



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM SOLOS DO CERRADO

HELIAB BOMFIM NUNES

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF

SETEMBRO /2018



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM SOLOS DO CERRADO

HELIAB BOMFIM NUNES

Matrícula: 14/0092951

ORIENTADOR: EIYTI KATO

CO-ORIENTADOR: MARCOS AURÉLIO CAROLINO DE SÁ

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: 068D/2018

BRASÍLIA/DF
SETEMBRO /2018



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM SOLOS DO CERRADO

HELIAB BOMFIM NUNES

**TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À
OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM AGRONOMIA**

APROVADA POR:

Dr. Eiyti Kato (UnB).

(Orientador) e-mail: kato@unb.br

Dr. Tairone Paiva Leão (UnB)

(Examinador interno) e-mail: tleao@unb.br

Dr. Alcides Gatto (UnB)

(Examinador interno) e-mail: alcidesgatto@unb.br

Dr. Robélio Leandro Marchão (Embrapa Cerrados)

(Examinador externo) e-mail: robelio.marchao@embrapa.br

BRASÍLIA/DF, 28 de SETEMBRO de 2018.

BRASÍLIA/DF, SETEMBRO DE 2018.

FICHA CATALOGRÁFICA

Nunes, Heliab Bomfim	
Estabilidade de agregados em solos do Cerrado. / Heliab Bomfim Nunes; orientação de Eiyti Kato; Co-orientação de Marcos Aurélio Carolino de Sá – Brasília, 2018.	
89 p. : il.	
Tese de Doutorado (D) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2018.	
1. Agregados. 2. Métodos. 3. Tempo Temperatura. 4. Solo. 5. Variação. 6. Qualidade	
I. Kato, E. II. Doutor.	CDD ou CDU Agris / FAO

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

NUNES, H. B. **Estabilidade de agregados em solos do Cerrado**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2018, 89 p. Tese de Doutorado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: HELIAB BOMFIM NUNES

TÍTULO DA TESE: Estabilidade de agregados em solos do Cerrado.

GRAU: Doutor ANO: 2018

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Nome: Heliab Bomfim Nunes

CPF: 015.168.425-10

Endereço: Rua Visconde do Rio Branco nº 28, Centro, Barreiras-BA.

Tel. (77) 98861 7194 E-mail: heliabnunes@hotmail.com

Dedico aos meus pais, Heli Barbosa Nunes e Edneth Bomfim Nunes, aos meus irmãos, aos amigos e todos os professores que fizeram parte de meu processo de formação.

Agradecimentos

A Deus, quem nos proporciona saúde, disposição e paciência em nossa curta jornada com objetivo de fazer o bem.

Aos meus pais, Heli Barbosa Nunes e Edneth Bomfim Nunes que sempre me concederam a oportunidade de estudar e aos meus irmãos Emersom Bomfim de Magalhães, Heli Bomfim Nunes e Helibia Bomfim Nunes.

A meu orientador Eiyti Kato e meu Co-Orientador Marcos Aurélio Carolino de Sá, que muito contribuíram com a minha formação e com o desenvolvimento do meu trabalho.

Ao professor Tairone Paiva Leão pelas correções sugestões e orientações.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Agronomia, que contribuíram com a minha formação acadêmica.

A Universidade de Brasília pela oportunidade de estudo.

A Universidade do Estado da Bahia, *Campus IX*, Barreiras-BA por proporcionar condições de desenvolver parte do meu trabalho, utilizando o espaço físico de laboratórios e à contribuição de trabalhadores e pesquisadores do *Campus*.

Aos colegas e amigos do curso, que ingressaram comigo nessa caminhada, aos que concluíram e aos que por motivos maiores, tiveram que ficar pelo caminho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM SOLOS DO CERRADO

RESUMO GERAL

A agregação do solo está diretamente relacionada com as suas características físicas, químicas e biológicas. No entanto, a metodologia para sua determinação é muito variável, o que pode interferir no resultado das análises. O tempo de armazenamento também pode influenciar no resultado das análises. Sendo assim, objetivou-se com esse trabalho, avaliar a influência das variações do método de determinação da estabilidade dos agregados, do tempo de armazenamento da amostra e o efeito da temperatura sobre a agregação do solo. No primeiro capítulo foi avaliada a influência das variações do método de determinação da estabilidade de agregados em água em um Neossolo Quartzarênico, Latossolo Vermelho Amarelo arenoso, Latossolo Vermelho-Amarelo textura média e Latossolo Vermelho argiloso. As variações foram no diâmetro inicial do agregado (agregados entre 2-4 mm, 4-8 mm, 8-10 mm e uma amostra composta por agregados das classes descritas de acordo com a proporção de cada um no solo), na massa da amostra (25, 50, 100 e 200 g) e no tempo do processo (5, 15, 25, 35, 45, 55 e 65 min). O diâmetro inicial do agregado influenciou no resultado das análises para todas as variáveis analisadas. A massa da amostra não influenciou no resultado da maioria das variáveis analisadas. O tempo do processo influenciou no resultado para microagregados e para o diâmetro médio geométrico. No segundo capítulo, avaliou-se a influência do tempo de armazenamento da amostra sobre a estabilidade dos agregados do solo. Foram amostradas cinco classes de solo, Argissolo Vermelho Amarelo, Cambissolo Háplico, Gleissolo Háplico, Latossolo Vermelho Amarelo e Neossolo Quartzarênico. Os solos foram armazenados durante oito meses, sendo analisados a cada dois meses. Concluiu-se que o tempo de armazenamento da amostra não influenciou na agregação do solo. No terceiro capítulo, avaliou-se a influência da temperatura sobre a agregação do solo cultivado com soja e sob Cerrado preservado (Cerradão). O solo caracterizado como Latossolo Vermelho Amarelo, foi submetido às temperaturas de 27° C, 150° C, 250° C, 350° C, 450° C e 550° C e a estabilidade dos agregados foi avaliada por dois métodos, peneiramento em água e a seco. Os métodos diferem quanto à eficiência em distinguir o impacto da temperatura sobre a agregação do solo. Em solos onde foram realizadas queimadas, o método de peneiramento a seco é mais sensível para detectar diferenças. Como já era esperado, o monocultivo da soja, mesmo em semeadura direta reduziu a estabilidade dos agregados quando comparado à vegetação de cerrado preservado.

Palavras-chave: Agregados; Métodos; Tempo; Temperatura; Variação; Qualidade.

STABILITY OF AGGREGATES IN CERRADO SOILS

ABSTRACT

Soil aggregation is directly related to its chemical and biological, physical characteristics. However, the methodology for its determination is very variable, which may interfere with the results of the analyzes. The storage time may also influence the result of the analyzes. Thus, the objective of this work was to evaluate the influence of the variations of the method of determining the stability of the aggregates, sample storage time and the effect of temperature on soil aggregation. In the first chapter, the influence of the variations of the method of determining the stability of aggregates in water was evaluated in a Entisols (Quartzipsamments), sandy Oxisols, medium texture Oxisols and Red Clay Latosol. The variations were in the initial diameter of the aggregate (aggregates between 2-4 mm, 4-8 mm, 8-10 mm and a sample composed of aggregates of the classes described according to the proportion of each one in the soil), in the mass of the sample (25, 50, 100 and 200 g) and in the process time (5, 15, 25, 35, 45, 55 and 65 min). The initial diameter of the aggregate influenced the results of the analyzes for all analyzed variables. The mass of the sample did not influence the result of the majority of variables analyzed. The time of the process influenced the result for microaggregates and for the geometric mean diameter. In the second chapter, the influence of the storage time of the sample on the stability of the soil aggregates was evaluated. Five soil classes were sampled: Ultisols, Inceptisols, Entisols, Oxisols and Entisols (Quartzipsamments). The soils were stored for eight months and analyzed every two months. It was concluded that the storage time of the sample did not influence the aggregation of the soil. In the third chapter, the influence of temperature on soil aggregation cultivated with soybean and under Cerrado preserved (Cerradão) was evaluated. The soil was characterized as Oxisols. The soil was submitted to temperatures 27 ° C, 150 ° C, 250 ° C, 350 ° C, 450 ° C and 550 ° C and the stability of the aggregates was evaluated by two methods, water and dry sieving. The methods differ in the efficiency of distinguishing the impact of temperature ix on soil aggregation. In soils where burnings were carried out, the dry sieving method is more sensitive to detect differences. As expected, monoculture of soybean, even in notillage, reduced the stability of the aggregates when compared to the preserved Cerrado vegetation.

Key words: Aggregates; Methods; Time; Temperature; Variation; Quality.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.** Localização dos pontos de coleta dos solos estudados (Fonte: Google earth).....22
- Figura 2.** Percentual de agregados maiores que 2 mm em função do diâmetro inicial do agregado (P1- agregados entre 2-4 mm, P2- agregados entre 4-8 mm, P3- agregados entre 8-10 mm, P4- agregados entre 10-20 mm e P5- amostra composta) e da classe de solo (Neossolo Quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho Amarelo arenoso (LVA Are), Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (LVA Med) e Latossolo Vermelho argiloso (LV Arg)).....27
- Figura 3.** Percentual de agregados entre 2-1 mm em função do preparo da amostra (P1- agregados entre 2-4 mm, P2- agregados entre 4-8 mm, P3- agregados entre 8-10 mm, P4- agregados entre 10-20 mm e P5- amostra composta) e da classe de solo (Neossolo Quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho Amarelo arenoso (LVA Are), Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (LVA Med) e Latossolo Vermelho argiloso (LV Arg)).....30
- Figura 4.** Percentual de agregados entre 1-0,5 mm, 0,5-0,25 mm e 0,25-0,106 mm por classe de solo (Neossolo Quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho Amarelo arenoso (LVA Are), Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (LVA Med) e Latossolo Vermelho argiloso (LV Arg)). Barras seguidas da mesma letra estão em um mesmo grupo de acordo o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).....31
- Figura 5.** Percentual de agregados entre 1-0,5 mm, 0,5-0,25 mm e 0,25-0,106 mm em função do preparo da amostra. Barras seguidas da mesma letra estão em um mesmo grupo de acordo o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).....32
- Figura 6.** Percentual de agregados menores que 106 mm em função do diâmetro inicial da amostra (P1- agregados entre 2-4 mm, P2- agregados entre 4-8 mm, P3- agregados entre 8-10 mm, P4- agregados entre 10-20 mm e P5- amostra composta) e da classe de solo (Neossolo Quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho Amarelo arenoso (LVA

Are), Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (LVA Med) e Latossolo Vermelho argiloso (LV Arg)). Letras maiúsculas diferenciam o preparo dentro de cada classe de solo e letras minúsculas diferenciam as classes de solo.....33

Figura 7. Diâmetro médio ponderado (DMP) em função do preparo da amostra (preparos: P1- agregados entre 2-4 mm, P2- agregados entre 4-8 mm, P3- agregados entre 8-10 mm, P4- agregados entre 10-20 mm e P5- amostra composta) e da classe de solo (Neossolo Quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho Amarelo arenoso (LVA Are), Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (LVA Med) e Latossolo Vermelho argiloso (LV Arg)) Letras maiúsculas diferenciam o preparo dentro de cada classe de solo e letras minúsculas diferenciam as classes de solo.....34

Figura 8. Diâmetro médio geométrico (DMG) em função do preparo da amostra (preparos: P1- agregados entre 2-4 mm, P2- agregados entre 4-8 mm, P3- agregados entre 8-10 mm, P4- agregados entre 10-20 mm e P5- amostra composta) e da classe de solo (Neossolo Quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho Amarelo arenoso (LVA Are), Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (LVA Med) e Latossolo Vermelho argiloso (LV Arg)). Letras maiúsculas diferenciam o preparo dentro de cada classe de solo e letras minúsculas diferenciam as classes de solo.....35

Figura 9. Distribuição das classes de agregados em função da massa da amostra. Barras seguidas da mesma letra estão em um mesmo grupo de acordo o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).....36

Figura 10. Diâmetro médio ponderado (DMP) em função da massa da amostra (25 g, 50 g, 100 g e 200 g) e da classe de solo (RQ- Neossolo Quartzarênico, LVA Are- Latossolo Vermelho Amarelo arenoso, LVA Med- Latossolo Vermelho Amarelo de textura média e LV Arg- Latossolo Vermelho argiloso). Letras maiúsculas diferenciam o preparo dentro de cada classe de solo e letras minúsculas diferenciam as classes de solo.....37

Figura 11. Diâmetro médio geométrico (DMG) em função da massa da amostra. Barras seguidas da mesma letra estão em um mesmo grupo de acordo o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).....	38
Figura 12. Distribuição das classes de agregados em função do tempo do processo de tamização no aparelho de Yoder. Barras seguidas da mesma letra estão em um mesmo grupo de acordo o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).....	39
Figura 13. Percentual de agregados entre 0,250-0,106 mm em função do tempo do processo de tamização no aparelho de Yoder. Ag= Agregados; T= Tempo do processo de tamização; R^2 = Coeficiente de determinação.....	39
Figura 14. Percentual de agregados menores que 0,106 mm em função do tempo do processo de tamização no aparelho de Yoder. Ag= Agregados; T= Tempo do processo de tamização; R^2 = Coeficiente de determinação.....	40
Figura 15. Diâmetro médio geométrico (DMG) em função do tempo do processo de tamização no aparelho de Yoder. T= Tempo do processo de tamização; R^2 = Coeficiente de determinação.....	41
Figura 16. Diâmetro médio ponderado (DMP) em função do tempo do processo de tamização no aparelho de Yoder. T= Tempo do processo de tamização; R^2 = Coeficiente de determinação.....	41

CAPÍTULO II

Figura 1 - Equações de regressão entre teores de argila e carbono orgânico para DMP (a, b); DMG (c, d) e Agregados > 2 mm (e, f).....	60
--	----

CAPÍTULO III

Figura 1. Percentual de agregados maiores que 2 mm em função da variação da temperatura de aquecimento em forno Mulfla em dois solos (+ = Solo sob cerrado preservado; X = Solo cultivado com soja), t= Temperatura; AgrCE= Agregados em solo sob	
--	--

cerrado; AgrSJ= Agregados em solo cultivado com soja; *= Significativo (p<0,05).....80

Figura 2. Percentual de agregados maiores que 2 mm em função da variação da temperatura de aquecimento em forno Mulfla e do método empregado (+ = Peneiramento em água; X = Peneiramento a seco), t= Temperatura; AgrPA= Agregados peneirados em água; AgrPS= Agregados Peneirados a seco; *= Significativo (p<0,05).....81

Figura 3. Diâmetro médio ponderado em função da variação da temperatura de aquecimento em forno Mulfla em dois solos (+ = Solo sob cerrado preservado; X = Solo cultivado com soja), t= Temperatura; DMPCE= Diâmetro médio ponderado em solo sob cerrado; DMPSJ= Diâmetro médio ponderado em solo cultivado com soja; *= Significativo (p<0,05).....83

Figura 4. Diâmetro médio geométrico em função da variação da temperatura de aquecimento em forno Mulfla em dois solos (+ = Solo sob cerrado preservado; X = Solo cultivado com soja), t= Temperatura; DMGCE= Diâmetro médio geométrico em solo sob cerrado; DMGSJ= Diâmetro médio geométrico em solo cultivado com soja; *= Significativo (p<0,05).....84

Figura 5. Diâmetro médio ponderado em função da variação da temperatura de aquecimento em forno Mulfla e do método empregado (+ = Peneiramento em água; X = Peneiramento a seco), t= Temperatura; DMPPA= Diâmetro médio ponderado pelo método de peneiramento em água; DMPPA= Diâmetro médio ponderado pelo método de peneiramento a seco; *= Significativo (p<0,05).....85

