a	0,61 a
T9	2,58 ab	2,59 a	1,40 b	1,64 a	0,55 a	0,64 a
T10	2,23 b	2,48 a	1,46 b	1,72 a	0,66 a	0,69 a
T11	2,75 ab	2,79 a	1,75 ab	1,76 a	0,64 a	0,64 a
CV (%)	11,99		13,29		12,08	

Linha (Lin.); Entrelinha (Entr.). Médias seguidas de mesmas letras, na coluna, em cada profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os valores de DMPAs aumentaram com a profundidade, provavelmente, por conta dos maiores teores de argila e menores de areia nessa camada (Tabela 3). Baixos teores de areia são considerados ideais para uma maior agregação, devido a predominância da fração areia promover uma fragilidade natural na formação e estabilização de agregados (SANTOS et al., 2011; VEZZANI & MIELNICZUK, 2011).

Pouco se conhece sobre o efeito da aplicação de adubos minerais sobre as características físicas de solos. Gomes et al.(2005), comparando o uso de esterco bovino com a adubação mineral (4–14–8) na cultura do milho, verificaram que o adubo mineral diminuiu o tamanho médio dos agregados. No presente estudo foi observado que os maiores valores de DMPA seco e úmido se concentrou nas doses médias a altas de N e K, enquanto a aplicação de doses mais baixas de N e K apresentaram os menores valores, mostrando que uma dose correta de adubação pode resultar em aumento dos índices de agregação do solo.

Os maiores valores de IEA são observados na camada de 0-10 cm, podendo ter relação com o teor de matéria orgânica (Tabela 2). Estudos confirmam que maiores teores de matéria orgânica favorecem a agregação, devido à formação de ligações mais estáveis com a fração mineral do solo, promovendo assim, a estabilidade de agregados (FONTANA et al., 2010; LOSS et al., 2006; PORTUGAL et al., 2010b). Os valores de IEA são reduzidos na camada de 10-20 cm, este comportamento também foi constatado por Kato et al. (2010) em Latossolo Vermelho-Amarelo do Cerrado sob diferentes condições. Vasconcelos et al. (2010) e Wendling et al. (2012), também observaram decréscimo da agregação do solo com o aumento da profundidade. Os valores de IEA nessa camada chegam até a 0,55 mm, esse resultado pode ter ocorrido em função dos maiores valores de DMPAu na camada de 10-20 cm, visto que o valor de IEA é obtido pela relação de DMPAu e DMPAs. Segundo Silva & Mielniczuk (1997b), quanto mais próximo de 1,0, maior a estabilidade dos agregados em água.

Na tabela 7 são apresentados os valores de condutividade hidráulica (CH), capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD).

Tabela 7. Condutividade hidráulica (CH), capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD) em Latossolo Amarelo sob diferentes doses de adubação e locais de amostragem.

Tratamento	Condutividade Hidráulica		Retenção de Água					
			CC		PMP		AD	
	--- cm h ⁻¹ ---		----- m ³ m ⁻³ -----					
	0-10 cm							
	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.
T1	46,63 a	18,72 a	0,415 a	0,395 a	0,209 a	0,178	0,044 ab	0,062 bcd
T2	38,96 a	33,44 a	0,390 a	0,376 a	0,208 a	0,171	0,041 ab	0,044 d
T3	43,72 a	21,63 a	0,381 a	0,371 a	0,182 a	0,168 a	0,043 ab	0,061 bcd
T4	29,45 a	29,15 a	0,407 a	0,380 a	0,199 a	0,184 a	0,048 ab	0,050 cd
T5	36,66 a	26,99 a	0,405 a	0,396 a	0,213 a	0,164 a	0,037 b	0,072 bc
T6	29,68 a	15,17 a	0,411 a	0,393 a	0,196 a	0,158 a	0,044 ab	0,081 ab
T7	38,66 a	16,72 a	0,396 a	0,377 a	0,187 a	0,155 a	0,050 ab	0,077 bc
T8	25,46 a	19,94 a	0,393 a	0,376 a	0,187 a	0,151 a	0,047 ab	0,073 bc
T9	37,66 a	22,40 a	0,402 a	0,396 a	0,182 a	0,167 a	0,055 ab	0,066 bcd
T10	23,93 a	25,16 a	0,424 a	0,394 a	0,192 a	0,167 a	0,065 a	0,072 bc
T11	35,44 a	25,92 a	0,406 a	0,379 a	0,176 a	0,147 a	0,055 ab	0,107 a
	10-20 cm							
	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.	Lin.	Entr.
T1	18,56 a	10,43 a	0,412 a	0,393 a	0,240 a	0,195 a	0,044 b	0,064 abc
T2	27,46 a	16,87 a	0,408 a	0,367 a	0,222 a	0,187 a	0,047 ab	0,053 c
T3	17,56 a	18,56 a	0,386 a	0,370 a	0,225 a	0,197 a	0,047 ab	0,054 bc
T4	11,51 a	26,39 a	0,410 a	0,385 a	0,233 a	0,186 a	0,046 b	0,069 abc
T5	21,63 a	12,43 a	0,406 a	0,386 a	0,232 a	0,176 a	0,039 b	0,081 ab
T6	5,67 a	11,81 a	0,396 a	0,384 a	0,231 a	0,171 a	0,048 ab	0,77 abc
T7	10,12 a	9,51 a	0,388 a	0,370 a	0,244 a	0,182 a	0,042 b	0,77 abc
T8	7,98 a	8,28 a	0,390 a	0,382 a	0,200 a	0,187 a	0,052 ab	0,066 abc
T9	12,12 a	5,52 a	0,418 a	0,392 a	0,215 a	0,183 a	0,061 ab	0,083 a
T10	7,98 a	7,82 a	0,413 a	0,387 a	0,209 a	0,185 a	0,074 a	0,084 a
T11	12,12 a	17,33 a	0,374 a	0,385 a	0,196 a	0,160 a	0,060 ab	0,073 abc
CV (%)	66,03		6,56		10,26		19,73	

Linha (Lin.); Entrelinha (Entr.). Médias seguidas de mesmas letras, na coluna, em cada profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Nos valores de K_s não foram encontradas diferenças significativas entre os diferentes tratamentos, em nenhuma das camadas avaliadas. Apenas houve uma redução dos valores com o aumento da profundidade, nas condições de linha e entrelinha. Para a camada de 0-10 cm os valores de K_s ficaram entre 23,93 e 46,63 cm h^{-1} na linha e 15,17 e 33,44 cm h^{-1} na entrelinha, estes valores mais altos na linha podem estar relacionados com a presença da plantas de milho, que consequentemente desenvolvem suas raízes e proporcionam maiores poros nesse local. Na camada de 10-20 cm os valores de ficaram bem próximos, variando entre 5,67 e 27,46 cm h^{-1} na linha e 5,52 e 26,39 cm h^{-1} .

Barbosa et al. (2008), em estudo avaliando o efeito da aplicação de lodo de esgoto e consequente incremento de matéria orgânica num Latossolo Vermelho eutroférico, encontraram valores de K_s de 6,05 e 43,10 cm h^{-1} , valores estes próximos aos encontrados no presente estudo. Os valores mais altos de K_s se concentraram nas doses média a altas de adubações de N e K, podendo relacionar que os maiores valores de adubações favorecem ao desenvolvimento das culturas, e assim aportar um maior teor de matéria orgânica no solo por meio dos seus restos culturais, favorecendo a agregação do solo, macro e microporosidade, porosidade total e na manutenção de uma boa estrutura do solo, atributos esses responsáveis por uma boa infiltração do solo (TREVISAN et al., 2009; SILVA et al., 2012).

Como o movimento de água em solo saturado se realiza através dos poros maiores (SORACCO et al., 2012), podemos relacionar que quanto maior os valores de macroporosidade, maior será a capacidade de infiltração do solo, ou seja, aumento da CH do solo. Solos com baixa condutividade hidráulica são mais susceptíveis à erosão devido à maior quantidade de água que permanece na superfície resultando em maior escoamento superficial e, consequentemente, maiores perdas de solo e água (VASCONCELOS et al., 2014).

Em relação a retenção de água, os valores da capacidade campo (CC) e do ponto de murcha permanente (PMP) não apresentaram diferenças significativas para os diferentes tratamentos e efeito significativo foi encontrado apenas para a água disponível (AD). Na CC os valores na camada de 0-10 cm variaram entre 0,424 a 0,381 m^3m^{-3} na linha, enquanto na entrelinha variou de

0,396 a 0,371 m^3m^{-3} . Na camada de 10-20 cm foram observados os menores valores quando comparados com a camada de 0-10 cm, os valores variaram entre 0,418 e 0,374 m^3m^{-3} na linha e 0,393 a 0,367 m^3m^{-3} na entrelinha.