Figura 6. Diâmetro médio geométrico em função da variação da temperatura de aquecimento em forno Mulfla e do método empregado (+ = Peneiramento em água; X = Peneiramento a seco), DMGPA= Diâmetro médio geométrico pelo método de peneiramento em água; DMGPA= Diâmetro médio geométrico pelo método de peneiramento a seco; *= Significativo (p<0,05).....86

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Resultado das análises químicas e física dos solos estudados (Neossolo Quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho Amarelo arenoso (LVA Are), Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (LVA Med) e Latossolo Vermelho argiloso (LV Arg)).....	23
--	----

CAPÍTULO II

Tabela 1. Resultado das análises químicas e física na camada 0-10 cm dos solos estudados (PVA- Argissolo Vermelho Amarelo; CX- Cambissolo Háplico; GX- Gleissolo Háplico; LVA- Latossolo Vermelho Amarelo e RQ- Neossolos Quartzarênico).....	55
Tabela 2. Distribuição das classes de agregados do solo em função do tempo de armazenamento da amostra pelo método de peneiramento em água.....	58
Tabela 3. Distribuição das classes de agregados dos solos pelo método de peneiramento em água (PVA- Argissolo Vermelho Amarelo; CX- Cambissolo Háplico; GX- Gleissolo Háplico; LVA- Latossolo Vermelho Amarelo e RQ- Neossolo Quartzarênico).....	59
Tabela 4. Diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) em função do tempo de armazenamento da amostra pelo método de peneiramento em água.....	61
Tabela 5. Diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) em cinco classes de solo (PVA- Argissolo Vermelho Amarelo; CX- Cambissolo Háplico; GX- Gleissolo Háplico; LVA- Latossolo Vermelho Amarelo e RQ- Neossolos	

Quartzarênico) pelo método de peneiramento em
água.....62

Tabela 6. Coeficientes de correlação de Pearson entre DMP, DMG, agregados maiores do
que 2 mm e atributos dos solos.....63

CAPÍTULO III

Tabela 1. Características químicas e físicas de um Latossolo Vermelho Amarelo agricultado e
sob cerrado preservado na região Oeste da Bahia, Brasil.....75

Tabela 2. Distribuição das classes de agregados em função do manejo do solo (Cerrado e
sistema plantio direto de soja) e do método utilizado (Peneiramento em água e
peneiramento a seco).....78

Tabela 3. Diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) em
função do manejo do solo (Cerrado e sistema plantio direto de soja) e do método
utilizado (Peneiramento em água e peneiramento a seco).....82

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1	Métodos de determinação da estabilidade de agregados do solo	3
2.2	Formação dos agregados do solo	5
2.3	Agentes de estabilização dos agregados do solo	6
2.4	Estabilidade de agregados como indicador de qualidade do solo	7
2.5	Efeito da temperatura sobre a agregação do solo	9
3	REFERÊNCIAS.....	11
	CAPÍTULO 1. VARIAÇÕES NO MÉTODO DE ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM ÁGUA PARA LATOSSOLOS E NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.....	17
	VARIAÇÕES NO MÉTODO DE ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM ÁGUA PARA LATOSSOLOS E NEOSSOLO QUARTZARÊNICO.....	18
	RESUMO	18
	ABSTRACT.....	19
	INTRODUÇÃO.....	20
	MATERIAL E MÉTODOS.....	22
	Localização dos pontos de coleta do solo, caracterização e processamento das amostras ..	22
	Primeira etapa (Diâmetro Inicial do Agregado).....	24
	Segunda etapa (Massa da Amostra)	24
	Terceira etapa (Tempo do Processo).....	25
	Variáveis analisadas e análise estatística	25
	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
	Diâmetro Inicial do Agregado.....	26
	Massa da Amostra	35
	Tempo do processo.....	38
	CONCLUSÕES.....	42
	REFERÊNCIAS	42
	CAPÍTULO 2. TEMPOS DE ARMAZENAMENTO E ESTABILIDADE DE AGREGADOS DE SOLOS DO CERRADO	50
	TEMPOS DE ARMAZENAMENTO E ESTABILIDADE DE AGREGADOS DE SOLOS DO CERRADO	51
	RESUMO	51
	ABSTRACT.....	52
	INTRODUÇÃO.....	53

MATERIAL E MÉTODOS.....	54
Localização e condução do experimento	54
Variáveis analisadas, delineamento experimental e análise estatística.....	56
RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
CONCLUSÕES.....	64
REFERÊNCIAS	64
CAPÍTULO 3. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE A AGREGAÇÃO DO SOLO AVALIADA POR DOIS MÉTODOS	69
INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE A AGREGAÇÃO DO SOLO AVALIADA POR DOIS MÉTODOS	70
ABSTRACT.....	71
INTRODUÇÃO.....	72
MATERIAL E MÉTODOS.....	73
Condução do experimento	73
Delineamento experimental	74
Coleta e caracterização dos solos	74
Processamento das amostras	74
Aplicação dos tratamentos e análise das amostras	76
Peneiramento em água e a seco	76
Variáveis analisadas e análise estatística	76
RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
CONCLUSÕES.....	86

1 INTRODUÇÃO GERAL

A agregação do solo está diretamente relacionada com as suas características físicas, químicas e biológicas. Qualquer alteração em uma dessas três propriedades poderá refletir de algum modo na agregação, logo o seu monitoramento poderá dar ideia de como está o funcionamento do sistema solo (GIACOMETTI et al., 2013; JOUQUET et al., 2013; CRITTENDEN et al., 2015).

Os agregados se formam em um processo complexo que depende de fatores físicos, químicos e biológicos (OADES, 1984; DEXTER, 1988). Em função do seu tamanho, esses são arbitrariamente classificados em microagregados, quando menores que 0,25 mm e macroagregados quando maior que 0,25 mm (OADES, 1984). Sua estabilidade é determinada em função da capacidade das forças coesivas entre as partículas resistirem a uma força disruptiva aplicada (KEMPER e ROSENAU, 1986).

Em ecossistemas naturais ou agrícolas, o fogo interfere na agregação do solo, visto que aproximadamente 30 % da superfície terrestre sofre com queimadas sazonais de diversas intensidades e duração (CHUVIECO et al., 2008). Os principais agentes responsáveis pelo fogo são o homem e os relâmpagos (PINEDA et al., 2014). O horário e o tipo de vegetação também influenciam na ocorrência e duração dos incêndios (MÜLLER e VACIK, 2017). O fogo ao aquecer o solo provoca modificações em suas propriedades químicas (ALCAÑIZ et al., 2016), físicas e biológicas (MATAIX-SOLERA et al., 2011). A agregação do solo pode ser afetada de formas diversas pelo aquecimento, podendo ocorrer redução na estabilidade dos agregados em solo que foram submetidos à queimadas (THOMAZ, 2011; CHEN e SHRESTHA, 2012).

Contrapondo os trabalhos citados anteriormente, alguns pesquisadores relatam um aumento significativo na estabilidade dos agregados submetidos à altas temperaturas. Thomaz (2017) observou aumento significativo na estabilidade dos agregados do solo, principalmente nos macroagregados (>2 mm) e ressalta ainda a importância do método empregado na análise para se detectar diferenças entre os sistemas com e sem a utilização de fogo. Thomaz (2011) afirma que o método de peneiramento em água é mais eficiente em detectar o efeito do fogo sobre o solo.

Muitas são as metodologias para se estudar a agregação do solo. Entre elas, o peneiramento, em água ou a seco são as mais amplamente difundidas. O peneiramento em

água é ainda mais difundido que o peneiramento a seco, pois simula melhor as condições que o solo pode ser submetido em campo, como chuvas e erosão (KEMPER e ROSENAU, 1986). No entanto, observa-se na literatura especializada variações do método que dificultam a comparação entre trabalhos, mesmo que em solos semelhantes. Observa-se variações no diâmetro inicial do agregado, variando esse de 2 a 4 mm (HICKMANN et al., 2011), 4 a 6 mm (BONINI e ALVES, 2011), 4-8 mm (CALONEGO e ROSOLEM, 2008), agregados menores que 8 mm (LIU et al., 2015) e amostras composta por agregados de acordo com o percentual de cada classe no solo (PENG et al., 2016).

Observa-se também variação na massa da amostra, 10 g (JUNQUEIRA et al., 2010), 25 g (HICKMANN et al., 2011), 50 g (SALTON et al., 2012) e 100 g (VALADÃO et al., 2011), bem como no tempo do processo, 5 min (GHOSH et al., 2016), 10 minutos (BONO et al., 2013) e 15 min (DA-SILVA et al., 2012).

Sendo assim, objetivou-se com esse trabalho, avaliar a influência das variações do método de determinação da estabilidade dos agregados, do tempo de armazenamento da amostra e o efeito da temperatura sobre a agregação do solo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Métodos de determinação da estabilidade de agregados do solo

Na determinação da estabilidade de agregados do solo são usados os mais variados métodos com diferentes fontes e intensidades de energia de desagregação. A razão para a existência de tantos métodos diferentes pode ser explicada pela existência de diferentes mecanismos que produzem desestabilização dos agregados, pelas diferentes escalas nas quais a estabilidade pode ser determinada, e por razões metodológicas (AMEZKETA, 1999). Como citado por Almajmaie (2017) os métodos mais utilizados são: peneiramento úmido, simulação de chuva e vibração ultra-sônica, bem como várias medidas de dispersão. O mesmo autor ressalta ainda que a variação na mensuração da estabilidade agregada atraiu varias revisões e estudos comparativos entre procedimentos (AMEZKETA et al., 1996; AMEZKETA et al., 2003), porém faltam diretrizes para a seleção de procedimentos.

A escolha do método a ser empregado está diretamente relacionada à facilidade de execução e à quantidade de amostras que serão analisadas (AMEZKETA, 1999). Em trabalhos com grandes quantidades de amostras devem ser evitados métodos muito demorados de preparo da amostra, bem como de seu processamento.

O peneiramento seja ele em água ou a seco são os métodos mais comuns de determinação da estabilidade dos agregados do solo. O peneiramento a seco simula atividades agrícolas que podem ser realizadas com o solo sob baixa umidade bem como simula também a erosão eólica (KEMPER e ROSENAU, 1986).

Determinar a estabilidade dos agregados em água é o método mais comum de testar a estabilidade dos macroagregados (AMEZKETA, 1999). Considerando processos naturais que ocorrem no campo, a estabilidade dos agregados determinada em água simula os efeitos de umedecimento e carreamento dos agregados durante uma chuva.

O método de peneiramento em água foi evoluindo com os trabalhos de Yoder (1936), Williams et al. (1966), Kemper e Koch (1966), e Kemper e Rosenau (1986). No peneiramento em água primeiro foram utilizadas peneiras múltiplas para separação das classes de agregados de acordo com seu tamanho. No entanto em função de ser um método mais trabalhoso, as peneiras múltiplas foram substituídas por uma única peneira, sendo esse o teste padrão de Kemper e Koch (1966), que seria aperfeiçoado por Kemper e Rosenau (1986).

O teste padrão consiste em saturar a amostra com vapor d'água e tamizar a mesma em água utilizando um aparelho de Yoder. Para tanto são selecionados 4 g de agregados entre 1 e 2 mm que são transferidos para peneira de 0,26 mm de abertura umedecidos para se iniciar o procedimento no aparelho de Yoder com curso vertical de 1,3 cm e 35 ciclos por minuto durante 3 minutos. Após os 3 minutos o material que continua retido na peneira é seco em estufa a 105 °C e pesado para se determinar a massa de agregados estáveis (AMEZKETA, 1999).

Amezqueta (1999) ressalta ainda grandes variações na metodologia de determinação da estabilidade de agregados mesmo para o teste padrão. Algumas variações em parte são necessárias em função do tipo de solo outras resultam dos materiais disponíveis aos pesquisadores outras são arbitrárias e sem qualquer justificativa. Essas variações inviabilizam a comparação entre trabalhos, pois a expressão dos resultados é influenciada pelo método utilizado.

Peneiramento em água e a seco de acordo Donagema (2011).

Método por via úmida

- 1- Coletar uma amostra representativa do solo nas condições de campo e deixar secar ao ar, destorroar com as mãos cuidadosamente, quebrando os agregados maiores.
- 2- Passar a amostra em peneira de 20 cm de diâmetro com abertura de malha de 4 mm e reter na de 2 mm. Homogeneizar bem, pesar 50 gramas em triplicata e armazenar o restante.
- 3- Colocar a primeira amostra em lata de alumínio de massa conhecida, levar para a estufa a 105°C por uma noite, esfriar em dessecador e pesar. A massa dessa amostra seca a 105°C será utilizada para o cálculo do teor de agregados.
- 4- Colocar as outras duas amostras na parte superior de um conjunto de peneiras de 13 cm de diâmetro, uma em cada jogo, sobre disco de papel de filtro na seguinte ordem: 2 mm; 1 mm; 0,50 mm e 0,25 mm de abertura de malha.
- 5- Ajustar o nível da água no recipiente, de modo que os agregados contidos na peneira superior sejam umedecidos por capilaridade. Deixar por 4 minutos, inclinar o papel de filtro e por meio de jatos de água deixar os agregados na peneira sem que os jatos os atinjam.

- 6- Ligar o aparelho de oscilação vertical graduado para uma amplitude de 4 cm de altura e uma frequência de 32 oscilações por minuto.
- 7- Agitar durante 4 minutos, retirar os suportes contendo os jogos de peneiras e transferir cada fração retida para latas de alumínio numeradas e de massa conhecida, com água.
- 8- Eliminar o excesso de água e colocar em estufa a 105°C por uma noite. Retirar da estufa, esfriar em dessecador e pesar cada fração.
- 9- Calcular o teor de agregados retidos em cada peneira, expresso na seguinte ordem: 4 - 2 mm; 2 - 1 mm; 1 - 0,50 mm; 0,50 - 0,25 mm, pela expressão:

Método por via seca

- 1- Pesar 100 g da amostra preparada (seca ao ar e passadas em peneira de 4 mm de malha e retida na de 2 mm).
- 2- Colocar na parte superior de um jogo de peneiras de 2,00; 1,00; 0,50 e 0,25 mm de malha e de 20 cm de diâmetro.
- 3- Ligar o agitador e deixar por 15 minutos.
- 4- Retirar o conjunto e transferir os agregados retidos em cada peneira para latas de alumínio numeradas e de massa conhecida.
- 5- Colocar na estufa e determinar a massa a 105°C.
- 6- Em outra amostra de 100 g determinar sua massa a 105°C para utilização no cálculo do teor de agregados.

2.2 Formação dos agregados do solo

Os agregados do solo são formados por uma complexa interação de agentes físicos químicos e biológicos que interagem com partículas minerais e orgânicas do solo dando origem à unidades estruturais complexas (OADES, 1984; DEXTER, 1988). Entre os agentes físicos, pode-se destacar a movimentação de pequenos animais no perfil do solo (JOUQUET et al., 2013), o crescimento de raízes e a expansão e contração de minerais de argilas provocadas pelos ciclos de umedecimento e secagem do solo. Essas forças comprimem as partículas primárias provocando sua aproximação. Entre os agentes de origem química podem-se destacar as cargas nas superfícies de argilas e minerais, principalmente dos óxidos de ferro e alumínio, bem como as cargas nas superfícies de partículas de matéria orgânica

(BARRAL et al. 1998). Os agentes biológicos são representados por exsudatos microbianos e radiculares secretados por microrganismos como fungos e bactérias (GARCIA-FRANCO et al., 2015) e raízes das plantas (BAETZ e MARTINOIA, 2014). A macrofauna também tem um importante papel na agregação do solo, tendo as minhocas como um dos organismos mais importantes, tanto por secretarem compostos mucilaginosos que funcionam como agentes de cimentação, quanto por tornar o carbono mais protegido em função da ingestão e posterior secreção (KNOWLES et al., 2016). Essas secreções mucilaginosas desempenham papel importante na cimentação das partículas dando estabilidade ao agregado. O tipo, porte e idade da vegetação também influenciam na agregação (CHENG et al., 2015)

Segundo Tisdall e Oades (1982), existe uma hierarquia na formação dos agregados, sendo que primeiro ocorre a junção de partículas minerais e orgânicas do solo para formação de microagregados e esses se unem para formação dos macroagregados. De acordo Regelink et al. (2015) as partículas se unem auxiliadas por óxidos de ferro que permitem a interação entre minerais e a matéria orgânica. Cooper et al. (2005) atribuem a formação dos microagregados à ação mecânica da mesofauna, processos geoquímicos e biológicos e à fissuração da matriz do solo por processos de contração e expansão do solo.