Os valores do PMP variaram de 0,176 a 0,213 m^3m^{-3} na linha, e na entrelinha de 0,147 a 0,184 m^3m^{-3} para a camada de 0-10 cm. Na camada de 10-20 cm os valores obtidos ficaram entre 0,196 a 0,244 m^3m^{-3} na linha, e na entrelinha de 0,160 a 0,197 m^3m^{-3} . Esses valores mais altos de PMP, principalmente na camada de 0-10 cm, refletiram negativamente sobre os valores de AD, devido a quanto maior e mais rápido se atinge o PMP, os valores de AD disponível vão serão reduzidos. Os maiores valores de PMP na camada de 10-20 cm pode estar relacionado com o maior teor de argila. Segundo Ribeiro et al. (2014) os valores de PMP são maiores nas áreas com maior conteúdo de argila

Os valores de AD apresentaram diferenças significativas para os diferentes tratamentos nas duas profundidades, na camada de 0-10 cm o melhor valor apresentado para linha foi de 0,065 m^3m^{-3} e o pior 0,037 m^3m^{-3} , para a entrelinha o melhor valor foi 0,107 m^3m^{-3} , sendo o maior valor encontrado entre todos os tratamentos nas diferentes profundidades, o pior valor foi de 0,044 m^3m^{-3} . Na camada de 10-20 cm o melhor valor foi de 0,074 m^3m^{-3} e o pior 0,039 m^3m^{-3} para a linha, na entrelinha o melhor valor observado foi 0,084 m^3m^{-3} e o pior valor 0,053 m^3m^{-3} .

Observou-se que os valores de AD encontrados foram menores na linha de plantio, esse resultado pode acarretar em uma necessidade de água pelas plantas em um menor intervalo de tempo, levando se fazer necessário a irrigação para suprir a demanda de água pela cultura e não venha a reduzir seu desenvolvimento e muito menos a produtividade. Os valores mais baixos de AD na camada de 0-10 cm na linha podem ter relação com os valores mais altos de microporosidade encontrados (Tabela 6), devido os microporos serem são capazes de reter a água mais fortemente (CARDUCCI et al., 2011; CARDUCCI et al., 2013), ela está retida a potenciais tão altos que a pressão de 1,5 Mpa não é suficiente para extrair água do solo.

O percentual de argila é um importante fator na retenção de água do solo, devido a sua maior área de superfície específica, os teores de areia tem menor influência sobre a retenção de água por apresentarem menor superfície

específica. No presente estudo observamos que a camada de 0-10 cm apresentou maior valor de areia e menor de argila (Tabela 3), ocasionando em uma menor retenção de água, na camada de 10-20 cm os valores de areia reduziram enquanto o de argila aumentaram, nessa camada a retenção de água aumentou.

Na análise da variância dos atributos do solo da área de estudo (Apêndices 1, 2, 3 e 4), não foi observada interação significativa entre os tratamentos e locais de coleta, apenas para o atributo Água disponível (AD) que houve significância, sendo este avaliado separadamente para cada local de coleta. Para os demais atributos foram observadas variações significativas isoladamente para os blocos, tratamentos e local de coleta, em algumas variáveis.

Na Tabela 8, são apresentadas as equações de regressões ajustadas e os coeficientes de determinação das variáveis.

Tabela 8. Equações de regressão e coeficiente de determinação (R^2) para as variáveis dos gráficos de contorno.

Variáveis	Equações de Regressão	R^2
MiU	$-0,0076835N - 0,1117026K + 0,0017725K^2 - 0,0003817NK$	0,4366
MaU	$0,0076835N + 0,1117026K - 0,01145K^2 + 0,0003817NK$	0,4366
DMPAu	$0,002720N + 0,01117K - 0,0001033K^2 - 0,00006115NK$	0,5743
MiS	$-0,0270627N - 1308349K + 0011458K^2 + 0006043NK$	0,6296
Mas	$0,0270848N + 0,1308908K - 0,01145K^2 - 0,00006115NK$	0,6296
DMPAs	$0,0040688N + 0,0158590K - 0,0001313K^2 - 0,0006059NK$	0,5972
MiP	$-0,0003179N - 0,00007859K - 0,000005196N^2 + 0,00000001842K^2 + 0,00001842NK$	0,8605
MaP	$0,0008073N + 0,00007836K - 0,000009329N^2 - 0,00001025K^2 + 0,000001173NK$	0,8227
PMP	$0,0003889N + 0,0009683K - 0,000007854N^2 - 0,00001633K^2 + 0,000008143NK$	0,7893
AD – linha 0-10	$-0,0003159N - 0,0006810K + 0,000001313N^2 + 0,000005706K^2 + 0,000005546NK$	0,7471
AD – linha 10-20	$-0,0004428N - 0,0006310K + 0,000001281K^2 + 0,00001108NK$	0,2699
AD – entrelinha 0-10	$-0,0008835N - 0,0006656K + 0,000004390N^2 - 0,000002852K^2 + 0,000013456NK$	0,6968
AD – entrelinha 10-20	$-0,0002367N - 0,0009948K + 0,000002175N^2 + 0,000001436K^2 + 0,000001540NK$	0,7592

MiU – Microagregado Úmido; MaU – Macroagregado Úmido; DMPAu – Diâmetro Médio Ponderado Agregado Úmido; MiS – Microagregado Seco; MaS – Macroagregado Seco; DMPAs – Diâmetro Médio Ponderado Agregado Seco; MiP – Microporosidade; MaP – Macroporosidade; PM – Ponto de Murcha; AD – Água Disponível.

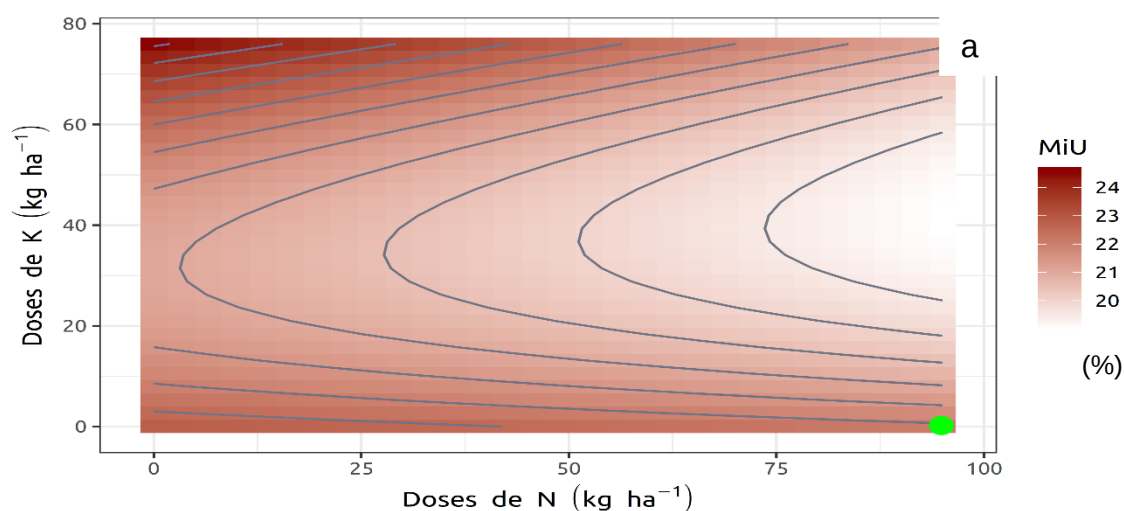
O maiores coeficientes de determinação foram observados para a microporosidade (0,8605) e macroporosidade (0,8227), o menor valor observado foi para a água disponível na linha 10-20 cm (0,2699), apresentando

valor do coeficiente de determinação mais distantes de 1, demonstrando que o modelo ajustado não teve elevada precisão na estimativa de valores deste atributo.

No estudo realizado por Ferreira (2018), avaliando o efeito da adubação com adubos orgânicos e mineral, associada ao uso de resíduos de plantas de cobertura em sistema de plantio direto nos atributos físicos e químicos de agregados do solo, verificou os maiores valores de DMP dos agregados nas áreas com aplicação de dejetos suínos e testemunha (sem adubação) e, por fim, a adubação química (menor valor). Isso mostra que a adubação mineral não é o principal fator para aumentar o DMP dos agregados do solo, sendo necessário levar em consideração outros atributos do solo para relacionar as modificações ocorridas.

Nas Figuras 6, 7, 8, 9, 10, temos as representações gráficas das variáveis estudadas, com dados ajustados pelas equações de regressão.

Na Figura 6, tem-se os agregados obtidos por peneiragem via úmida, macro e microagregados (MAU e MIU) e diâmetro médio ponderado agregado úmido (DMPAU).