No entanto, em solos ricos em óxidos de ferro a formação de macroagregados pode ser independente dos microagregados, ocorrendo primeiramente a formação de macroagregados ao redor da matéria orgânica e em seguida ocorre a formação de microagregados dentro dos macroagregados. Quando a matéria orgânica é decomposta ocorre a desestabilização do macroagregado, liberando os microagregados (BEARE et al., 1994).

Os agregados são divididos em macro e microagregados, sendo que os macroagregados são unidades estruturais maiores que 0,25 mm e os microagregados unidades menores que 0,25 mm (OADES, 1984). Para solos tropicais a estabilidade de macroagregados está mais associada à quantidades de óxidos de alumínio do que com a matéria orgânica. Os óxidos de alumínio também exercem importante papel na estabilização da matéria orgânica do solo (BARTHÈS et al., 2008).

2.3 Agentes de estabilização dos agregados do solo

O ferro e a matéria orgânica estão associados à formação de agregados por dar condições à partículas elementares de se unirem (BARRAL et al., 1998). Silte e areia,

principalmente derivados de quartzo, são pouco eficientes na formação de agregados, no entanto, esses podem se associar a óxidos de ferro, que ao revestir tais partículas, proporcionam a elas sítios para interação com partículas orgânicas (REGELINK et al., 2015). Com a associação entre areia e óxido de ferro, há uma elevação da superfície específica da partícula de areia em função da elevada superfície específica do óxido de ferro (HIEMSTRA et al., 2010) o que pode contribuir com a ligação entre as partículas do solo para constituição dos agregados.

Tanto o carbono orgânico (JIANG et al., 2017), como inorgânico, assume um papel crucial na agregação do solo. O carbono inorgânico do solo é encontrado na forma de minerais primários e secundários originado do material de origem na forma de carbonatos. No entanto o efeito dos carbonatos na agregação do solo é dependente do carbono orgânico (BRONICK e LAL, 2005). A concentração de carbono orgânico no solo é influenciada pela atividade microbiana (HAN et al., 2016.)

Em solos com elevado teor de carbono orgânico, normalmente esse é o agente de agregação mais importante (BRONICK e LAL, 2005). A resiliência do carbono orgânico no solo depende de uma interação de fatores, como estrutura molecular, atividade de microrganismos, mineralogia do solo, proteção dentro de agregados e outras características químicas e físicas do solo (HAN et al., 2016).

2.4 Estabilidade de agregados como indicador de qualidade do solo

A estabilidade dos agregados do solo é um indicador utilizado como parâmetro para ajudar a se inferir sobre sua qualidade, tanto física como microbiológica, visto que, a desestruturação do solo pode ser estimada em função da estabilidade dos agregados. No que diz respeito à qualidade microbiológica, um solo rico em microrganismos também tenderá a uma boa estabilidade de agregados, visto que, os microrganismos secretam exsudatos que contribuem no processo de cimentação das partículas do solo, dando origem assim, a agregados que resistem mais as forças de desagregação, seja essa de origem antrópica como tratamentos culturais que preconizam o revolvimento do solo, ou de origem natural como o impacto das gotas de chuva, enxurradas ou mesmo o vento.

Assis e Lanças (2010) estudando a influência do tempo de adoção do sistema plantio direto, observaram que a estabilidade dos agregados tendeu a aumentar com o tempo de

cultivo quando comparada com sistema de manejo convencional. No entanto, o sistema plantio direto, exceto para o tempo de doze anos e camada de 0-5 cm, não se igualou à mata nativa nas variáveis diâmetro médio ponderado (DMP) e percentual de agregados maiores do que dois milímetros. Os autores constataram ainda que o sistema de manejo convencional favoreceu o aumento dos agregados menores do que um milímetro, provavelmente em função dos tratos culturais que pulverizam os agregados maiores.

Avanzi et al. (2011) utilizaram a estabilidade de agregados como parâmetro para estudo da influência do cultivo mínimo com eucalipto sobre a estrutura do solo em Argissolos, Cambissolo, Latossolos e Plintossolo, comparado com a vegetação nativa e constataram que o manejo do solo adotado para o eucalipto não modificou substancialmente este atributo. Almeida et al. (2014) utilizaram a estabilidade de agregados como parâmetro para estudar os ambientes de cerrado natural, pastagem, plantio direto com milho e monocultura com eucalipto e observaram diferenças entre as práticas de manejo do solo. Tais práticas influenciam no tamanho e na distribuição dos agregados do solo sendo que a mudança do ambiente de cerrado natural para plantio com o milho contribuiu com a redução no tamanho do diâmetro médio geométrico dos agregados do solo.

Carvalho et al. (2014) ressaltam que tão importante quanto o estudo da estabilidade dos agregados para a comparação entre ambientes é o estudo das características dos próprios agregados. Esses autores investigaram características físicas dos agregados como a composição granulométrica, a densidade dos agregados e a porosidade intragregados. Os autores relatam que esses parâmetros são de suma importância para inferir algumas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, como troca de gases, retenção de água, disponibilidade de água e nutrientes e atividade microbiana, enfatizando que essas características são relevantes no crescimento e no desenvolvimento das plantas.

Outros autores estudam os agregados quanto às suas propriedades biológicas. Carneiro et al. (2015) estudando a conversão de campos de murundus para áreas agrícolas relataram que determinadas espécies de fungos micorrízicos arbusculares só foram encontradas em classes específicas de agregados. As espécies *Acaulospora cavernata*, *Scutellospora reticulata*, *Scutellospora* sp., e *Glomus* sp. são apenas presente em macro e mesoagregados, ao passo que a espécie *Acaulospora laevis* e *Rhizophagus clarus* só foram encontradas em microagregados.

Alguns pesquisadores atentam sobre a importância de se estudar as características morfológicas dos agregados por análises digitais. Cremon et al. (2011) comprovaram a influência de sistemas de cultivos de arroz sobre os agregados do solo utilizando estudos de micromorfometria dos agregados. Os sistemas avaliados foram, sistema convencional da região, com diferentes épocas de semeadura e incorporação da palhada e rotação com milho. Foi constatado que agregados entre 4,76-9,52 mm, de sistemas diferentes não apresentam diferenças em sua área. No entanto, para os agregados entre 2-4,76 mm, o sistema rotacionado foi o que apresentou a maior área específica. O sistema convencional foi o que mais influenciou na qualidade dos agregados, tornando-os preponderantemente menores, mais redondos e lisos.

A estabilidade de agregados também é usada para verificar a influência do sistema radicular das plantas sobre a estruturação do solo. Trabalhando em casa de vegetação, Brandão e Silva (2012) constataram que *Brachiaria ruziziensis* favoreceu a formação e estabilização dos agregados do solo quando comparado com os vasos onde não se cultivou a gramínea e que o adequado conteúdo de água disponível no solo contribuiu para maiores valores de diâmetro médio ponderado dos agregados.

O estudo da agregação pode ser parâmetro para inferir sobre outras características do solo, como o acúmulo de carbono. Frequentemente observa-se que solos com predominância de macroagregados são solos com maior quantidade de carbono, visto que esse elemento tem correlação positiva com a agregação do solo. Hickmann e Costa (2012) estudando o estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração observaram que o teor de carbono orgânico total foi maior nos macroagregados.

2.5 Efeito da temperatura sobre a agregação do solo

Estima-se que em torno de 30 % da superfície terrestre sofra com queimadas sazonais de diversas intensidades e duração. O efeito do fogo sobre a vegetação e sobre o solo está diretamente relacionado às suas características como intensidade duração e sazonalidade. A intensidade do fogo e a sazonalidade normalmente estão ligadas ao clima ao tipo porte e idade da vegetação (CHUVIECO et al., 2008).

Os principais agentes responsáveis pelo fogo são o homem e os relâmpagos, (PINEDA et al., 2014). O horário e o tipo de vegetação também influenciam na ocorrência e duração dos

incêndios (MÜLLER e VACIK, 2017), e a cada dia técnicas mais avançadas são utilizadas no monitoramento desses fenômenos de ordem natural ou antrópica (LOPES e MACHADO, 2017).

O fogo ao aquecer o solo provoca modificações em suas propriedades químicas (ALCAÑIZ et al., 2016), físicas e biológicas (MATAIX-SOLERA et al., 2011). Chen et al. (2016) relatam que temperaturas superiores a 100 °C a depender do tempo de duração podem provocar redução da matéria orgânica, alterações em argilas e diminuir a capacidade de saturação do solo. A agregação do solo também pode ser afetada de formas diversas pelo aquecimento, podendo ocorrer redução na estabilidade dos agregados em solo que foram submetidos à queimadas (THOMAZ, 2011; CHEN e SHRESTHA, 2012). Alguns autores preferem estudar o efeito da temperatura sobre características do solo em laboratório, para se evitar variações que possam ocorrer no ambiente. Badía-Villas et al. (2014) observaram em experimento conduzido em laboratório que a altas temperaturas reduziram o grau de repelência do solo à água, provocou modificações na matéria orgânica e reduziu a estabilidade dos agregados do solo.

Contrapondo os trabalhos citados anteriormente, ha relato de aumento significativo na estabilidade dos agregados submetidos à altas temperaturas. Thomaz (2017) observou aumento significativo na estabilidade dos agregados do solo, principalmente nos macroagregados (>2 mm e > 4 mm) e ressalta ainda a importância do método empregado na análise para se detectar diferenças entre os sistemas com e sem a utilização de fogo. Thomaz (2011) afirma que o método de peneiramento em água é mais eficiente em detectar o efeito do fogo sobre o solo.

Muitos são os métodos para se determinar o estado de agregação do solo e entre os mais simples e mais utilizados, destaca-se o peneiramento, que pode ser tanto a seco quanto em água. No peneiramento em água, a amostra sobre peneiras de diâmetro de malha decrescente é submetida a ciclos oscilatórios verticais em água. Já no peneiramento via seco a amostra sobre peneiras semelhantes à do método em água é agitada com agitador eletromecânico que promove trepidações de diversas intensidades (SALTON et al., 2012).

3 REFERÊNCIAS

- ALCAÑIZ, M.; OUTEIRO, L.; FRANCOS M.; FARGUELL, J.; ÚBEDA X. Long-term dynamics of soil chemical properties after a prescribed fire in a Mediterranean forest (Montgrí Massif, Catalonia, Spain). **Science of the Total Environment**, v. 572, p. 1329-1335, 2016.
- ALMAJMAIE, A.; HARDIE, M.; ACUNA, T.; BIRCH, C. Evaluation of methods for determining soil aggregate stability. **Soil and Tillage Research**, v. 167, p. 39-45, 2017.
- ALMEIDA, R. F.; MACHADO, H. A.; MARTINS, F. P.; QUEIROZ, I. D. S.; TEIXEIRA, W. G.; MIKHAEL, J. E. G.; BORGES, E. N. Correlação do tamanho e da distribuição dos agregados em Latossolos Amarelo da região do Triângulo Mineiro com diferentes ambientes. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 5, 2014.
- AMEZKETA, E. Soil aggregate stability: a review. **Journal of Sustainable Agriculture**, v. 14, n. 2-3, p. 83-151, 1999.
- AMEZKETA, E.; ARAGUES, R.; CARRANZA, R.; URGEL, B. Macro-and micro-aggregate stability of soils determined by a combination of wet-sieving and laser-ray diffraction. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 1, n. 4, p. 83-94, 2003.
- AMEZKETA, E.; SINGER, M. J.; LE BISSONNAIS, Y. Testing a new procedure for measuring water-stable aggregation. **Soil Science Society of America Journal**, v. 60, n. 3, p. 888-894, 1996.
- ASSIS, R. L.; LANÇAS, K. P. Agregação de um nitossolo vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto, preparo convencional e mata nativa Aggregation in a dystroferic red nitosol under no-till, conventional tillage, and native forest systems. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 1, p. 58-66, 2010.
- AVANZI, J. C.; NORTON, L. D.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; OLIVEIRA, A. H.; MAYESSE SILVA, M. A. Aggregate stability in soils cultivated with eucalyptus. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 89-96, 2011.
- BADÍA-VILLAS, D.; GONZÁLEZ-PÉREZ, J. A.; AZNAR, J. M.; ARJONA-GRACIA, B.; MARTÍ-DALMAU, C. Changes in water repellency, aggregation and organic matter of a mollic horizon burned in laboratory: soil depth affected by fire. **Geoderma**, v. 213, p. 400-407, 2014.

- BAETZ, U.; MARTINOIA, E. Root exudates: the hidden part of plant defense. **Trends in Plant Science**, v. 19, n. 2, p. 90-98, 2014.
- BARRAL, M. T.; ARIAS, M.; GUERIF, J. Effects of iron and organic matter on the porosity and structural stability of soil aggregates. **Soil and Tillage Research**, v. 46, n. 3, p. 261-272, 1998.
- BARTHÈS, B. G.; KOUAKOUA, E.; LARRÉ-LARROUY, M. C.; RAZAFIMBELO, T. M.; LUCA, E. F.; AZONTONDE, A.; NEVES, C. S. V. J.; FREITAS, P. L.; FELLER, C. L. Texture and sesquioxide effects on water-stable aggregates and organic matter in some tropical soils. **Geoderma**, v. 143, p. 14-25, 2008.
- BEARE, M. H.; HENDRIX, P. F.; COLEMAN, D. C. Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional-and no-tillage soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, n. 3, p. 777-786, 1994.
- BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C. Estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho degradado em recuperação com adubos verdes, calcário e gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1263-1270, 2011.
- BONO, J. A. M.; MACEDO, M. C. M.; TORMENA, C. A. Qualidade física do solo em um Latossolo Vermelho da região sudoeste dos cerrados sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 37, n. 3, 2013.
- BRANDÃO, E. D.; SILVA, I. F. Formação e estabilização de agregados pelo sistema radicular de braquiária em um Nitossolo Vermelho. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, 2012.
- BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v. 124, n. 1, p. 3-22, 2005.
- CALONEGO, J. C. ROSOLEM, C. A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32 p. 1399-1407, 2008.
- CARNEIRO, M. A. C.; FERREIRA, D. A.; SOUZA, E. D. D.; PAULINO, H. B.; JUNIOR, O. J. S.; SIQUEIRA, J. O. Arbuscular mycorrhizal fungi in soil aggregates from fields of "murundus" converted to agriculture. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 4, p. 313-321, 2015.