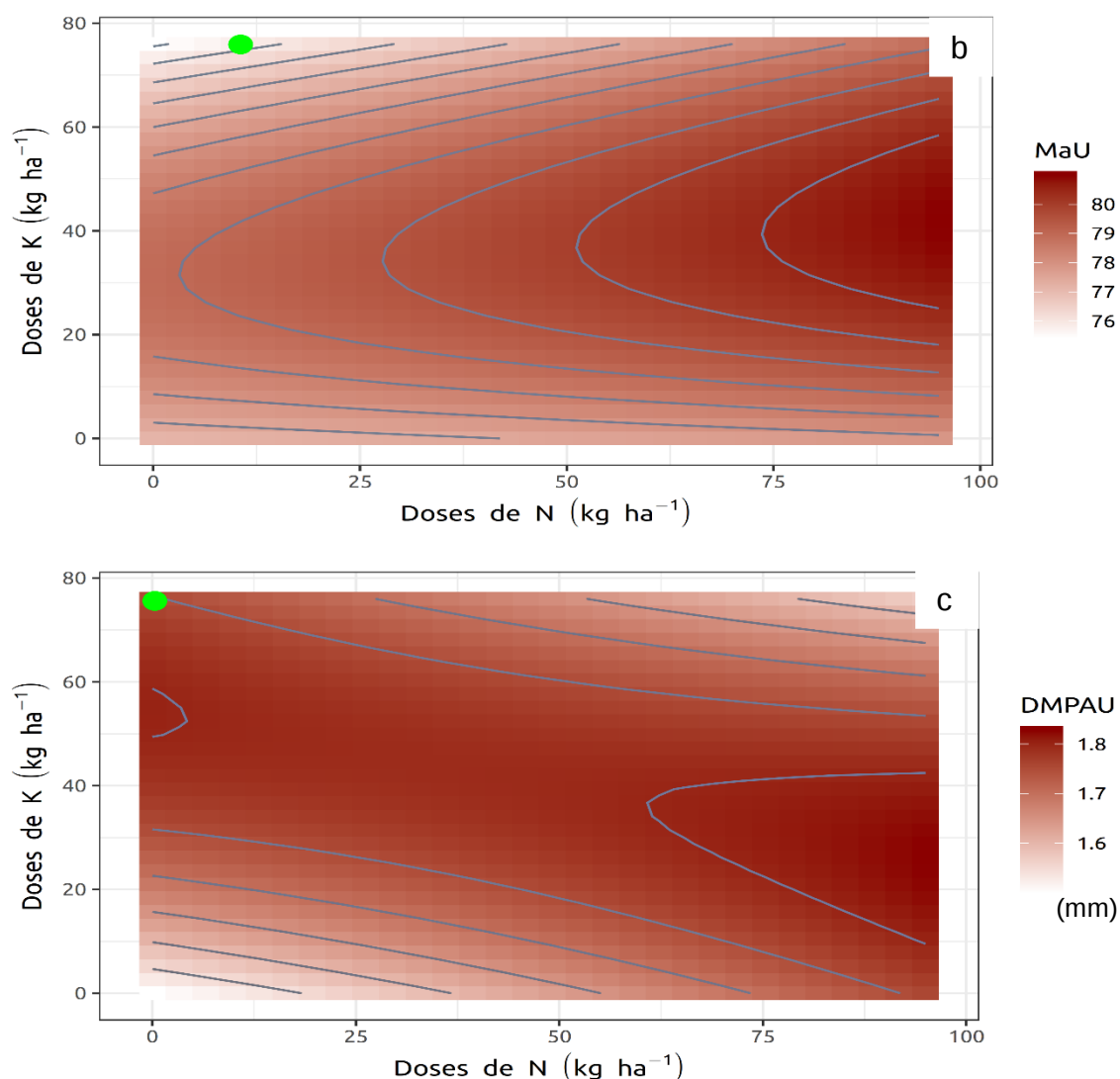


Figura 6. Gráficos de contorno para MiU – Microagregado Úmido, % (a); MaU – Macroagregado Úmido, % (b); DMPAU – Diâmetro Médio Ponderado Agregado Úmido, mm (c).

Para os agregados obtidos por peneiragem via úmida, macro e microagregados úmidos (MaU e MiU) e diâmetro médio ponderado agregado úmido (DMPAU), embora não se constatando variações muito altas entre tratamentos, foram observados em seus valores (Figura 6) efeitos semelhantes aos dos agregação seca (Figura 7), abordada anteriormente. Mesmo observando que estes sofreram algumas alterações, ou seja, redução do MaU e elevação do MiU (Tabela 5), mas não foram modificações tão altas para que os MIS obtivessem valores maiores que os dos MaU, esse comportamento pode ter ocorrido em virtude da fragmentação desses macroagregados seco,

quando umedecidos. O aumento dos microagregados úmido reflete a alta instabilidade dos agregados e, conseqüentemente, o quanto o solo é susceptível à erosão (TISDALL & OADES, 1982; CARPENEDO & MIELNICZUK, 1990; SANTIAGO, 1997; PEQUENO, 1999). Portanto, em solos sob cultivo é considerada a melhor agregação, quando umedecidos apresentam alta percentagem de macroagregados se baixa de microagregados (SILVA & MIELNICZUK, 1997b; PEQUENO, 1999).

Os pontos de máximo de DMPA (seco e úmido) encontrados nas menores doses de N, pode ter ocorrido devido a adubação com nitrogênio mineral como, por exemplo, na forma de uréia resultar na redução dos teores da matéria orgânica do solo, pois esse N passa a servir de matéria prima para microrganismos decompositores, acelerando a decomposição da matéria orgânica (FONTE et al., 2009; SOUZA et al., 2013). Esse comportamento se assemelha com o estudo de Ferreira (2018), onde os menores valores de DMP para o tratamento adubação química, na camada de 5-10 cm, foram decorrentes da mineralização mais acentuada da matéria orgânica do solo neste tratamento em comparação aos tratamentos com adubação orgânica

O tratamento com maior dose de N e menor dose de K apresentou o ponto máximo de MiS, e efeito contrário, para o MaS e também para diâmetro médio ponderado agregado seco (DMPAS), onde os tratamentos com menores doses de N e maiores doses de K favoreceram aos pontos máximos dessas variáveis (Figura 7). Nessa distribuição, destaca-se, entretanto, que as médias dos valores nos MaS foram aproximadamente nove vezes maiores em comparação com àquelas do MiS. Estes resultados refletem a distribuição atual dos agregados do solo, em termos percentuais no perfil estudado.

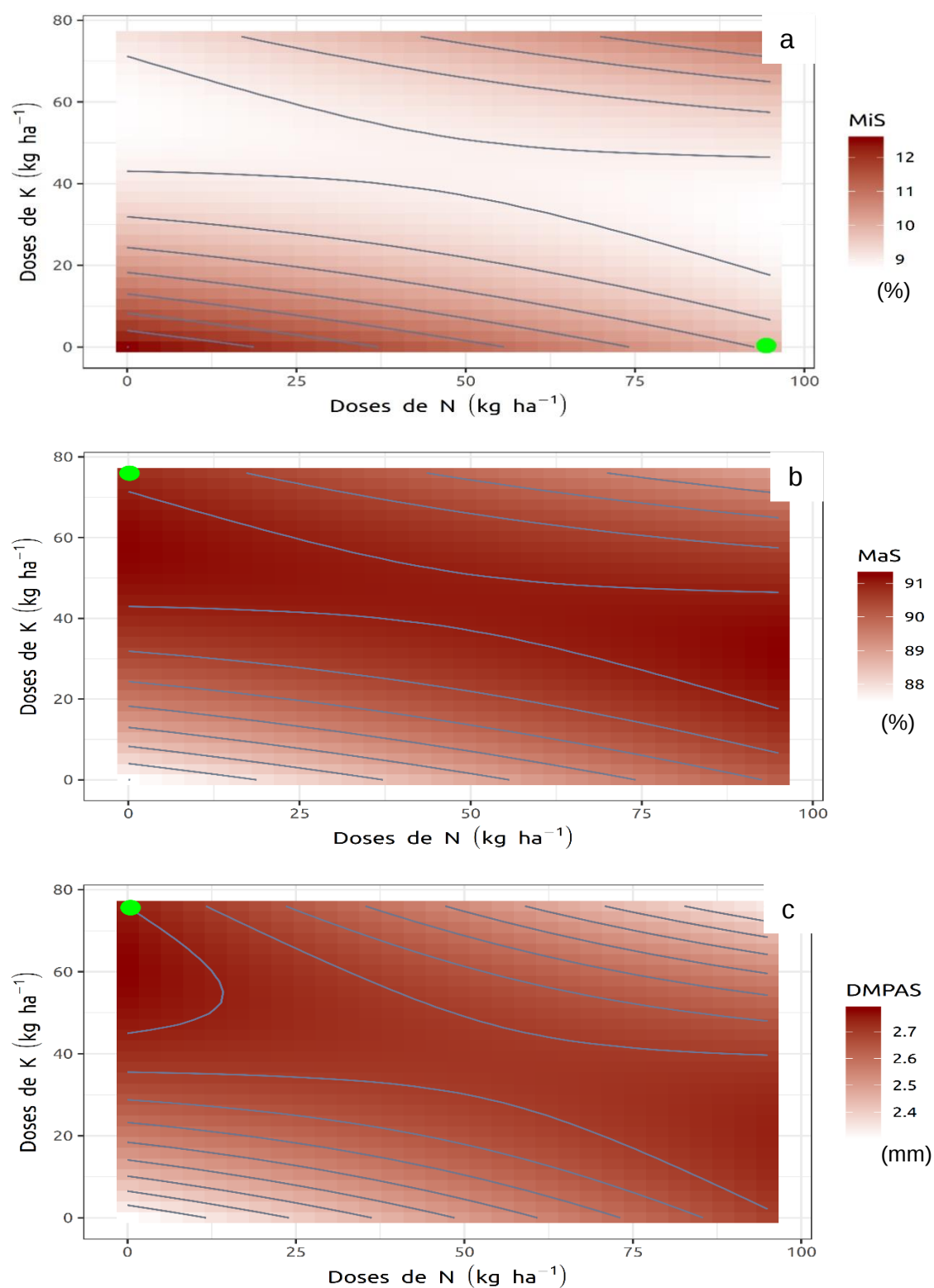


Figura 7. Gráficos de contorno para MiS – Microagregado Seco, % (a); MaS – Macroagregado Seco, % (b); DMPAS – Diâmetro Médio Ponderado Agregado Seco, mm (c).

A Figura 8 apresenta os gráficos de superfície de resposta obtidos para

Microporosidade (MiP) e Macroporosidade (MaP), determinadas nas amostras coletadas nos diferentes tratamentos da área de estudo. No geral, a MiP das amostras variou de $0,16 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (menores doses de K e maiores doses de N) a $0,24 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (menores doses de K e menores doses de N). O tratamento que apresentou ponto do valor máximo de MiP foi o tratamento sem nenhuma dose de N e K.

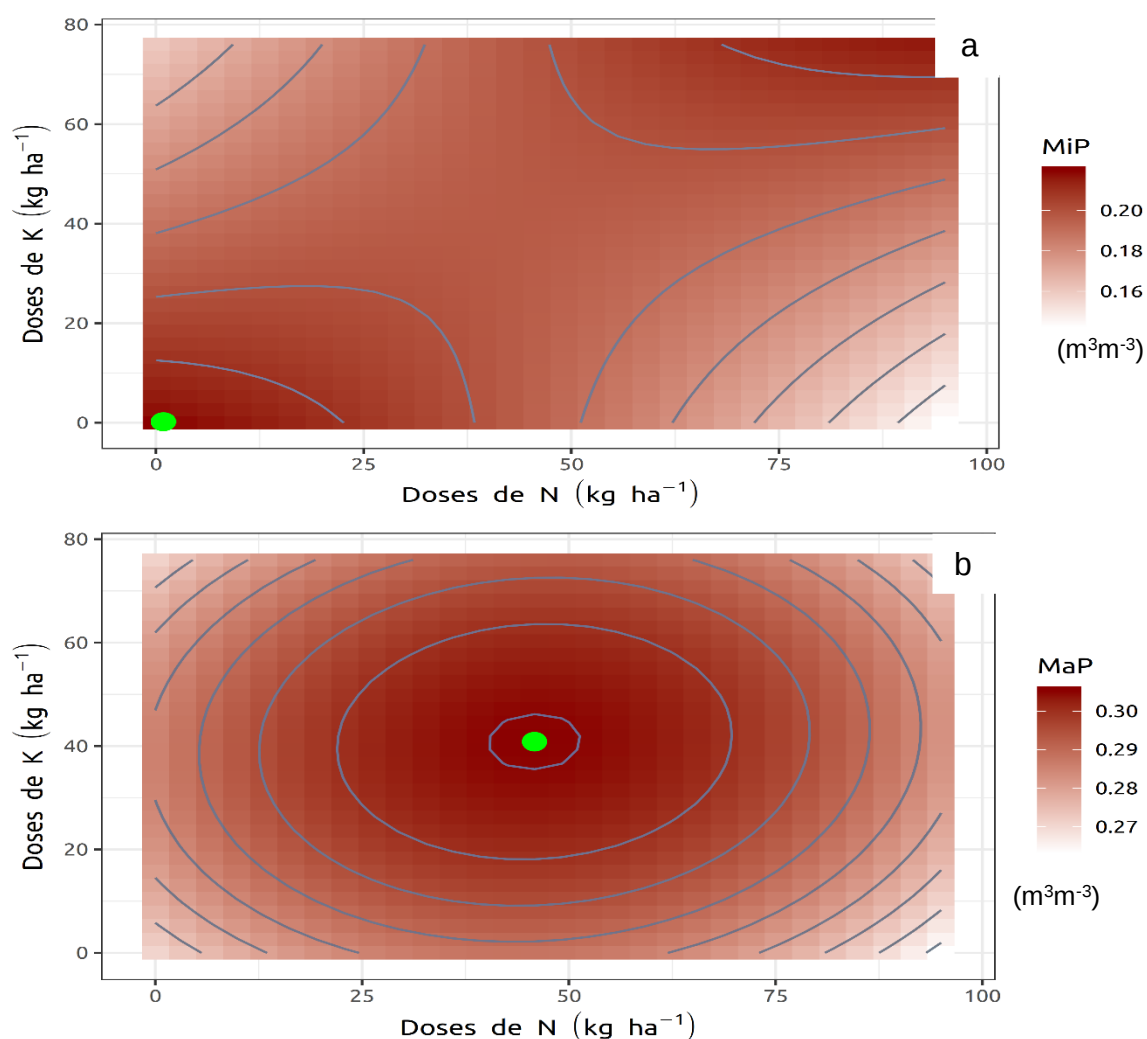


Figura 8. Gráficos de contorno para MiP – Microporosidade $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ (a); MaP – Macroporosidade $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ (b).

Os valores de MaP variaram de $0,25 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ a $0,35 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. O tratamento que apresentou o ponto máximo de MaP se concentrou nas doses médias de N e K. O valor de MaP encontrado pode estar relacionada à maior massa

radicular proporcionada pela planta, e possíveis vazios (poros) resultantes da decomposição e renovação dessas raízes (LIMA et al., 2012), a elevados teores de carbono orgânico e as boas propriedades de agregação (WENDLING et al., 2012).

Os poros de menor diâmetro (MiP) são aqueles nos quais a água pode permanecer retida com energia muito alta, sendo, portanto, indisponível às plantas (CARDUCCI et al., 2013). Assim, é importante realizar a aplicação de doses maiores de N e K para diminuir nos valores de MiP e aumento da MaP, e consequentemente, tornar a água no solo facilmente extraível pelas plantas.