- CARVALHO, M. A.; RUIZ, H. A.; COSTA, L. M.; PASSOS, R. R.; ARAUJO, C. A. S. Composição granulométrica, densidade e porosidade de agregados de Latossolo Vermelho sob duas coberturas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 18, n. 10, 2014.
- CHEN, H. Y. H.; SHRESTHA, B. M. Stand age, fire and clearcutting affect soil organic carbon and aggregation of mineral soils in boreal forests. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 50, p. 149-157, 2012.
- CHEN, Z.; ZHU, H.; YAN, Z.; ZHAO, L.; SHEN, Y.; MISRA, A. Experimental study on physical properties of soft soil after high temperature exposure. **Engineering Geology**, v. 204, p. 14-22, 2016.
- CHENG, M.; XIANG, Y.; XUE, Z.; AN, S.; DARBOUX, F. Soil aggregation and intra-aggregate carbon fractions in relation to vegetation succession on the Loess Plateau, China. **Catena**, v. 124, p. 77-84, 2015.
- CHUVIECO, E.; GIGLIO, L.; JUSTICE, C. Global characterization of fire activity: toward defining fire regimes from Earth observation data. **Global Change Biology**, v. 14, n. 7, p. 1488-1502, 2008.
- COOPER, M.; VIDAL-TORRADO, P.; CHAPLOT, V. Origin of microaggregates in soils with ferrallic horizons. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 3, p. 256-263, 2005.
- CREMON, Cassiano et al. Micromorfometria de agregados do solo sob diferentes sistemas de cultivo de arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, 2011.
- CRITTENDEN, S. J.; POOT, N.; HEINEN, M.; BALEN, D. J. M.; PULLEMAN, M. M. Soil physical quality in contrasting tillage systems in organic and conventional farming. **Soil e Tillage Research**, v. 154, p. 136-144, 2015.
- DA-SILVA, V. L.; DIECKOW, J.; MELLEK, J. E.; MOLIN, R.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; VEZZANI, F. M. Melhoria da estrutura de um Latossolo por sistemas de culturas em plantio direto nos campos gerais do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 983-992, 2012.
- DEXTER, A. R. Advances in characterization of soil structure. **Soil and tillage research**, v. 11, n. 3-4, p. 199-238, 1988.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. M. **Manual de métodos de análise de solo**. Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E), (2011).

GHOSH, B. N.; MEENAB, V. S.; ALAMA, N. M.; DOGRAA, P.; BHATTACHARYYAC, R.; SHARMAA, N. K.; MISHRAA, P. K. Impact of conservation practices on soil aggregation and the carbon management index after seven years of maize–wheat cropping system in the Indian Himalayas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 216, p. 247-257, 2016.

GIACOMETTI, C. DEMYANB, M. S.; CAVANIA, L.; MARZADORIA, C.; CIAVATTAA, C.; KANDELERC, E. Chemical and microbiological soil quality indicators and their potential to differentiate fertilization regimes in temperate agroecosystems. **Applied Soil Ecology**, v. 64, p. 32-48, 2013.

HAN, Y.; HWANG, G.; KIM, D.; BRADFORD, S. A.; LEE, B.; EOM, I.; KIM. P. J.; CHOI, S. Q.; KIM, H. Some concepts of soil organic carbon characteristics and mineral interaction from a review of literature. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 94, p. 107-121, 2016.

HICKMANN, C.; COSTA, L. M. Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 1055-1061, 2012.

HICKMANN, C.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES, R. B. A. Morfologia e estabilidade de agregados superficiais de um Argissolo Vermelho Amarelo sob diferentes manejos de longa duração e mata atlântica secundária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, 2011.

HIEMSTRA, T.; ANTELO, J.; RAHNEMAIE, R.; RIEMSDIJK, W. H. Nanoparticles in natural systems I: the effective reactive surface area of the natural oxide fraction in field samples. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 74, n. 1, p. 41-58, 2010.

JIANG, M.; WANG, X.; LIUSUI, Y.; HAN, C.; ZHAO, C.; LIU, H. Variation of soil aggregation and intra-aggregate carbon by long-term fertilization with aggregate formation in a grey desert soil. **Catena**, v. 149, p. 437-445, 2017.

JOUQUET, P.; MARON, P. A.; NOWAK, V.; DUC, T. T. Utilization of microbial abundance and diversity as indicators of the origin of soil aggregates produced by earthworms. **Soil Biology e Biochemistry**, v. 57, p. 950-952, 2013.

JUNQUEIRA, K. R. et al. Estabilidade de agregados de um Neossolo Quartzarênico sob pastagem e mata em Baliza-GO. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 6, n. 10, p. 1-7, 2010.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. pp. 425-442. In A. Klute (ed.). **Methods of soil analysis**. Part 1. Physical and mineralogical methods. 2nd ed. Agron.Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, 1986.

KEMPER, W. D.; KOCH, E. J. **Aggregate stability of soils from western United States and Canada**. USDA-ARS Tech. Bull. 1355. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC, 1966.

KNOWLES, M. E.; ROSS, D. S.; GÖRRES, J. H. Effect of the endogeic earthworm *Aporrectodea tuberculata* on aggregation and carbon redistribution in uninvaded forest soil columns. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 100, p. 192-200, 2016.

LIU, S.; YAN, C.; HE, W.; CHEN, B.; ZHANG, Y.; LIU, Q.; LIU, E. Effects of different tillage practices on soil water-stable aggregation and organic carbon distribution in dryland farming in Northern China. **Acta Ecologica Sinica**, v. 35, p. 65-69, 2015.

LOPES, A. M.; MACHADO, J. A. T. Computational comparison and pattern visualization of forest fires. **Chaos, Solitons e Fractals**, 2017.

MATAIX-SOLERA, J.; CERDÀ, A.; ARCENEGUI, V.; JORDÁN, A.; ZAVALA, L. M. Fire effects on soil aggregation: a review. **Earth-Science Reviews**, v. 109, n. 1, p. 44-60, 2011.

MÜLLER, M. M.; VACIK, H. Characteristics of lightnings igniting forest fires in Austria. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 240, p. 26-34, 2017.

OADES, J. M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. In: **Biological Processes and Soil Fertility**. Springer, 1984. p. 319-337.

OADES, J. M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. In: **Biological Processes and Soil Fertility**. Springer, 1984. p. 319-337.

PENG, X.; ZHU, Q. H.; XIE, Z. B.; DARBOUX, F.; HOLDEN, N. M. "The impact of manure, straw and biochar amendments on aggregation and erosion in a hillslope Ultisol". **Catena**, v. 138, p. 30-37, 2016.

- PINEDA, N.; MONTANYÀ, J.; VAN DER VELDE, O. A. Characteristics of lightning related to wildfire ignitions in Catalonia. **Atmospheric research**, v. 135, p. 380-387, 2014.
- REGELINK, I. C.; STOOF, C. R.; ROUSSEVA, S.; WENG, L.; LAIR, G. J.; KRAM, P.; NIKOLAIDIS, N. P. KERCHEVA, M. BANWART, S.; COMANS, R. N. J. Linkages between aggregate formation, porosity and soil chemical properties. **Geoderma**, v. 247, p. 24-37, 2015.
- SALTON, J. C.; SILVA, W. M.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C. Determinação da agregação do solo-metodologia em uso na Embrapa Agropecuária Oeste. **Embrapa Agropecuária Oeste-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2012.
- THOMAZ, E. L. Fire changes the larger aggregate size classes in slash-and-burn agricultural systems. **Soil and Tillage Research**, v. 165, p. 210-217, 2017.
- THOMAZ, E. L. Influência da temperatura no diâmetro e na estabilidade de agregados em chernossolo, Saskatchewan, Canadá. **Ciencia del Suelo**, v. 29, n. 2, p. 277-284, 2011.
- TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, 33, p. 141-163, 1982.
- VALADÃO, F. C. A.; MAAS, K. D. B.; WEBER, O. L. S.; JÚNIOR, D. D.; SILVA, T. J. Variação nos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2073-2082, 2011.
- WILLIAMS, B.G.; GREENLAND, D. J.; LINDSTROM, G. R.; QUIRK J. P. Techniques for the determination of the stability of soil aggregates. **Soil Science**. 101:157-163, 1966.
- YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal American Society of Agronomy**. 28. p.337-35, 1936.

**CAPÍTULO 1. VARIAÇÕES NO MÉTODO DE ESTABILIDADE DE
AGREGADOS EM ÁGUA PARA LATOSSOLOS E NEOSSOLO
QUARTZARÊNICO**

VARIAÇÕES NO MÉTODO DE ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM ÁGUA PARA LATOSSOLOS E NEOSSOLO QUARTZARÊNICO

RESUMO

A estabilidade dos agregados do solo por peneiramento em água pode ser uma forma indireta de se inferir sobre sua estrutura. No entanto, a metodologia para sua determinação é muito variável, o que pode interferir no resultado das análises. Logo, objetivou-se, avaliar a influência do diâmetro inicial do agregado, da massa da amostra e do tempo do processo na determinação da estabilidade de agregados do solo, pela metodologia de peneiramento em água. Os solos estudados foram: Neossolo Quartzarênico, Latossolo Vermelho Amarelo arenoso, Latossolo Vermelho-Amarelo textura média, Latossolo Vermelho argiloso. As variações foram no diâmetro inicial do agregado (agregados entre 2-4 mm, 4-8 mm, 8-10 mm e uma amostra composta por agregados das classes anteriores de acordo com a proporção de cada um no solo), variações na massa da amostra (25, 50, 100 e 200 g) e no tempo do processo (5, 15, 25, 35, 45, 55 e 65 min). Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativa as médias dos tratamentos foram submetidas ao teste Scott-Knott ($p < 0,05$). Para o tempo do processo, quando significativo foram ajustadas equações de regressão. O diâmetro inicial do agregado influenciou no resultado das análises para todas as variáveis analisadas. A massa da amostra não influenciou no resultado da maioria das variáveis analisadas. O tempo do processo influenciou no resultado para microagregados e para o diâmetro médio geométrico. Há uma grande variação no protocolo para determinação da estabilidade de agregados do solo em água, e essas variações influenciam no resultado das análises.

Palavras-chave: Agregação conservação do solo; estrutura; qualidade física.

ABSTRACT

The stability of soil aggregates by sifting in water may be an indirect way of inferring its structure. However, the methodology for its determination is very variable, which may interfere with the results of the analyses. The objective of this study was to evaluate the influence of sample preparation, initial sample mass and process time on the determination of soil aggregate stability by the water screening method. The studied soils were: Entisols (Quartzipzammments), sandy Oxisols, medium texture Oxisols, argilous Oxisols. The treatments were: variations in sample preparation, variations in sample initial mass and process time. Data were submitted to analysis of variance and when significant to the Scott-Knott test ($p < 0,05$) for qualitative variables and regression for the quantitative ones. The preparation of the sample influenced the results of the analyzes for all analyzed variables. The sample size did not influence the outcome of most variables analyzed. The time of the process influenced the result for microaggregates and for the geometric mean diameter. There is great variation in the protocol for determination of the stability of soil aggregates in water, and these variations influence the results of the analyzes.

Keywords: Aggregation soil conservation; structure; physical quality.

INTRODUÇÃO

A conservação do solo é indispensável para uma agricultura sustentável em qualquer parte do mundo. Sem o devido cuidado com o solo, esse terá capacidade de suprir as necessidades das plantas por pouco tempo. Muitas áreas que outrora eram produtivas, hoje encontram-se em vários estágios de degradação em função de manejos inadequados e da falta de monitoramento da degradação do solo. Tão importante quanto a utilização de práticas adequadas de manejo e conservação é o monitoramento de variáveis que sirvam de indicadores de qualidade (OBADE e LAL, 2016). Essas podem ser de natureza química (GIACOMETTI et al., 2013), biológica (JOUQUET et al., 2013) ou física (CRITTENDEN et al., 2015). Entre os indicadores de qualidade física destaca-se a estabilidade de agregados (BRONICK e LAL, 2005).

Os agregados do solo são estruturas formadas pela união de partículas minerais e orgânicas que se juntam através de uma força mecânica e continuam juntas por ação de um agente cimentante de origem mineral ou orgânica. Os principais agentes cimentantes de origem mineral são as argilas, os óxi-hidróxidos de ferro e alumínio (BARTHÈS et al., 2008; WANG et al., 2016; WU et al., 2016) e os de origem orgânica são a matéria orgânica (YAN et al., 2015; VOLIKOV et al., 2016), exsudatos radiculares (LEÓN-GONZÁLEZ et al., 2007) e microbianos (FOKOM et al., 2012). Esses agentes cimentantes determinam o quanto os agregados serão estáveis quando submetidos a uma força de desagregação. A estabilidade dos agregados do solo é uma forma indireta de se inferir sobre sua estrutura, ou seja, quanto mais estruturado, há uma tendência de que esse apresente uma maior estabilidade de agregados.

Bonini e Alves (2011) utilizaram a estabilidade de agregados como indicador da recuperação de um Latossolo Vermelho degradado onde se estudou a sua recuperação com adubos verdes, calcário e gesso e constataram ser uma variável sensível, podendo indicar diferenças entre os tratamentos aplicados. Li et al. (2015) realizaram investigações sobre carbono em agregados estáveis em água como parâmetro para entender o comportamento de cronosequência de plantações de chá *Camellia sinensis* L. Bono et al. (2013) avaliaram sistemas de manejo em um Latossolo Vermelho por meio da estabilidade de agregados do solo e constataram que os sistemas que causaram menor impacto foram os de pastagem contínua de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk com adubação a cada dois anos, e a integração lavoura-pecuária com quatro anos de lavoura de soja e quatro anos de pastagem com *Panicum maximum* cv. Tanzânia.

A estabilidade de agregados é um indicador sensível, que pode indicar o estado de conservação do solo. No entanto, as metodologias para determinação da estabilidade de agregados são extremamente variáveis. Essas podem variar quanto ao tamanho e a forma de obtenção dos agregados para iniciar o protocolo, à massa da amostra, o número de oscilações do aparelho, o curso de movimentação do aparelho e o tempo do processo. Apesar de citarem as metodologias originais, em muitos casos, nos trabalhos envolvendo a estabilidade de agregados, encontram-se variações nas metodologias ou falta de informações sobre detalhes importantes como o número de ciclos por minuto ou o curso ao qual a amostra é submetida.

Em trabalhos nos quais foi avaliado a estabilidade de agregados como indicador da qualidade do solo, observa-se variações no diâmetro inicial do agregado, variando esse de 2 a 4 mm (HICKMANN et al., 2011), 4 a 6 mm (BONINI e ALVES, 2011), 4,76-7,96 mm (VOLK e COGO, 2009), 4,76-8 mm (JUNQUEIRA et al., 2010), 4-8 mm (CALONEGO e ROSOLEM, 2008), 4,76-9,51 mm (OLIVEIRA et al., 2013), agregados menores que 4,75 mm (GHOSH et al., 2016), agregados menores que 8 mm (LIU et al., 2015) e amostra composta por agregados de acordo com o percentual de cada classe no solo (PENG et al., 2016; WU et al., 2016).

Observa-se também variação na massa da amostra, 10 g (JUNQUEIRA et al., 2010), 25 g (HICKMANN et al., 2011), 50 g (SALTON et al., 2012) e 100 g (VALADÃO et al., 2011), bem como no tempo do processo, 5 min (GHOSH et al., 2016), 10 minutos (BONO et al., 2013) e 15 min (DA-SILVA et al., 2012).

Com essas variações dentro de um protocolo, a comparação entre trabalhos realizados em um mesmo tipo de solo pode ficar prejudicada, visto que, as diferenças entre a estabilidade de agregados podem estar ocorrendo, ou não, em função da falta de padronização na metodologia e não em função dos tratamentos em estudo. Logo, torna-se importante a verificação desses protocolos para determinar se essas variações têm implicação no resultado da análise. Sendo assim, objetivou-se avaliar a influência do diâmetro inicial do agregado, da massa da amostra e do tempo do processo na determinação da estabilidade de agregados do solo pela metodologia de peneiramento em água, em quatro classes de solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização dos pontos de coleta do solo, caracterização e processamento das amostras

Os solos escolhidos para realização do trabalho de acordo o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo foram Latossolos de diferentes texturas e um Neossolo Quartzarênico por serem solos representativos nas áreas cultivadas no Oeste da Bahia.



Figura 1. Localização dos pontos de coleta dos solos estudados (Fonte: Google earth).