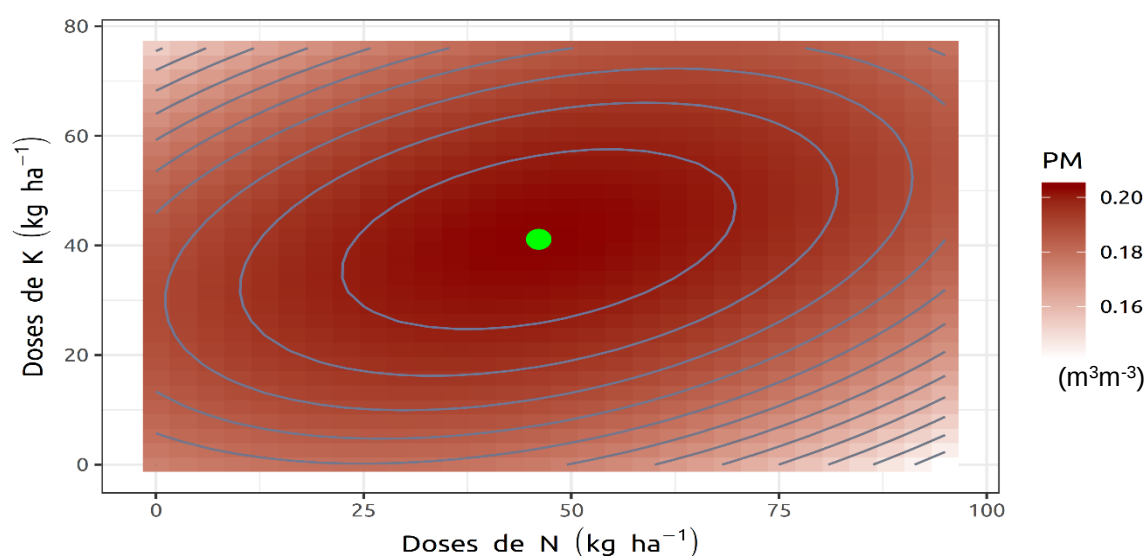
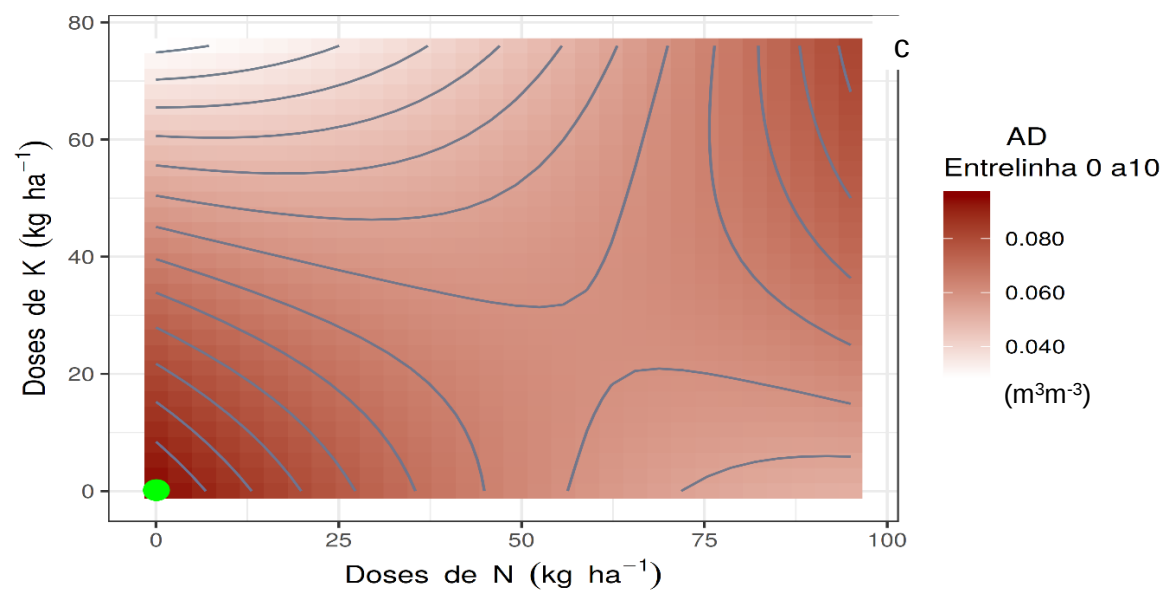
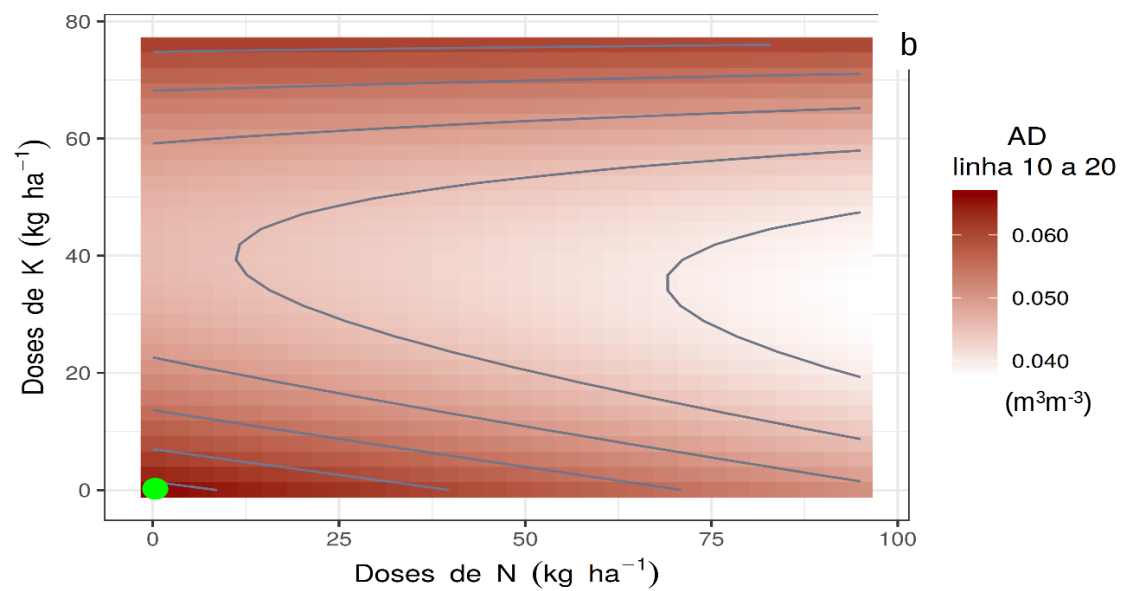
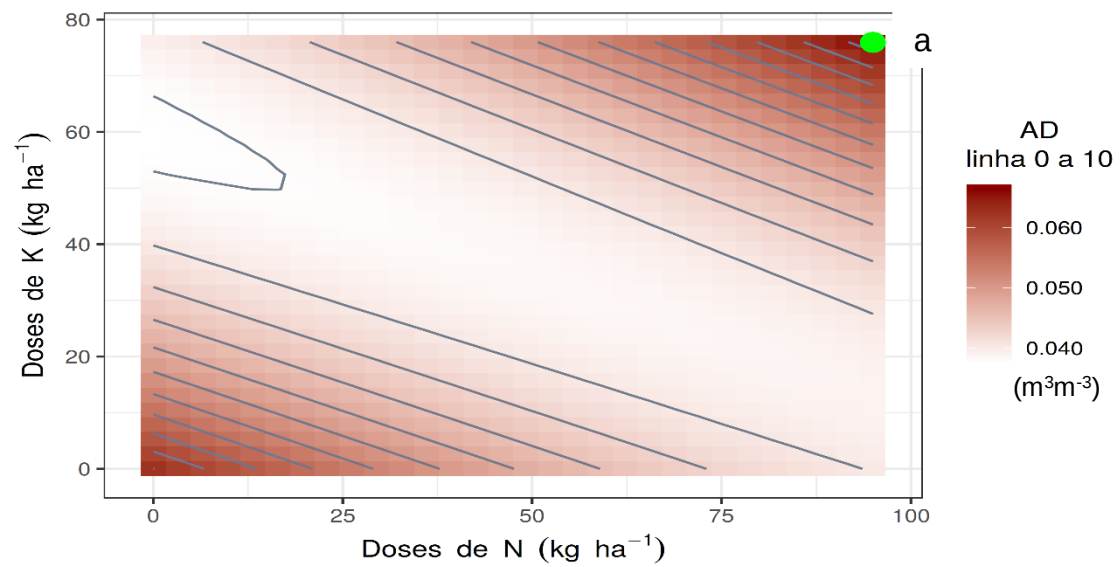


Figura 9. Gráfico de contorno para PM – Ponto de Murcha ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$).

Quanto ao ponto de murcha (Figura 9), o tratamento com doses médias de N e K favoreceram para maior valor do ponto de murcha. Observando a Tabela 3, a maior quantidade de argila foi encontrada nos tratamentos com doses médias de N e K, então podemos considerar que estes valores têm relação com o alto teor de argila deste solo, devido à fração argila do solo possuir forte força de adsorção, sendo necessária altas pressões para extrair a umidade do solo (TAVARES et al., 2008b).



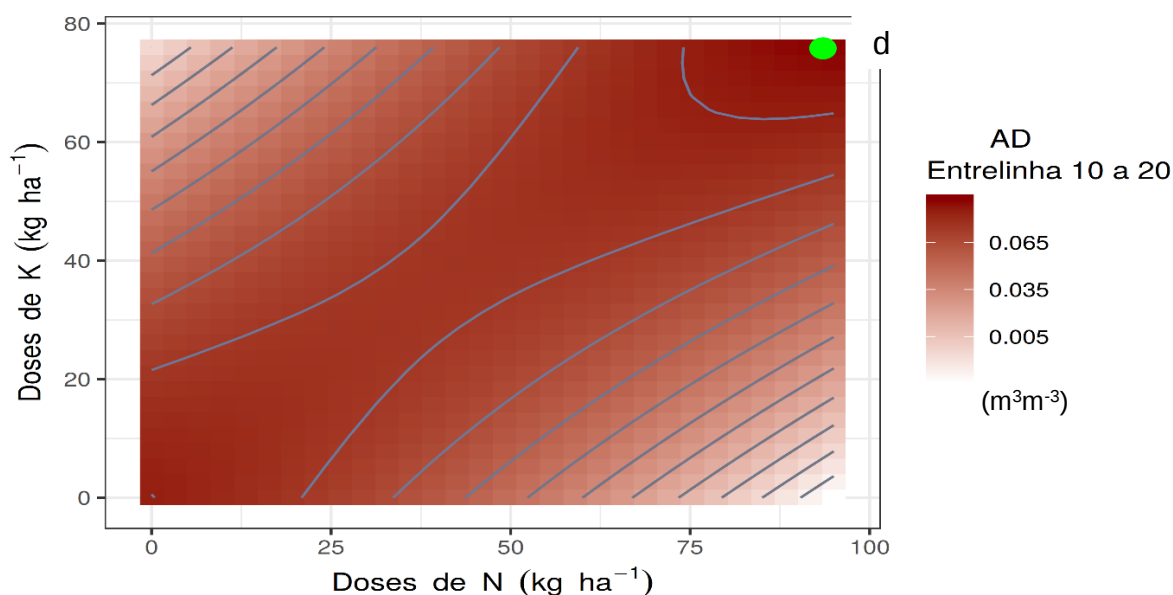


Figura 10. Gráficos de contorno para AD – Água Disponível ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) com interação dos locais de coleta; linha 0-10 (a); linha 10-20 (b); entrelinha 0-10 (c); entrelinha 10-20 (d).

Na Figura 10, são apresentados os gráficos de superfície de resposta para a AD nos diferentes locais de coleta. Para o local de coleta linha 0-10 cm, o ponto máximo de AD foi encontrado nas maiores doses de N e K, essas altas doses podem favorecer a um melhor desenvolvimento da cultura, implicando em maior aporte de matéria seca no solo. Esse resultado para AD está relacionado com o teor de matéria orgânica do solo, onde os maiores teores estão para as maiores doses de adução de N e K (Tabela 2). O fornecimento de matéria orgânica para o solo contribui para a retenção de água, e quando associado a um menor revolvimento do solo, melhora consideravelmente sua estrutura, o que favorece o desenvolvimento radicular e assim aumenta a capacidade de água disponível (ARAÚJO et al., 2004; FRANCHINI et al., 2009). A matéria orgânica pode reter até vinte vezes a sua massa em água, sendo que parte fica retida na estrutura interna, apresentado baixa disponibilidade às plantas (STEVENSON, 1994).

Na linha de 10-20 cm, a AD teve seu ponto máximo encontrado para as menores doses de N e K, apresentando efeito contrário ao da camada de 0-10 cm. Este comportamento pode ter sido mais influenciado pela característica da mineralogia do solo em estudo, devido como aumento da profundidade, a

influência da matéria orgânica passa a ser menor na retenção de água no solo, predominando então, o efeito da mineralogia oxídica e do alto teor de argila destes solos (BEUTLER et. al., 2002). Na entrelinha de 0-10 cm, o ponto máximo de AD teve comportamento semelhante ao da linha na camada de 10-20 cm. Na entrelinha 0-10 podemos relacionar os valores de AD com o da microporosidade encontrada nessa camada (Tabela 4), devido a este atributo ter importante relação com a capacidade de retenção de água no solo, e serem os poros responsáveis pela água disponível às plantas (CÁSSARO et al., 2011). Para o local de coleta entrelinha 10-20 cm, o ponto máximo de AD foi encontrado nas maiores doses de N e K, se assemelhando ao comportamento da linha na camada de 0-10 cm. Com aumento da profundidade há incremento do teor de argila nessa camada, fato que pode estar relacionado com a retenção de água, devido a sua maior área de superfície específica ter importante papel na retenção de água.

5. CONCLUSÕES

O sistema de uso com adoção de plantio direto e a combinação da adubação nitrogenada e potássica não altera a estabilidade dos agregados.

Após cinco anos de cultivo sucessivos, a estrutura do Latossolo relacionada a distribuição de tamanhos de poros e a densidade do solo, permanece inalterada.

A capacidade de campo e o ponto de murcha permanente não apresentam diferenças significativas entre as combinações de adubo nitrogenado e potássico, porém com efeito significativo para água disponível no solo.

6. REFERENCIAS

ALVAREZ, V. V. H. **Avaliação da fertilidade do solo: superfície de resposta; modelos aproximativos para expressar a relação fator resposta.** Viçosa: UFV, 1985. 75p.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.3, p.857-865, 2000.

ARAÚJO, M. A.; LANI, J.L., AMARAL, E.F., GUERRA, A. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.337-345, 2004.

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

ASSIS, R. L.; LANÇAS, K. P. Agregação de um Nitossolo Vermelho Distroférrico sob sistemas de plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.1, p.58-66, 2010.

BALIN, N. M.; ZIECH, A. R.D.; OLIVEIRA, J.P.M.; GIRARDELLO, V.C.; STUMPF, L.; CONCEIÇÃO, P. C. Frações da matéria orgânica, índice de manejo do carbono e atributos físicos de um Latossolo vermelho sob diferentes sistemas de uso. **Scientia Agrária**, v.18, n.3, 2017.

BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I. C. B. Condutividade hidráulica saturada e não saturada de Latossolo Vermelho Eutroférrico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.403- 407, 2008.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** 2 edição revisada e atualizada. Porto Alegre. Metrópole. 2008.

p.7-18.

BEARE, M. H.; IIENDRIX, P. F.; COLEMAN, D. C. Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional-and no-tillage soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, p.777-186, 1994.

BERTOL, I. ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL A. J.; ZONDAN JUNIOR, W. A. 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**, Viçosa, v.28, p.155-163, 2004.

BERTOL, I.; BEUTLER, J. F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Science Agriculture**, v.58, p.555-560, 2001.

BETIOLI JÚNIOR, E.; MOREIRA, W. H.; TORMENA, C. A.; FERREIRA, C. J. B.; SILVA, A. P.; GIAROLA, N. F. B. Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um Latossolo Vermelho após 30 anos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, n.3, p.971-982, 2012.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação dos Solos**. 5. ed. São Paulo: Ícone, 2005.

BEUTLER A. N.; CENTURION J. F.; SOUZA Z. M.; ANDRIOLI, I. & C. G. ROQUE. Retenção de água em dois tipos de Latossolos sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.829-834, 2002.

BLANCO-CANQUI, H.; STONE, L. R.; SCHLEGEL, A. J.; LYON, D. J.; VIGIL, M. F.; MIKHA, M. M.; STAHLMAN, P. W.; RICE, C. W. No-till induced increase in organic carbon reduces maximum bulk density of soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.73, p.1871-1879, 2009.

BOGNOLA, I. A. DEDECEK, R. A.; LAVORANTI, O. J.; HIGA, A. R. Influência de propriedades físico hídricas do solo no crescimento de *Pinus taeda*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.30, n.61, p.37-49, 2010.

BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; MÁRCIO, C.; SOUZA, A. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.44, n.1, p.1-9, jan./mar. 2013.

BRAIDA, J. A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M. Matéria Orgânica e seu efeito na física do solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, v.8, p.221-278, 2011.

BRANDÃO, E. D. **Degradação do Solo em áreas de pastagem na Microrregião do Brejo Paraibano**. 2013. 120p. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água). Universidade Federal da Paraíba, 2013

BREHM, M. A. S. **Estabilidade e distribuição do tamanho de agregados em duas topossequências sob pastagem com diferentes níveis de conservação**. 2010. 44 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Universidade Federal da Paraíba, 2010.

BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and manegment: a review. **Geoderma**, Amsterdam, v.124, p.3-22, 2005.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.1, p.121-126, 1995.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. M. S.; CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, p.631-637, 2009.

CARDUCCI, C. E.; OLIVERIA, G. C.; SEVERIANO, E. C.; ZEVIANI, W. M. Modelagem da curva de retenção de água de Latossolos utilizando a equação duplo van Genuchten. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.77-86, 2011.

CARDUCCI, C. E.; OLIVEIRA, G. C.; ZEVIANI, W. M.; LIMA, V. M. P.; SERAFIM, M. E. Bimodal pore distribution on soils under conservation

management system for coffee crop. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.33, p.291-302, 2013.

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

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p.99-105, 1990.

CARVALHO, L. A.; MEURER, I.; SILVA JÚNIOR, C. A.; CAVALIERI, K. M. V.; SANTOS, C. F. B. Dependência espacial dos atributos físicos de três classes de solos cultivados com cana-de-açúcar sob colheita mecanizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, p.940-949, 2011.

CÁSSARO, F. A. M.; BORKOWSKI, A. K.; PIRES, L. F.; ROSA, J. A.; SAAB, S. C. Characterization of a Brazilian clayey soil submitted to conventional and no-tillage management practices using pore size distribution analysis. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.111, n.2, p.175-179, jan, 2011.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.527-538, 1998.

CELIK, I.; GUNAL, H.; BUDAK, M.; AKPINAR, C. Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions. **Geoderma**, Amsterdam, v.160, p.236-243, 2010.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p.527-535, 2003.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 589-602, 2011.

DUFRANC, G.; DECHEN, S. C. F.; FREITAS, S. S.; CAMARGO, O. A. Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois Latossolos em plantio direto no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.505-517, 2004.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Sistema de produção para a cebola: Santa Catarina**. 4. ed. rev. Florianópolis: EPAGRI, 2013. 106 p. (Sistemas de produção; nº 46).

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, UAEA/UFCG, v.14, n.5, p.467-477, 2010.

FERREIRA, G. W. **Atributos físicos e químicos de agregados e da terra fina seca ao ar em solo sob cultivo de aveia/milho adubado com dejetos suínos e fertilizantes químicos**. 2018. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

FONTANA, A.; BRITO, R. J. DE; PEREIRA, M. G.; LOSS, A. Índices de agregação e a relação com as substâncias húmicas em Latossolos e Argissolos de tabuleiros costeiros, Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, Recife, v.5, p.291-297, 2010.

FONTE, S. J.; YEBOAH, E.; OFORI, P.; QUANSAH, G. W.; VANLAUWE, B.; et al. Fertilizer and residue quality effects on organic matter stabilization in soil aggregates. **Soil Biology and Biochemistry**, v.73, p.961-966, 2009.