Esses foram coletados em quatro áreas localizadas nas seguintes coordenadas: Neossolo Quartzarênico (RQ) em uma área de cultivo de algodão convencional sob pivô central ($12^{\circ}10'97,5''$ S e $45^{\circ}25'4,13''$ W), município de Luís Eduardo Magalhães-BA. O pivô foi instalado no ano de 1990 para cultivo de feijão e nos últimos cinco anos era cultivado com algodão em rotação com soja. Latossolo Vermelho Amarelo arenoso (LVA Are) em área de cerrado preservado (Cerrado stricto sensu) ($11^{\circ}53'39,8''$ S e $45^{\circ}36'01,5''$ W) município de Barreiras-BA, Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (LVA Med) cultivado com pastagem de *Brachiaria decumbens* ($12^{\circ}16'41''$ S e $44^{\circ}33'40,9''$ W) município de Catolândia-BA. A pastagem foi implantada em 2013 com aplicação de 2 toneladas de calcário e 330 kg de superfosfato simples por hectare .

Esses três primeiros solos na região oeste da Bahia derivam de rochas cristalinas (granitos, gnaisses, migmatitos), das rochas silicosas (quartzitos, arenitos, areias) e do material areno-argiloso da formação de Barreiras (Terciário) (VOLKOFF e CESAR, 1977). Latossolo Vermelho argiloso (LV Arg) em área de cerrado preservado (Cerradão) (15° 44' 14,09'' S e 47° 52' 53,22'' W) Brasília-DF. O Latossolo Vermelho argiloso é derivado de rochas metassedimentares dos grupos Canastra, Paranoá, Araxá e Bambuí (MARTINS et al., 2004). De cada solo foi retirada uma amostra para caracterização física e química (Tabela 1).

Tabela 1. Resultado das análises químicas e física dos solos estudados (Neossolo Quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho Amarelo arenoso (LVA Are), Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (LVA Med) e Latossolo Vermelho argiloso (LV Arg).

Análise química		RQ	LVA Are	LVA Med	LV Arg
pH (H ₂ O)	-	5,60	4,64	4,83	4,77
Ca ²⁺ + Mg ²⁺	cmol _c /dm ³	1,95	0,99	1,04	0,45
Ca ²⁺	cmol _c /dm ³	1,39	0,79	0,76	0,28
Al ³⁺	cmol _c /dm ³	0,00	1,10	0,70	1,00
H + Al	cmol _c /dm ³	4,30	14,34	8,40	14,67
K ⁺	mg/dm ³	85,29	3,88	27,14	27,14
P (Mehlich)	mg/dm ³	44,10	12,68	2,15	1,30
C	dag/kg	0,71	1,03	1,37	2,43
M. O.	dag/kg	1,20	1,80	2,40	3,20
CTC	cmol _c /dm ³	6,44	14,57	9,51	15,22
Sat. Al	(%)	0,00	78,57	38,68	37,38
Frações Granulométricas					
Areia	(g.kg ⁻¹)	815,90	765,00	757,80	208,30
Silte	(g.kg ⁻¹)	139,20	90,00	60,90	175,60
Argila	(g.kg ⁻¹)	44,90	145,00	181,30	616,10

Em que: pH= Potencial hidrogeniônico; Ca²⁺= Cálcio; Mg²⁺= Magnésio; Al³⁺= Alumínio; H + Al = Acidez potencial; K⁺= Potássio; P= Fósforo; C= Carbono; MO= Matéria orgânica.

As amostras com estrutura preservada foram coletadas na camada de 0-20 cm, utilizando anel volumétrico (KEMPER e ROSENAU, 1986) com capacidade de 1000 cm³ (12,74 cm de altura e 10 cm de diâmetro). Para tanto, o solo foi umedecido esperando-se a drenagem da água para cravar os cilindros e retirada do monólito. Depois de cravado, os cilindros foram retirados escavando-se em suas laterais e cortando-se o solo logo abaixo do mesmo. Depois de retirados, esses foram envoltos em filme plástico, acondicionados em baldes de plástico e levados ao laboratório de Física dos Solos da Universidade do Estado da Bahia, Barreiras-BA para processamento das amostras. No laboratório, o solo foi retirado dos cilindros e destorroado respeitando-se os pontos de fragilidade e deixado secar ao ar por 48 horas.

Para verificar a influência do preparo da amostra, do tamanho da amostra e do tempo de duração do processo na distribuição das classes de agregados o experimento foi dividido em três etapas.

Primeira etapa (Diâmetro Inicial do Agregado)

O experimento seguiu delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 5, sendo que o primeiro fator foi a classe de solo e o segundo fator a separação do diâmetro inicial da amostra com quatro repetições.

Depois de secas e destorroadas, as amostras foram peneiradas separando-se agregados entre 2-4 mm, 4-8 mm, 8-10 mm e 10-20 mm e esses foram pesados para se determinar o percentual de cada classe no solo. A variação no preparo da amostra consistiu na utilização dessas classes de agregados separadamente (2-4 mm, 4-8 mm, 8-10 mm e 10-20 mm) e de uma amostra composta pela mistura das quatro classes de agregados de acordo com seus respectivos percentuais no solo, sendo a massa de cada repetição de 100 g.

Segunda etapa (Massa da Amostra)

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x4 sendo o primeiro fator a classe de solo e o segundo a massa da amostra com quatro repetições.

Por peneiramento foram selecionados de cada classe de solo agregados entre 8-10 mm. Dessa classe de agregados, foram pesadas amostras de 25, 50, 100 e 200 g para constituir os tratamentos em função da massa da amostra.

Terceira etapa (Tempo do Processo)

O delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x7, sendo o primeiro fator a classe de solo e o segundo o tempo do processo que foram: 5, 15, 25, 35, 45, 55 e 65 min de oscilação no aparelho de Yoder com quatro repetições. Foram selecionados 100 g de agregados entre 8-10 mm secos ao ar, para constituir a unidade experimental.

Nas três etapas foram retiradas amostras de 20 g de solo para determinação da umidade de acordo Embrapa (1997). Em seguida as amostras foram dispostas sobre papel filtro e sobre o jogo de peneiras do aparelho de Yoder, para serem saturadas por capilaridade durante 10 minutos com água deionizada. Após a saturação, as amostras sobre a peneira de 2 mm sobreposta às peneiras de 1 mm; 0,5 mm; 0,250 mm e 0,106 mm foram submersas em lâmina de água de 3 cm de altura para retirada do papel filtro. Depois de retirado o papel, as amostras foram submetidas a 30 oscilações por minuto, com curso de 3 cm durante 15 minutos (com exceção à etapa do tempo do processo, onde os tempos foram os descritos), com oscilação de 3 cm. Transcorrido os tempos determinados o solo retido em cada peneira foi transferido para cápsula de alumínio com auxílio de uma pisseta. Essas foram levadas a estufa de circulação de ar a 105 °C por 24 h para posterior pesagem visando a determinação da massa seca de cada classe de agregados. Durante todo o processo foram seguidas as precauções e considerações sugeridas por Kemper e Rosenau (1986).

Variáveis analisadas e análise estatística

As variáveis analisadas foram o percentual de agregados maiores que 2 mm, percentual de agregados entre 2-1 mm, percentual de agregados entre 1-0,5 mm, percentual de agregados entre 0,5-0,250 mm, percentual de agregados entre 0,250-0,106 mm e percentual de agregados menores que 0,106 mm. Também foram determinados o diâmetro médio ponderado (DMP) e o diâmetro médio geométrico (DMG) de acordo as equações descritas em Kemper e Rosenau (1986):

$$DMP = \sum_{i=1}^n (xi \cdot wi)$$

Em que: xi = diâmetro médio das classes de agregados em milímetros; wi = proporção de cada classe em relação ao total.

$$DMG = \frac{\exp \sum_{i=1}^n (wp \cdot \log xi)}{\sum_{i=1}^n wi}$$

Em que: wp = peso dos agregados de cada classe em gramas; xi = diâmetro médio das classes de agregados em milímetros; wi = proporção de cada classe de agregados em relação ao total.

Os dados foram testados quanto à normalidade, visando atender os pressupostos da análise de variância, quando houve efeito significativo para o teste F, foi aplicado teste de Scott-Knott (p<0,05) para as variáveis qualitativas e análise de regressão para as variáveis quantitativas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diâmetro Inicial do Agregado

Para as variáveis agregados maiores que 2 mm, agregados entre 2-1 mm e agregados menores que 0,106 mm o teste F da ANAVA indicou diferenças significativas (p<0,01 e 0,05) tanto para os fatores solo e diâmetro inicial do agregado, quanto para interação entre eles. No entanto, para agregados entre 1-0,5 mm, 0,5-0,25 e para agregados entre 0,25-0,106 mm a interação não foi significativa, sendo significativos apenas os fatores isolados. Para o DMP e DMG tanto os fatores isolados quanto a interação entre eles foram significativas a 1 % de probabilidade de erro.

Pode-se observar na Figura 2 que para a variável percentual de agregados maiores que 2 mm houve diferença entre os tratamentos aplicados, indicando que o diâmetro inicial do agregado influenciou significativamente nessa variável ($p < 0,05$). Os percentuais de agregados maiores que 2 mm variaram de 22,80 % para o Neossolo Quartzarênico (RQ) a 93,10 % para o Latossolo Vermelho de textura argilosa (LV Arg).

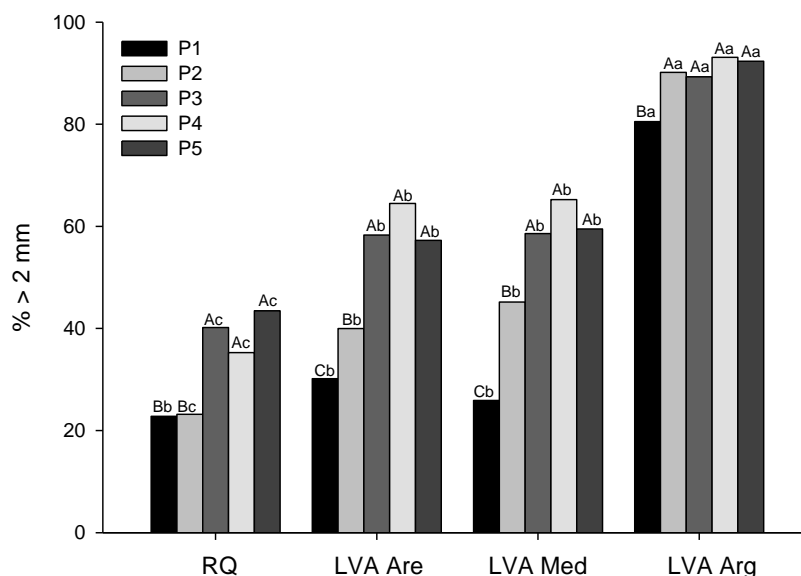


Figura 2. Percentual de agregados maiores que 2 mm em função do diâmetro inicial do agregado (P1- agregados entre 2-4 mm, P2- agregados entre 4-8 mm, P3- agregados entre 8-10 mm, P4- agregados entre 10-20 mm e P5- amostra composta) e da classe de solo (Neossolo Quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho Amarelo arenoso (LVA Are), Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (LVA Med) e Latossolo Vermelho argiloso (LV Arg)). Letras maiúsculas diferenciam o preparo dentro de cada classe de solo e letras minúsculas diferenciam as classes de solo.

Na área de cerrado preservado próxima à área cultivada com algodão, o percentual de agregados maiores que 2 mm foi de 97,87 % utilizando-se agregados entre 8-10 mm. Esse alto percentual de agregados na área de cerrado se deve à predominância de agregados biogênicos, visto que os teores de argila diferem pouco entre a área preservada ($57,75 \text{ g.kg}^{-1}$) e cultivada com algodão ($44,90 \text{ g.kg}^{-1}$).

Junqueira et al. (2010) estudando um Neossolo Quartzarênico sob mata preservada encontraram valores de percentual de agregados maiores que 2 mm igual a 73 % trabalhando

com agregados entre 4,76 e 8 mm, diferindo do presente trabalho para todos os métodos de preparo da amostra, evidenciando um efeito do monocultivo do algodoeiro sobre a estabilidade dos agregados desse solo.

Sabe-se que a agregação do solo é influenciada pela sua microbiota e que essa pode ser prejudicada com a aplicação de produtos fitossanitários, principalmente fungicidas e herbicidas produtos esses de elevada utilização na cultura do algodão (VERDENELLI et al., 2012; RASHID et al. 2016; KUMAR et al., 2017).

Chen et al. (2016) encontraram evidências da inibição da germinação de esporos e do desenvolvimento das hifas de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em algodoeiros Bt, com a mesma tecnologia das plantas cultivadas no RQ do presente trabalho. Fungos esses de fundamental importância para agregação do solo (ZHANG et al., 2014). Liang et al. (2014) estudando o efeito de fontes de nutrientes orgânicos e inorgânicos observaram que apenas a aplicação de fertilizantes inorgânicos não foi suficiente para manter a agregação do solo e os níveis de carbono.

Almeida et al. (2014) trabalhando em um Latossolo Amarelo de textura arenosa cultivado com pastagem, milho e eucalipto e sob cerrado avaliaram o tamanho e distribuição dos agregados e observaram que na área de cerrado o percentual de agregados maiores que 2 mm foi de 47,31 %, o que difere do presente trabalho em 56,91 % para mais quando comparado com o tratamento equivalente P1, visto que os autores trabalharam com agregados entre 2-4 mm. Logo infere-se que os solos são diferentes quanto à agregação.

No entanto, não considerando o preparo equivalente da amostra, quando comparado com o P2 (Figura 2) essa diferença seria menos expressiva (18,36 %), e quando comparado com o P3, P4 e P5 o trabalho de Almeida et al. (2014) teria apresentado resultados inferiores ao do presente trabalho em 23,22 %, 36,31 % e 21,01 % respectivamente.

Em Latossolo Vermelho de textura média sob grama foi observado percentual de agregados >2 mm superior a 60 % trabalhando com agregados entre 4-8 mm (PINHEIRO et al., 2004) o que se assemelha com o LVA Med do presente trabalho para os P3, P4 e P5. Já em Latossolo Vermelho de textura argilosa cultivado com cana de açúcar foram observados valores de percentuais de agregados maiores que 2 mm de 41,55 %, trabalhando com agregados que passaram na peneira de 19 mm evidenciando a influência do sistema de cultivo

sobre essa classe de agregados, quando comparado com o presente trabalho onde o percentual variou de 80,50 % à 93,10 % no LVA Med. (PASSARIN et al., 2007).

Observa-se na Figura 2, que o percentual de agregados >2 mm para o LVA Are foi de 30,15 %, muito distante e inferior aos valores encontrados por Almeida et al. (2014) 47,31 %, indicando diferenças entre os solos estudados. Essa diferença pode estar associada a diversos fatores. Entre eles, um que provoca modificações quase que instantâneas, são as altas temperaturas, que podem ser induzidas por queimadas, fato comum em áreas de cerrado. Thomaz (2011) estudando o efeito da temperatura sobre os agregados do solo relata que os agregados maiores que 2,0 mm foram os mais afetados. Campo et al. (2014) constataram que os agentes cimentantes dos agregados são afetados por altas temperaturas, reduzindo assim sua estabilidade. Isso pode se dar desde a queima da matéria orgânica com redução de até dois terços do seu carbono orgânico (BADÍA-VILLAS et al., 2014), o qual tem estreita relação com a agregação do solo (WANG et al., 2017), até a modificação da morfologia e perfil de hidratação das argilas (CHEN et al., 2016).

De acordo com o teste de agrupamentos de médias de Scott-Knott ($p < 0,05$), o solo que apresentou o maior percentual de agregados >2 mm foi o LV Arg independente do preparo da amostra, provavelmente por uma grande contribuição do teor de argila que tem correlação positiva com a agregação (BARRAL e GUÉRIF, 1998; TAVARES FILHO et al., 2012; SILVA et al., 2014), bem como da CTC que se correlaciona positivamente com agregados estáveis em água (DIMOYIANNIS et al., 1998). Outro fator que pode ter contribuído com a maior agregação no LV Arg pode ter sido os teores de Al^{3+} (ZHAO et al., 2017) que pode ter contribuído para tornar o agregado mais hidrofóbico, o que reduz a absorção de água elevando a coesão e conseqüentemente leva a uma maior estabilização do agregado (BRONICK e LAL, 2005). Em contraste, o solo que apresentou os menores percentuais de agregados >2 mm, foi o RQ, para os P2, P3, P4 e P5. Os LVA Med e LVA Are, não se diferenciaram para essa variável em nenhum dos métodos de preparo da amostra. Utilizando o método de preparo P1 só o LV Arg se diferenciou dos demais solos, sendo superior aos mesmos.

Para todos os solos os preparos P3, P4 e P5 tiveram o mesmo comportamento, sendo que o RQ foi o que apresentou o menor percentual de agregados maiores que 2 mm e o LV Arg o que apresentou o maior percentual dessa classe de agregados. Os LVA Aren e LVA Med não se diferenciaram.

Na figura 3 estão apresentados os percentuais de agregados entre 2-1 mm em função da classe de solo e do preparo da amostra. Observa-se que o P1 se diferenciou de todos os demais, proporcionando sempre os maiores percentuais dessa classe de agregados. Para o P1, o LVA Are e o LVA Med foram os solos que apresentaram as maiores médias dessa classe de agregados, seguidos do RQ e do LV Arg que não se diferenciaram.

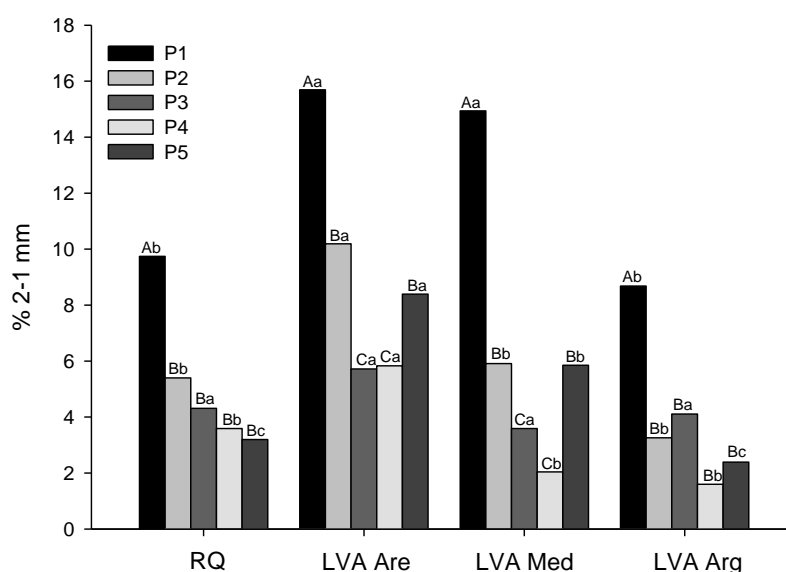


Figura 3. Percentual de agregados entre 2-1 mm em função do preparo da amostra (P1- agregados entre 2-4 mm, P2- agregados entre 4-8 mm, P3- agregados entre 8-10 mm, P4- agregados entre 10-20 mm e P5- amostra composta) e da classe de solo (Neossolo Quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho Amarelo arenoso (LVA Are), Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (LVA Med) e Latossolo Vermelho argiloso (LV Arg)). Letras maiúsculas diferenciam o preparo dentro de cada classe de solo e letras minúsculas diferenciam as classes de solo.

Almeida et al. (2014) em área de cerrado em um Latossolo Amarelo franco-arenoso encontraram médias de 17,62 % para essa classe de agregados. Valor próximo ao do presente trabalho para o LVA Are no P1 (15,69 %). O P3 e o P4 para LVA Are e LVA Med foram os que proporcionaram as menores médias dessa classe de agregados. Para o LV Arg somente o P1 se diferenciou dos demais obtendo a maior média 8,68 %. Passarin et al. (2007) trabalhando em um Latossolo Vermelho de textura argilosa cultivado com cana de açúcar

encontraram valores de 11,57 % para essa classe de agregados, diferenciando-se muito dos valores encontrados no presente trabalho para os P2, P3, P4 e P5.

Como não houve interação entre os fatores, para os percentuais de agregados entre 1-0,5 mm, 0,5-0,25 mm e 0,25-0,106 mm, esses foram discutidos isoladamente. Pode ser notado na Figura 4 que para classe de agregados entre 1-0,5 mm que o RQ foi o solo que apresentou a maior média, seguidos do LVA Are, LVA Med e do LV Arg. O RQ obteve ainda as maiores médias para as classes de agregados entre 0,5-0,25 mm e 0,25-0,106 mm, demonstrando esse ser o solo com menor estabilidade dos agregados entre os solos estudados, provavelmente em função do baixo teor de argila (SILVA et al., 2014) e do manejo intensivo com revolvimento e sem retorno de resíduos. Zhang et al. (2017) ressaltam que o manejo do solo é determinante na formação das classes de agregados, e que o plantio direto com cultivo mínimo contribuem para a formação de macroagregados. Contrariamente o cultivo convencional do algodoeiro com aração e gradagem a cada safra pode ter contribuído para o fracionamento dos agregados maiores que 2 mm do RQ, elevando assim o percentual de agregados menores entre 0,25-0,106 mm Figura 4.

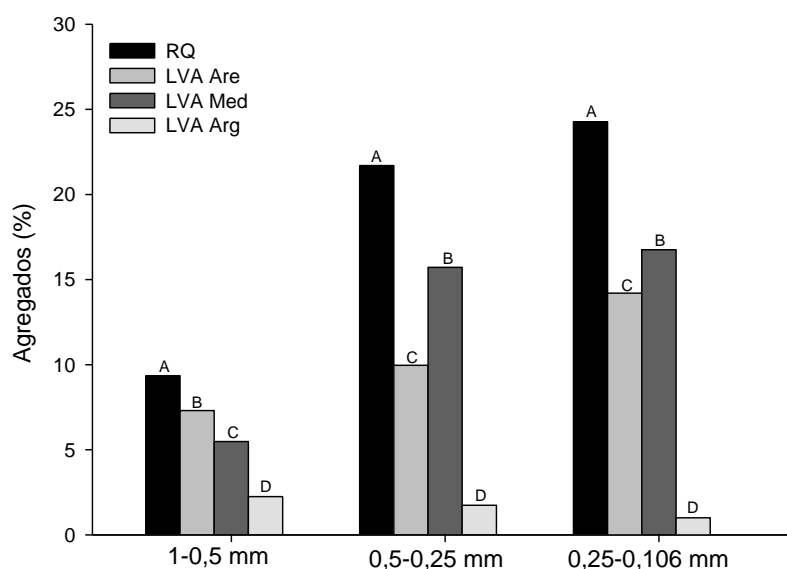


Figura 4. Percentual de agregados entre 1-0,5 mm, 0,5-0,25 mm e 0,25-0,106 mm por classe de solo (Neossolo Quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho Amarelo arenoso (LVA Are), Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (LVA Med) e Latossolo Vermelho argiloso (LV Arg)). Barras seguidas da mesma letra estão em um mesmo grupo de acordo o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Para o fator preparo da amostra em relação aos percentuais de agregados entre 1-0,5 mm, 0,5-0,25 mm e 0,25-0,106 mm, pode ser observado na Figura 5 que apenas o P1 e P2 se diferenciaram dos demais, alcançando esses sempre as maiores médias, e que os P3, P4 e P5 não diferem entre eles.

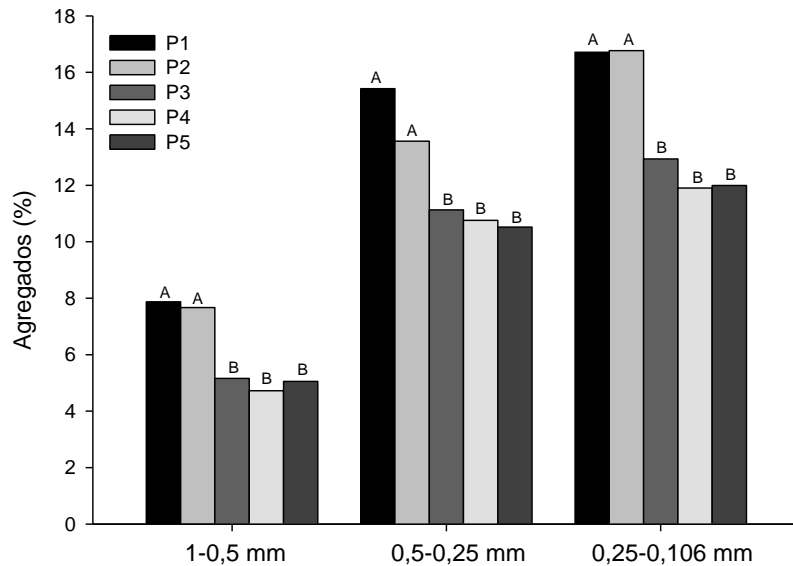


Figura 5. Percentual de agregados entre 1-0,5 mm, 0,5-0,25 mm e 0,25-0,106 mm em função do preparo da amostra. Barras seguidas da mesma letra estão em um mesmo grupo de acordo o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Para o percentual de agregados menores que 0,106 mm (Figura 6) observa-se que o LVA Are foi o solo que alcançou as maiores médias para o P1 e P2, provavelmente por influência das partículas individuais que em solos arenosos são bastante expressivas. Para os P3, P4, e P5 o RQ e o LVA Are não se diferenciaram, diferenciando-se esses dos LVA Med e do LV Arg.

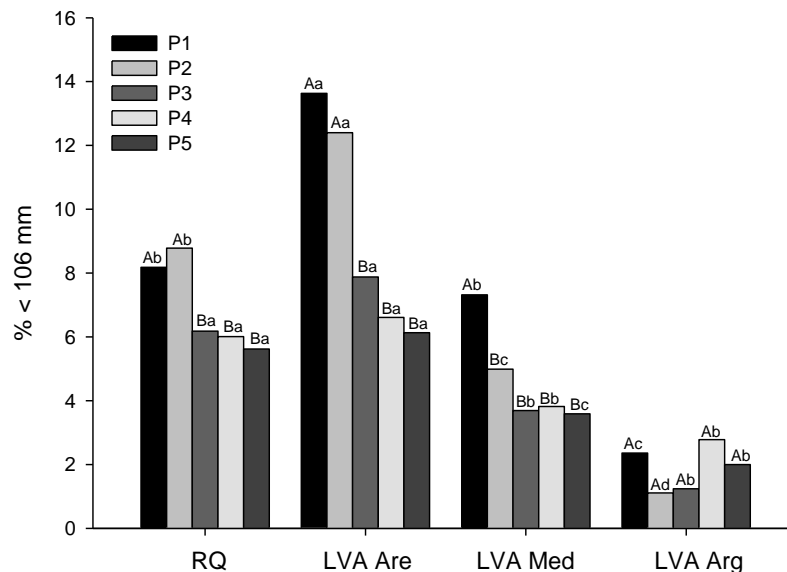


Figura 6. Percentual de agregados menores que 106 mm em função do diâmetro inicial da amostra (P1- agregados entre 2-4 mm, P2- agregados entre 4-8 mm, P3- agregados entre 8-10 mm, P4- agregados entre 10-20 mm e P5- amostra composta) e da classe de solo (Neossolo Quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho Amarelo arenoso (LVA Are), Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (LVA Med) e Latossolo Vermelho argiloso (LV Arg)). Letras maiúsculas diferenciam o preparo dentro de cada classe de solo e letras minúsculas diferenciam as classes de solo.

Provavelmente, a menor desagregação dos agregados maiores pode estar ligada à menor superfície de contato desses agregados diminuindo a área de atrito entre eles durante o processo. Outra explicação pode ser o percentual de carbono que em geral, é maior em agregados maiores (HICKMANN e COSTA, 2012; GARCIA-FRANCO et al., 2015), pois, o teor de carbono tem relação direta e positiva com a estabilidade dos agregados (ROZANE et al., 2010; VICENTE et al., 2012).

Para o diâmetro médio ponderado (DMP) pode ser observado na Figura 7 que o P1 não foi capaz de diferenciar os solos RQ, LVA Are e LVA Med, diferenciando essas três classes de solo apenas do LV Arg. Já os demais preparos diferenciaram todos os solos da mesma maneira sendo o DMP crescente de RQ, LVA Are, LVA Med e LV Arg respectivamente. Quanto aos métodos de preparo, o P4 foi o que obteve sempre as maiores médias de DMP exceto para o RQ onde o P4 e P5 não se diferenciaram.

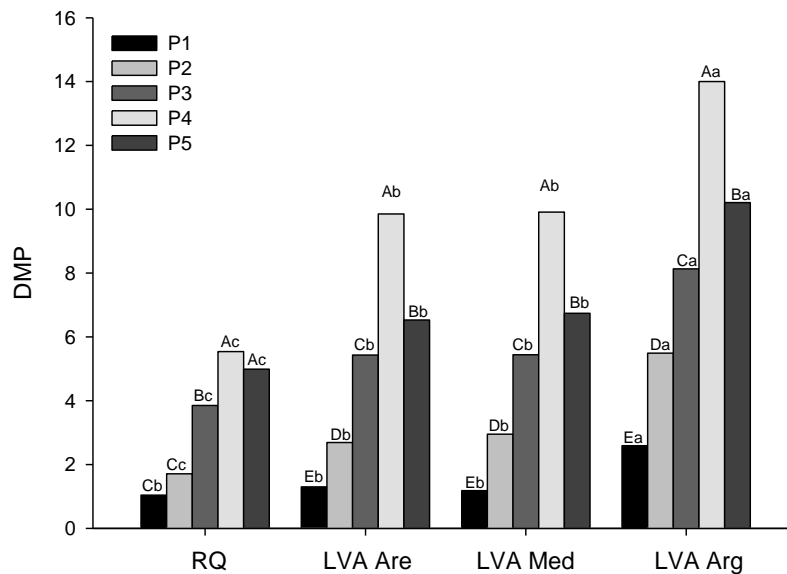


Figura 7. Diâmetro médio ponderado (DMP) em função do preparo da amostra (preparos: P1- agregados entre 2-4 mm, P2- agregados entre 4-8 mm, P3- agregados entre 8-10 mm, P4- agregados entre 10-20 mm e P5- amostra composta) e da classe de solo (Neossolo Quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho Amarelo arenoso (LVA Are), Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (LVA Med) e Latossolo Vermelho argiloso (LV Arg)) Letras maiúsculas diferenciam o preparo dentro de cada classe de solo e letras minúsculas diferenciam as classes de solo.

O diâmetro médio geométrico (DMG) se comportou de forma diferente do DMP sendo que apenas o P4 e P5 foram capazes de diferenciar os solos (Figura 8) sendo que o LV Arg se diferenciou dos demais solos. O LVA Are e o LVA Arg não se diferenciaram e esses se diferenciaram do RQ.