FRANCHINI, I. C.; DEBIAIS, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca**. Documentos, Embrapa Soja, Londrina, 2009.

FROGBROOK, Z. L.; OLIVER, M. A.; SALAH, M.; ELLIS, R. H. Exploring the spatial relations between cereal yield and soil chemical properties and the implications for sampling. **Soil Use and Management**, v.18, n.01, p.01-09, 2002.

GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Agregados em um Latossolo sob sistema plantio direto e rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.12, p.1489-1498, 2010.

GOMES, J. A.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; FILHO, P. S. V.; SAGRILO, E.; MORA, F. Adubações orgânica e mineral, produtividade do milho e características físicas e químicas de um Argissolo Vermelho- Amarelo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.27, n.3, p. 521-529, 2005.

HATI, K. M.; SWARUP, A.; DWIVEDI, A. K.; MISRA, A. K.; BANDYOPADHYAY, K. K. Changes in soil physical properties and organic carbon status at the topsoil horizon of a vertisol of central India after 28 years of continuous cropping, fertilization and manuring. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.119, p.127-134, 2007.

KATO, E.; RAMOS, M. L. G.; VIEIRA, D. F. A.; MEIRA, A. D.; MOURÃO, V. C. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Latossolo Vermelho-amarelo do cerrado, sob diferentes coberturas vegetais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, p.732-738, 2010.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates: Methods of soil analysis. **American Society of Agronomy**, Madison, p.449- 510. 1965.

LEMOES, C. F.; SILVA, E. T.; Comparação das características morfológicas, mineralógicas, químicas e físicas do solo entre áreas de cultivo com plantio direto e plantio convencional. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v.3, n.1, p.11-18, jan./mar. 2005.

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

LIMA J. R. S.; SOUZA, E. S.; ANTONINO, A. C. D.; SILVA, I. F.; CORRÊA, M. M.; LIRA, C. A. B. Atributos físico-hídricos de um Latossolo Amarelo cultivado e sob mata nativa no Brejo Paraibano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.9, p.599-605, 2014.

LIMA, V. M. P.; OLIVEIRA, G. C.; SERAFIM, M. E.; CURI, N.; EVANGELISTA, A. R. Intervalo hídrico ótimo como indicador de melhoria da qualidade estrutural de Latossolo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, n.1, p.71-78, 2012.

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

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; BRITO, R. J. Distribuição das substâncias húmicas em solos de tabuleiros sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Universidade Rural, Série Ciência da Vida**, Rio de Janeiro, v.26, p.68-77, 2006.

LOSS, A.; BASSO, A.; OLIVEIRA, B. S.; KOUCHER, L. P.; OLIVEIRA, R. A.; KURTZ, C.; LOVATO, P. E.; CURMI, P., 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**, Viçosa, v.39, n.4, p.1212-1224, 2015.

LUCIANO, R. V.; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; KURTZ, C.; FAYAD, J. A. Propriedades físicas e carbono orgânico do solo sob plantio direto comparados à mata natural, num Cambissolo Háplico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lajes, v.9, n.1, p.9-19, 2010.

MATOS, E. S.; MENDONÇA, E. de S.; LEITE, L. F. C.; GALVÃO, J. C. C. Estabilidade de agregados e distribuição de carbono e nutrientes em Argissolo

sob adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, p.1221-1230, 2008.

MBAGWU, I. G. Vertical distribution of macrobenthic invertebrates in the profundal sediment of the pondment of the damme driver Dambe. **Journal of Aquatic Science**, Austria, v.5, p.10-25, 1993.

MIGUEL, F. R. M.; VIEIRA, S. R.; GREGO, C. R. Variabilidade espacial da infiltração de água em solo sob pastagem em função da intensidade de pisoteio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, p.1513-1519, 2009.

MION, R. L.; NASCIMENTO, E. M. S.; SALES, F. A. L.; SILVA, S. F.; DUARTE, J. M. L.; SOUSA, B. M. Variabilidade espacial da porosidade total, umidade e resistência do solo à penetração de um Argissolo amarelo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2057-2066, 2012.

MORAES, W. V. **Comportamento de características e propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de cultivo**. 1984. 207 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1984.

MOREIRA, J. A. A.; AGUIAR, R. A.; STONE, L. F.; BERNARDES, T. G.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Efeito de diferentes plantas de cobertura do solo sobre alguns atributos do solo em sistema de produção orgânico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Pelotas v.4, p.3748-3751, 2009.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; CARDOSO, E. L.; MACEDO, R. L. G.; FERREIRA, M. M.; SOUZA, F. S. Atributos indicadores da qualidade do solo em Sistemas Agrossilvipastoril no Noroeste do Estado de Minas Gerais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.74, p.45-53, 2007.

OLIVEIRA, P. A. V. de (Coord.). **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188 p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 27).

PEQUENO, P. L. L. **Sistema radicular de leguminosas: Efeito nas**

propriedades físicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo no município de Alagoinha-PB. 1999. 52p. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Universidade Federal da Paraíba, 1999.

PEREIRA, A. L.; CAMPOS, M. C. C.; SOUZA, Z. M.; CAVALCANTE, I. H. L.; SILVA, V. A.; MARTINS FILHO, M. V. Atributos do solo sob pastagens em sistema de sequeiro e irrigado. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.2, p.377-384, 2009.

PIGNATARO NETTO, I. T.; KATO, E; GOEDERT, W. J. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.3, p.1441-1448, 2009.

PORTUGAL, A. F.; JUNCKSH, I.; SCHAEFER, C. E. R. G.; NEVES, J. C. D. L. Estabilidade de agregados em Argissolo sob diferentes usos, comparado com mata. **Revista Ceres**, Viçosa, v.57, p.545- 553, 2010a.

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D'A. V.; COSTA, L. M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.2, p.575-585, 2010b.

RAMOS, D. T. **Identificação de indicadores representativos da qualidade do solo por meio da técnica multivariada.** 2013. 95p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical). Universidade Federal de Mato Grosso, 2013.

RANDO, E. M. **Alterações nas características e propriedades físicas de um Latossolo Roxo distrófico, ocasionadas pelo cultivo convencional.** 1981. 161p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1981.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2013.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria,

n.28, p.29- 48, 2003.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. Pedologia: base para distinção de ambientes. **Viçosa: NEPUT**, 1995. 304p.

RIBEIRO, P. L.; BAMBERG, A. L.; KUNDE, R. J.; STÖCKER, C. M.; MONTEIRO, A. B.; MARTINAZZO, R. Condições físicas de Chernossolos cultivados com soja na bacia hidrográfica do Rio Santa Maria. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.10, p.1003-1009, 2014.

RUSSEL, E. W. **Soil conditions and plant growth**. 10.ed. London, 1973. 849p.

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**, Viçosa, v.32, p.11-21, 2008.

SANTANA, S. C. **Indicadores físicos da qualidade de solos no monitoramento de pastagens degradadas na região sul de Tocantins**. 2009. 76f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade federal de Tocantins, 2009.

SANTIAGO, R. D. **Agregação do solo: Efeito de diferentes gramíneas na formação e estabilização**. 1997. 62p. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Universidade Federal da Paraíba, 1997.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H.; CANDEIAS, A. L. B. Relação entre o relevo e as classes texturais do solo na microbacia hidrográfica de Vaca Brava, PB. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n.54, 2002.

SANTOS, D. C.; PILLON, C. N.; FLORES, C. A.; LIMA, C. L. R.; CARDOSO, E. M. C.; PEREIRA, B. F.; MANGRICH, A. F. Agregação e frações físicas da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob sistemas de uso no bioma Pampa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.1735-1744, 2011.

SANTOS, F. S. **Adubação boratada na cultura do crambe em Latossolos**. Cascavel: UEOPR. 2015. 36 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2015.

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

SANTOS, J. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, I. F.; SILVA, D. S.; SANTOS, E. M.; SILVA A. P. G. Atributos físicos e químicos do solo de áreas sob pastejo na Micro Região do Brejo Paraibano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.12, p.2486-2492, dez, 2010.

SÉGALEN, P. **Lessols feral litiques et leur répartition géographique**. Tome 1. Introduction générale. Lessols feral litiques: leur identification et environnement immédiat. Paris, éditions de l' ORSTOM. Collection Études et Thèses. 1994. 197p.

SHI, Y.; ZHAO, X.; GAO, X.; ZHANG, S.; WU, P. The effects of long-term fertilizer applications on soil organic carbon and hydraulic properties of a loess soil in China. **Land Degradation & Development**, Chichester, v.27, n.1, p.60-67, 2016.

SILVA, A. L.; MAFRA, A. L.; KLAUBERG FILHO, O.; KURTZ, C.; FAYAD, J. A. Carbono e nitrogênio microbiano em sistemas de cultivo de cebola em um Cambissolo Húmico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lajes, v.13, n.2, p.142-150, 2014a.