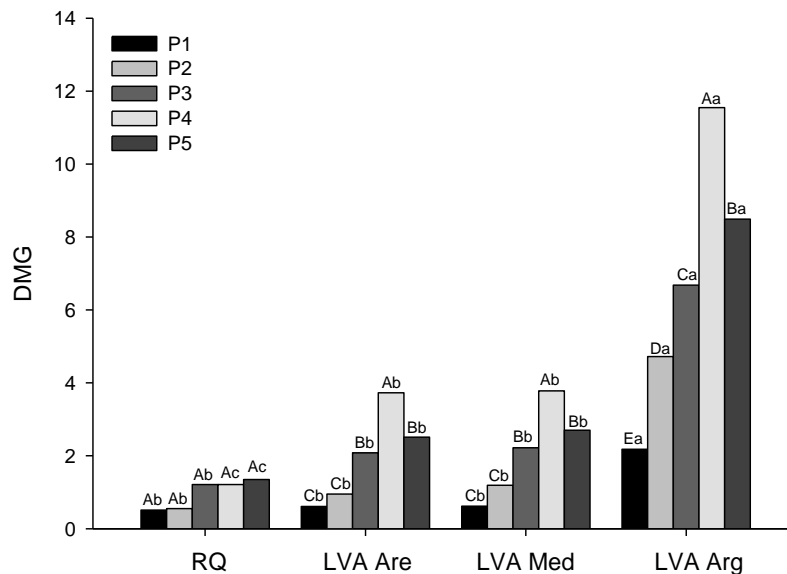


Figura 8. Diâmetro médio geométrico (DMG) em função do preparo da amostra (preparos: P1- agregados entre 2-4 mm, P2- agregados entre 4-8 mm, P3- agregados entre 8-10 mm, P4- agregados entre 10-20 mm e P5- amostra composta) e da classe de solo (Neossolo Quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho Amarelo arenoso (LVA Are), Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (LVA Med) e Latossolo Vermelho argiloso (LV Arg)). Letras maiúsculas diferenciam o preparo dentro de cada classe de solo e letras minúsculas diferenciam as classes de solo.

Massa da Amostra

A massa da amostra não se mostrou significativo para maioria das variáveis analisadas, sendo significativo para o percentual de agregados maiores que 2 mm, e para o DMP para o RQ. A amostra de 25 g foi a única que se diferenciou da de 200 g, sendo que entre as demais amostras não ocorreu diferença estatística. Provavelmente o menor volume de agregados na amostra de 25 g sofreu maior ação de desagregação da água. Diferente das demais amostras onde os agregados ficam em contato o que pode prejudicar o fluxo de água consequentemente reduzindo a energia de desagregação nas amostras maiores.

Observa-se na Figura 9 que só ocorre diferença para classe de agregados maiores que 2 mm quando a diferença de massa entre as amostras é superior em mais de quatro vezes. Logo a amostra de 25 g se agrupa com a de 50 g e com a de 100 g, não se agrupando com a de 200 g e a amostra de 200 g se agrupa com a de 100g e com a de 50 g.

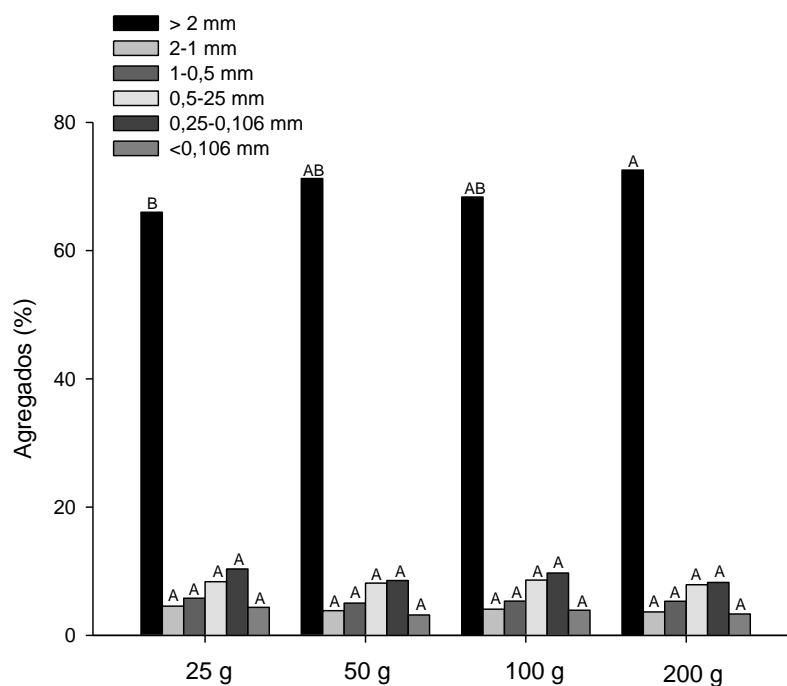


Figura 9. Distribuição das classes de agregados em função da massa da amostra. Barras seguidas da mesma letra estão em um mesmo grupo de acordo o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

O DMP sofreu influência do tamanho da amostra apenas para o RQ (Figura 10), sendo que o único tratamento que se diferenciou foi o de 200 g, obtendo valor superior aos demais tratamentos para essa classe de solo. Provavelmente influenciado pela classe de agregados maiores > 2 mm que também se diferenciou, pois o DMP é altamente correlacionado com essa classe de agregados.

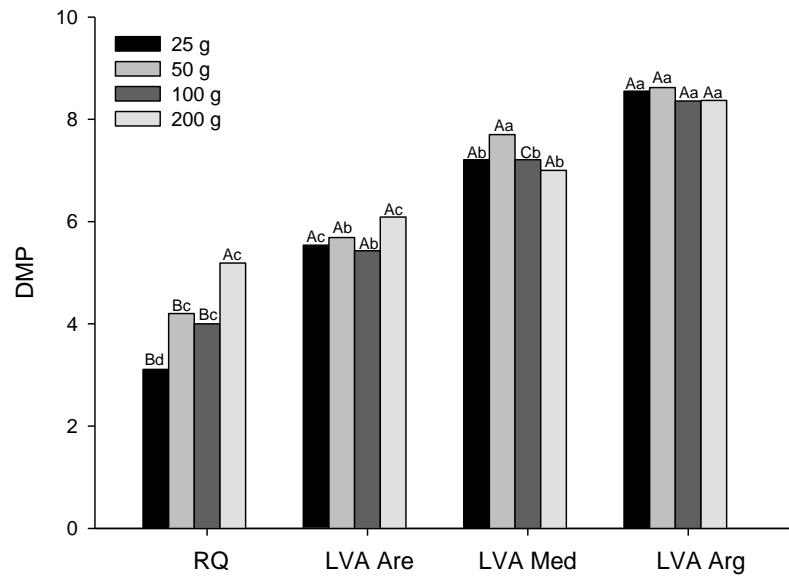


Figura 10. Diâmetro médio ponderado (DMP) em função da massa da amostra (25 g, 50 g, 100 g e 200 g) e da classe de solo (RQ- Neossolo Quartzarênico, LVA Are- Latossolo Vermelho Amarelo arenoso, LVA Med- Latossolo Vermelho Amarelo de textura média e LV Arg- Latossolo Vermelho argiloso). Letras maiúsculas diferenciam o preparo dentro de cada classe de solo e letras minúsculas diferenciam as classes de solo.

Pode-se observar na Figura 11 que não houve diferença estatística em função da massa das amostras para o DMG, sendo esse um indicador mais adequado quando se estiver comparando trabalhos onde as massas das amostras são diferentes.

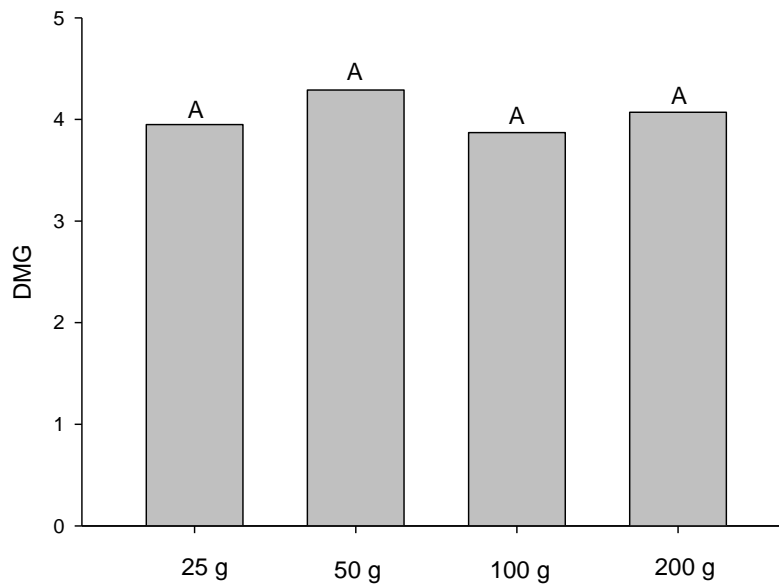


Figura 11. Diâmetro médio geométrico (DMG) em função da massa da amostra. Barras seguidas da mesma letra estão em um mesmo grupo de acordo o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Tempo do processo

Pode-se observar na Figura 12 que o tempo do processo não influenciou na maioria das variáveis analisadas, sendo significativo para as classes de agregados entre 0,250-0,106 mm (Figura 13), agregados menores que 0,106 mm (Figuras 13 e 14). Nota-se na Figura 12 que não houve diferença entre os tratamentos para os agregados maiores que 2 mm. Provavelmente, o processo de desagregação ocorre quase que completo nos primeiros 5 minutos e os agregados que restam se mantem estáveis até o tempo de 65 min.

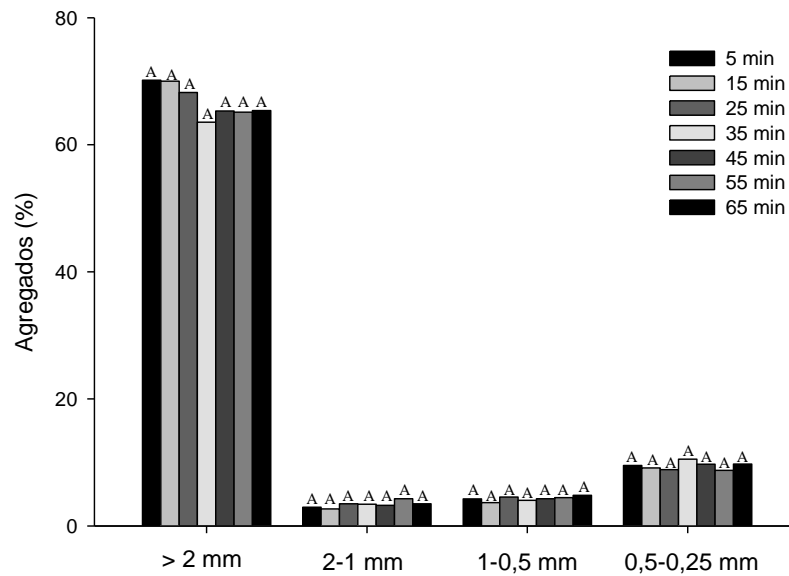


Figura 12. Distribuição das classes de agregados em função do tempo do processo de tamização no aparelho de Yoder. Barras seguidas da mesma letra estão em um mesmo grupo de acordo o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

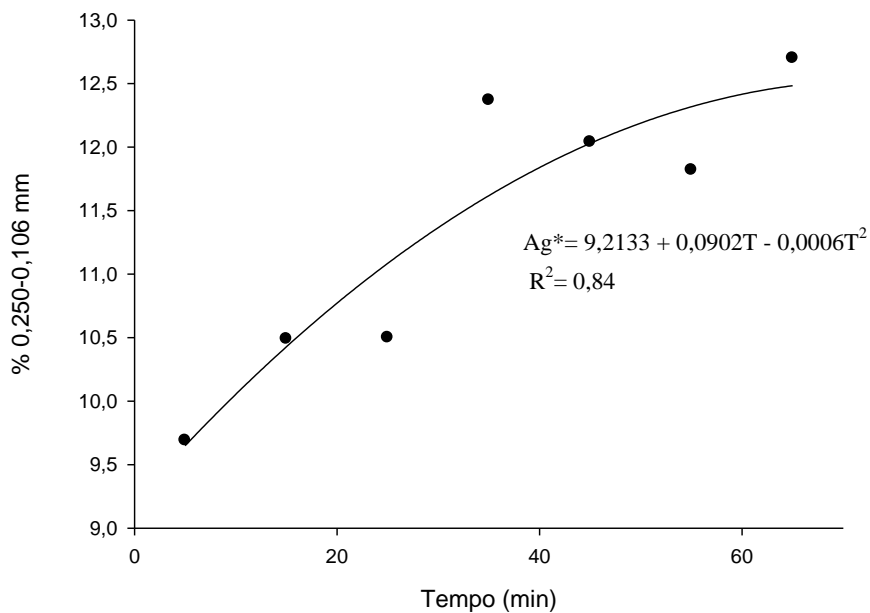


Figura 13. Percentual de agregados entre 0,250-0,106 mm em função do tempo do processo de tamização no aparelho de Yoder. Ag= Agregados; T= Tempo do processo de tamização; R^2 = Coeficiente de determinação.

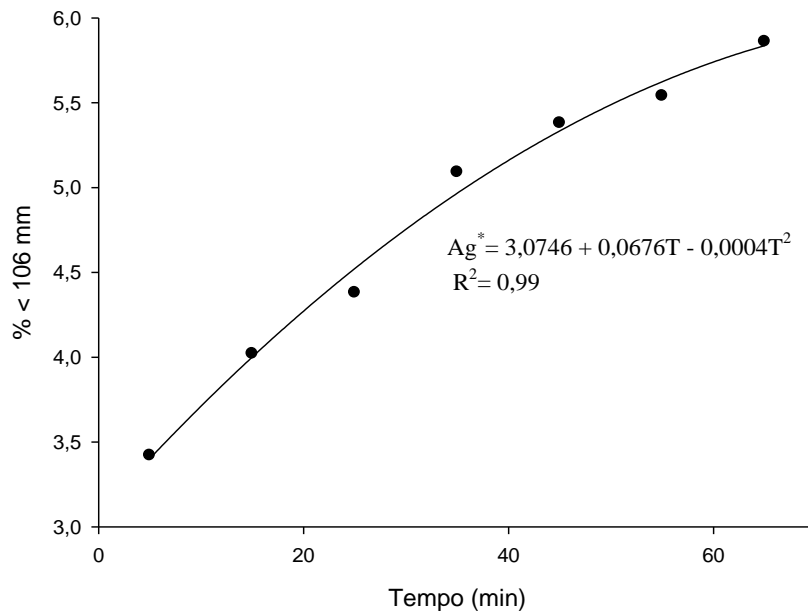


Figura 14. Percentual de agregados menores que 0,106 mm em função do tempo do processo de tamização no aparelho de Yoder. Ag= Agregados; T= Tempo do processo de tamização; R²= Coeficiente de determinação.

Tanto o DMG quanto o DMP diminuíram em função do tempo de tamização, (Figuras 15 e 16). O modelo de equação que melhor se ajustou foi o quadrático explicando 83 % do evento para o DMG e e 81 % para o DMP.

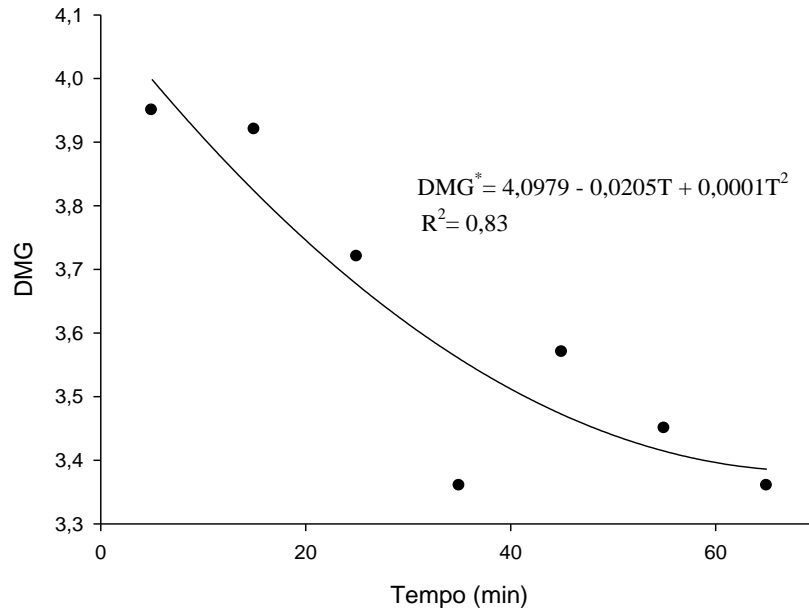


Figura 15. Diâmetro médio geométrico (DMG) em função do tempo do processo de tamização no aparelho de Yoder. T= Tempo do processo de tamização; R²= Coeficiente de determinação.