SILVA, A. S.; SILVA, I. F.; BANDEIRA, L. B.; DIAS, B. O.; NETO, L. F. S. Argila e matéria orgânica e seus efeitos na agregação em diferentes usos do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.10, p.1783-1789, 2014b.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.113-117, 1997a.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo

afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.313-319, 1997b.

SILVA, J. R. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; SANTOS, T. E. M. Caracterização física e hidráulica de solos em bacias experimentais do semiárido brasileiro, sob manejo conservacionista. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande v.16, n.1, p.27-36, 2012.

SILVA, M. P.; A.R.F. O.; SÁ, M. E.; ABRANTES, F. L.; BERTI, C. L. F.; DE SOUZA, L. C. D. Plantas de cobertura e qualidade química e física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.12, n.1, p.60-67, 2017.

SILVA, R. B.; SANTOS, A. C.; BATISTA, R. B. Caracterização dos solos e análise do estágio de degradação em glebas em diferentes agrossistemas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.3, n.3, 2010.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do alto do Rio Grande, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.4, p.719- 730, 2005.

SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S.; DENEFF, K. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil & Tillage Research**, v.79, p.7-31, 2004.

SIX, J.; PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E. T.; COMBRINK, C. Soil structure and organic matter: I. Distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v.64, p.681-689, 2000.

SKORUPA, A. L. A.; GUILHERME, L. R. G.; CURI, N.; SILVA, C. P. C.; SCOLFORO, J. R. S.; GRANATE DE SÁ, J. J.; MARQUES, M. Propriedades de Solos sob Vegetação nativa em Minas Gerais: Distribuição por Fitofisionomia, Hidrografia e Variabilidade Espacial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 36, p. 11- 22, 2012.

SORACCO, C. G.; LOZANO, L. A.; BALBUENA, R.; RESSIA, J. M.;

FILGUEIRA, R. R. Contribution of macroporosity to water flux of a soil under different tillage systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, p.1149-1156, 2012.

SOUSA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.2, p.255-260, 2008.

SOUZA, H. A. DE; MARCELO, A. V.; CENTURION, J. F. Carbono orgânico e agregação de um Latossolo Vermelho com colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, p.658-663, 2012.

SOUZA, I. A.; RIBEIRO, K. G.; ROCHA, W. W.; PEREIRA, O. G.; CECOM, P. R. Physical properties of a red-yellow latosol and productivity of a signalgrass pasture fertilized with increasing nitrogen doses. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, p.1549-1556, 2013.

STEFANOSKI, D. C. ANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P.; Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.12, p.1301-1309, 2013.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry**: Genesis, composition and reactions. 2 ed, New York, John Wiley & Sons, 1994, 443p.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G.M.C.; RIBON, A.A. Physical properties of dystrophic red Latosol (Oxisol) under different agricultural uses. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.3, p.925-933, 2010.

TAVARES FILHO, J.; FELTRAN, C.T.M.; OLIVEIRA, J.F.; ALMEIDA, E.; GUIMARÃES, M.F. Atributos de solo determinantes para a estimativa do índice de estabilidade de agregados. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.47, n.3, p.436-441, mar. 2012.

TAVARES FILHO, J.; RIBON, A. A. Resistência do solo à penetração em relação ao número de amostras e ao tipo de amostragem. **Revista Brasileira**

de Ciência do Solo, Viçosa, v.32, p.487-494, 2008a.

TAVARES, M. H. F.; FELICIANO, J. J. S.; VAZ, C. M. P. Análise comparativa de métodos para a determinação da curva de retenção de água em solos. **Irriga**, Botucatu, v.13, n.4, p.417-524, 2008b.

TAVARES, U. E.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; MONTENEGRO, A. A. A.; MAGALHÃES, A. G.; BARRETO, M. T. L. Variabilidade espacial de atributos físicos e mecânicos de um Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.11, p.1206-1214, 2012.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3ª Ed. Revista. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 573p.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water stable aggregates in soils. **Soil Sciencia Journal**, v.33, p.141-163, 1982.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Stabilization of soil aggregate by the root systems of ryegrass. **Australian Journal Soil Research**, Melbourne, v. 17, p. 429-441. 1979.

TREVISAN, R.; SALEMI, L. F.; MORAES, J. M.; OLIVEIRA, J. C. M. Condutividade hidráulica do solo saturado na zona vadosa in situ e em laboratório. **Irriga**, Botucatu v.14, n.3, p.413-422, 2009.

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**, Viçosa, v.34, n.2, p.309-316, 2010.

VASCONCELOS, R. F. B.; SOUZA, E. R.; CANTALICE, J. R.; SILVA, L. S. Qualidade física de Latossolo Amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, p.381-386, 2014.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.213-223, 2011.

VIANA, E. T.; BATISTA, M. A.; TORMENA, C. A.; COSTA, A. C. S.; INOUE, T. T. Atributos físicos e carbono orgânico em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.2105-2114, 2011.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (ed.). Applications of soil physics. **Academic**, New York, c.2, p.319-344, 1980.

WENDLING, B.; FREITAS, I. C. V.; OLIVEIRA, R. C.; BABATA, M. M.; BORGES, E. N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conservação do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, p.256-265, 2012.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, p.487-494, 2005.

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

APÊNDICES

Apêndice 1. Análise da variância para análise granulométrica do solo.

FV	GL	AR	S	A	AN	GF
Bloco	4	2355 ^{ns}	362,00 ^{ns}	4148*	296,29 ^{ns}	20,818*
Trat.	10	1549 ^{ns}	237,10 ^{ns}	1446 ^{ns}	159,73 ^{ns}	9,049 ^{ns}
Local	1	19886***	153,60 ^{ns}	23535***	5,24 ^{ns}	0,082 ^{ns}
TxL	10	965 ^{ns}	88,90 ^{ns}	1204 ^{ns}	81,42 ^{ns}	5,042 ^{ns}

Trat. (Tratamento); TxL (Tratamento versus local); AR (Areia); S (Silte); A (Argila); AN (Argila Natural); GF (Grau de Flocculação). Códigos de Significância: 0% (***); 0.1%(**); 1%(*); 5%(.); não significativo (^{ns}).

Apêndice 2. Análise da variância para densidade do solo e porosidade (micro, macro e total).

FV	GL	DS	MaP	MiP	PT
Bloco	4	0,0082 ^{ns}	0,13679***	0,13435***	0,00962***
Trat.	10	0,0088 ^{ns}	0,00280*	0,00243**	0,00144 ^{ns}
Local	3	0,4091***	0,04073***	0,01607***	0,04737***
T x L	30	0,0065 ^{ns}	0,00105 ^{ns}	0,00066 ^{ns}	0,00066 ^{ns}

Trat. (Tratamento); TxL (Tratamento versus Local); Ds (Densidade do Solo); MaP (Macroporosidade); MiP (Microporosidade); Pt (Porosidade Total). Códigos de Significância: 0% (***); 0,1% (**); 1% (*); 5% (.); não significativo (^{ns}).

Apêndice 3. Análise da variância para condutividade hidráulica e pontos de retenção de água.

FV	GL	CH	CC	PMP	AD
Bloco	4	3402***	0,16399***	0,018886***	0,005601***
Trat.	10	413 ^{ns}	0,00178*	0,001925***	0,001575***
Local	3	5783***	0,00615***	0,030510***	0,007725***
T x L	30	136 ^{ns}	0,00027 ^{ns}	0,000347 ^{ns}	0,000418***

Trat.(Tratamento); TxL (Tratamento versus Local); CH (Condutividade Hidráulica); CC (Capacidade de Campo); PMP (Ponto de Murcha Permanente); AD (Água Disponível). Códigos de Significância: 0% (***); 0,1% (**); 1% (*); 5% (.); não significativo (^{ns}).

Apêndice 4. Análise da variância para Agregação do Solo.

FV	GL	MiS	MaS	DMPAs	MiU	MaU	DMPAu	IEA
Bloco	4	34,20***	34,14***	0,5499**	51,73**	51,73**	0,6995***	0,15304***
Trat.	10	48,69***	48,73***	0,6836***	59,65***	59,65***	0,3658***	0,01027 ^{ns}
Local	3	43,06***	42,99***	2,0348***	47,42**	47,42**	0,4541***	0,05707***
T x L	30	2,98 ^{ns}	2,98 ^{ns}	0,0756 ^{ns}	11,68 ^{ns}	11,68 ^{ns}	0,0536 ^{ns}	0,0050 ^{ns}

Trat. (Tratamento); TxL (Tratamento versus Local); DMPAs (Diâmetro Médio Ponderado Agregado Seco); MaS (Macroagregado Seco); MiS (Microagregado Seco); DMPAu (Diâmetro Médio Ponderado Agregado Úmido); MaU (Macroagregado Úmido); MiU (Microagregado Úmido); IEA (Índice de Estabilidade de Agregado). Códigos de Significância: 0% (***); 0,1%(**); 1%(*); 5%(.); não significativo (^{ns}).