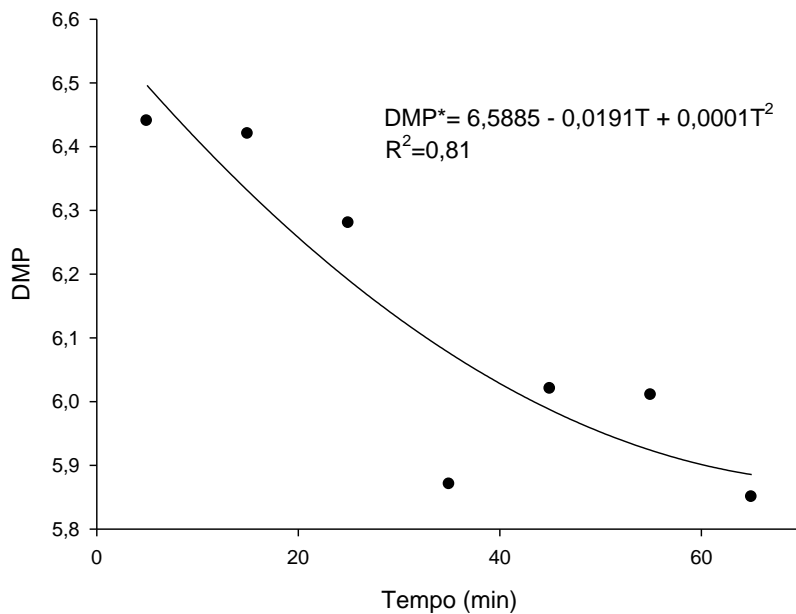


Figura 16. Diâmetro médio ponderado (DMP) em função do tempo do processo de tamização no aparelho de Yoder. T= Tempo do processo de tamização; R²= Coeficiente de determinação.

CONCLUSÕES

O preparo da amostra influenciou no resultado das análises para todas as variáveis analisadas.

A massa da amostra não influenciou no resultado da maioria das classes de agregados estudadas.

O tempo do processo influenciou no resultado das análises para microagregados. No entanto para macroagregados não foi observada diferenças.

Os solos apresentaram diferenças em relação à estabilidade dos seus agregados, sendo que a estabilidade foi crescente na seguinte ordem: Neossolo Quartzarênico, Latossolo Vermelho Amarelo arenoso, Latossolo Vermelho Amarelo de textura média e Latossolo Vermelho argiloso).

Há uma grande variação no protocolo para determinação da estabilidade de agregados do solo em água, e essas variações influenciam no resultado das análises.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. F.; MACHADO, H. A.; MARTINS, F. P.; QUEIROZ, I. D. S.; TEIXEIRA, W. G.; MIKHAEL, J. E. R.; BORGES, E.N. Correlação do tamanho e distribuição dos agregados em Latossolos Amarelo da região do triângulo mineiro em diferentes ambientes. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 5, p. 1325-1334, 2014.
- ASSIS, R. L.; LANÇAS, K. P. Agregação de um Nitossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Engenharia Agrícola**, v. 30, p. 58-66, 2010.
- BADÍA-VILLAS, D.; GONZÁLEZ-PÉREZ, J. A.; AZNAR, J. M.; ARJONA-GRACIA, B.; MARTÍ-DALMAU C. Changes in water repellency, aggregation and organic matter of a mollic horizon burned in laboratory: soil depth affected by fire, **Geoderma**, v. 213, p. 400-407, 2014.
- BARRAL, M. T.; ARIAS, M.; GUERIF, J. "Effects of iron and organic matter on the porosity and structural stability of soil aggregates." **Soil and Tillage Research**, v. 46, p. 261-272, 1998.

- BARTHÈS, B. G.; KOUAKOUA, E.; LARRÉ-LARROUY, M. C.; RAZAFIMBELO, T. M.; LUCA, E. F.; AZONTONDE, A.; NEVES, C. S. V. J.; FREITAS, P. L.; FELLER, C. L. Texture and sesquioxide effects on water-stable aggregates and organic matter in some tropical soils. **Geoderma**, v. 143, p. 14-25, 2008.
- BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C. Estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho degradado em recuperação com adubos verdes, calcário e gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1263-1270, 2011.
- BONO, J. A. M.; MACEDO, M. C. M.; TORMENA, C. A. Qualidade física do solo em um Latossolo Vermelho da região sudoeste dos cerrados sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 743-753, 2013.
- BRONICK, C. J.; LAL, R. "Soil structure and management: a review." **Geoderma**, v. 124.1, p. 3-22, 2005.
- CALONEGO, J. C. ROSOLEM, C. A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32 p. 1399-1407, 2008.
- CAMPO, J.; GIMENO-GARCÍA, E.; ANDREU, V.; GONZÁLEZ-PELAYO, O.; RUBIO, J. L. Cementing agents involved in the macro- and microaggregation of a Mediterranean shrubland soil under laboratory heating. **Catena**, v. 113, p. 165-176, 2014.
- CHEN, X. H.; WANG, F. L.; ZHANG, R.; JI, L. L.; YANG, Z. L.; LIN, H.; ZHAO, B. Evidences of inhibited arbuscular mycorrhizal fungal development and colonization in multiple lines of Bt cotton. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, v. 230, p. 169-176, 2016.
- CHOUDHURY, S. G.; SRIVASTAVA, S.; SINGH, R.; CHAUDHARI, S. K.; SHARMA, D. K.; SINGH, S. K.; SARKAR, D. Tillage and residue management effects on soil aggregation, organic carbon dynamics and yield attribute in rice–wheat cropping system under reclaimed sodic soil. **Soil e Tillage Research**, v. 136, p. 76-83, 2014.
- CONG, P.; OUYANG, Z.; HOU, R.; HAN, D. "Effects of application of microbial fertilizer on aggregation and aggregate-associated carbon in saline soils." **Soil and Tillage Research**, v. 168, p. 33-41, 2017.

CRITTENDEN, S. J.; POOT, N.; HEINEN, M.; BALEN, D. J. M.; PULLEMAN, M. M. Soil physical quality in contrasting tillage systems in organic and conventional farming. **Soil e Tillage Research**, v. 154, p. 136-144, 2015.

DA-SILVA, V. L.; DIECKOW, J.; MELLEK, J. E.; MOLIN, R.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; VEZZANI, F. M. Melhoria da estrutura de um Latossolo por sistemas de culturas em plantio direto nos campos gerais do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 983-992, 2012.

DIMOYIANNIS, D. G.; TSADILAS, C. D.; VALMIS S. Factors affecting aggregate instability of Greek agricultural soils. **Communications in Soil Science e Plant Analysis**, v. 29, p. 1239-1251, 1998.

Embrapa Solos, E. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos (1997).

FOKOM, R.; ADAMOU, S.; TEUGWA, M. C.; BOYOGUENO, A. D. B.; NANA, W. L.; NGONKEU, M. E. L.; TCHAMENI, N. S.; NWAGA, D.; NDZOMO, G. T.; ZOLLO, P. H. A. Glomalin related soil protein, carbon, nitrogen and soil aggregate stability as affected by land use variation in the humid forest zone of south Cameroon. **Soil e Tillage Research**, v. 120, p. 69-75, 2012.

GARCIA-FRANCO, N.; ALBALADEJO, J.; ALMAGRO, M.; MARTÍNEZ-MENA M. Beneficial effects of reduced tillage and green manure on soil aggregation and stabilization of organic carbon in a Mediterranean agroecosystem. **Soil e Tillage Research**, v. 153, p. 66-75, 2015.

GHOSH, B. N.; MEENAB, V. S.; ALAMA, N. M.; DOGRAA, P.; BHATTACHARYYAC, R.; SHARMAA, N. K.; MISHRAA, P. K. Impact of conservation practices on soil aggregation and the carbon management index after seven years of maize–wheat cropping system in the Indian Himalayas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 216, p. 247-257, 2016.

GIACOMETTI, C. DEMYANB, M. S.; CAVANIA, L.; MARZADORIA, C.; CIAVATTAA, C.; KANDELERC, E. Chemical and microbiological soil quality indicators and their potential to differentiate fertilization regimes in temperate agroecosystems. **Applied Soil Ecology**, v. 64, p. 32-48, 2013.

- GROHMANN, F. **Análise de agregados do solo**. Boletim Técnico, n. 13, v. 19, 1960.
- HICKMANN, C.; COSTA, L. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES, R. B. A. Morfologia e estabilidade de agregados superficiais de um Argissolo Vermelho Amarelo sob diferentes manejos de longa duração e mata atlântica secundária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2191-2198, 2011.
- HICKMANN, C.; COSTA, L. M. Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 1055-1061, 2012.
- JOUQUET, P.; MARON, P. A.; NOWAK, V.; DUC, T. T. Utilization of microbial abundance and diversity as indicators of the origin of soil aggregates produced by earthworms. **Soil Biology e Biochemistry**, v. 57, p. 950-952, 2013.
- JUNQUEIRA, K. R.; CORRECHEL, V.; CUSTÓDIO FILHO, R. O.; SANTOS, F. C. V, JUNQUEIRA, M. F. R. Estabilidade de agregados de um Neossolo Quartzarênico sob pastagem e mata em Baliza-GO. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, p. 1-7, 2010.
- KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. "Aggregate stability and size distribution." p. 425-442, 1986.
- KUMAR, U.; BERLINER, J.; ADAK, T.; RATH, P. C.; DEY, A.; POKHARE, S. S.; MOHAPATRA, S. D. Non-target effect of continuous application of chlorpyrifos on soil microbes, nematodes and its persistence under sub-humid tropical rice-rice cropping system. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 135, p. 225-235, 2017.
- LEÓN-GONZÁLEZ, F.; GUTIÉRREZ-CASTORENA, M. C.; GONZÁLEZ-CHÁVEZ M. C. A.; CASTILLO-JUÁREZ, H. Root-aggregation in a pumiceous sandy soil. **Geoderma**, v. 142, p. 308-317, 2007.
- LI, W.; ZHENG, Z.; LI, T.; ZHANG, X.; WANG, Y.; YU, H.; HE, S.; LIU T. Effect of tea plantation age on the distribution of soil organic carbon fractions within water-stable aggregates in the hilly region of Western Sichuan, China. **Catena**, v. 133, n. 198-205, 2015.
- LIANG, C. H.; YIN, Y.; CHEN, Q. Dynamics of soil organic carbon fractions and aggregates in vegetable cropping systems. **Pedosphere**, v. 24, p. 605-612, 2014.

- LIU, S.; YAN, C.; HE, W.; CHEN, B.; ZHANG, Y.; LIU, Q.; LIU, E. Effects of different tillage practices on soil water-stable aggregation and organic carbon distribution in dryland farming in Northern China. **Acta Ecologica Sinica**, v. 35, p. 65-69, 2015.
- LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1269-1276, 2011.
- MARTINS, E. D. S.; REATTO, A.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. D.; GUIMARÃES, R. F. Evolução geomorfológica do Distrito Federal, 2004.
- OBADÉ, V. P.; LAL, R. Towards a standard technique for soil quality assessment. **Geoderma**, v. 265, p. 96-102, 2016.
- OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; AQUINO, R. E.; MARQUES JÚNIOR, J.; NASCIMENTO, E. P. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Cambissolo Háplico, sob diferentes usos na Região Sul do Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1103-1112, 2013.
- PASSARIN, A. L.; RODRIGUEIRO, E. L.; ROBAINA, C. R. P.; MEDINA, C. C. Caracterização de agregados em um Latossolo Vermelho distroférico típico submetido a diferentes doses de vinhaça. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1255-1260, 2007.
- PENG, X.; ZHU, Q. H.; XIE, Z. B.; DARBOUX, F.; HOLDEN, N. M. "The impact of manure, straw and biochar amendments on aggregation and erosion in a hillslope Ultisol." **Catena**, v. 138, p. 30-37, 2016.
- PINHEIRO, E. F. M.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 77, p. 79-84, 2004.
- RASHID, M. I.; MUJAWAR, L. H.; SHAHZAD, T.; ALMEELBI, T.; ISMAIL, I. M.; OVES, M. Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. **Microbiological research**, v. 183, p. 26-41, 2016.
- RIBON, A. A.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; FERNANDES, K. L.; HERMÓGENES, V. T. L. Alterações na estabilidade de agregados de Latossolo e Argissolo

em função do manejo, na entrelinha da seringueira (*Hevea brasiliensis*). **Revista Árvore**, v. 38, p. 1065-1071, 2014.

ROZANE, D. E.; CENTURION, J. F.; ROMUALDO, L. M.; TANIGUCHI, C. A. K.; TRABUCO, M.; ALVES, A. U. Estoque de carbono e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho distrófico, sob diferentes manejos. **Bioscience Journal**, v. 26, p. 24-32, 2010.

SALTON, J. C.; SILVA, W. M.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C. Determinação da agregação do solo-metodologia em uso na Embrapa Agropecuária Oeste. **Embrapa Agropecuária Oeste-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2012.

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

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

THOMAZ, E. L. Influência da temperatura no diâmetro e na estabilidade de agregados em Chernossolo, Saskatchewan, Canadá. **Ciencia del Suelo**, v 29, p. 277-284, 2011.

VALADÃO, F. C. A.; MAAS, K. D. B.; WEBER, O. L. S.; JÚNIOR, D. D.; SILVA, T. J. Variação nos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2073-2082, 2011.

VERDENELLI, R. A.; LAMARQUE, A. L.; MERILES, J. M. Short-term effects of combined iprodione and vermicompost applications on soil microbial community structure. **Science of the Total Environment**, v. 414, p. 210-219, 2012.

VICENTE, T. F. S.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; OLIVEIRA, V. S.; OLIVEIRA, A. K. S.; SOUZA, A. M. P. L. Relações de atributos do solo e estabilidade de agregados em canaviais com e sem vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.1215–1222, 2012.

VOLIKOV, A. B.; KHOLODOV, V. A.; KULIKOVA, N. A.; PHILIPPOVA, O. I.; PONOMARENKO, A. S.; LASAREVA, E. V.; PARFYONOVA, A. M.; HATFIELD, K.; PERMINOVA, I. V. Silanized humic substances act as hydrophobic modifiers of soil

separates inducing formation of water-stable aggregates in soils. **Catena**, v. 137, p. 229-236, 2016.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P. Relações entre tamanho de sedimentos erodidos, velocidade da enxurrada, rugosidade superficial criada pelo preparo e tamanho de agregados em solo submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1459-1471, 2009.

VOLKOFF, B.; CESAR, V. R. S. Ferro nos Latossolos do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 85-92, 1977.

WANG, J.; YANG, W.; LI, Z.; CAI, C.; MA, R. Estimating the influence of related soil properties on macro- and micro-aggregate stability in ultisols of south-central China. **Catena**, v. 137, p. 545-553, 2016.

WANG, Y.; HU, N.; GE, T.; KUZYAKOV, Y.; WANG, Z.; LI, Z.; TANG, Z.; CHEN, Y.; WU, C.; LOU, Y. "Soil aggregation regulates distributions of carbon, microbial community and enzyme activities after 23-year manure amendment." **Applied Soil Ecology**, v. 111, p. 65-72, 2017.

WU, X.; CAI, C.; WANG, J.; WEI, Y.; WANG, S. Spatial variations of aggregate stability in relation to sesquioxides for zonal soils, South-central China. **Soil e Tillage Research**, v. 157, p. 11-22, 2016.

YAN, Y.; CHENG-HUA, L.; ZHONG-JIAN, P. Effect of greenhouse soil management on soil aggregation and organic matter in northeast China. **Catena**, v. 133, 412-419, 2015.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal American Society of Agronomy**. 28. p.337-35, 1936.

ZHANG, X.; WU, X.; ZHANG, S.; XING, Y.; WANG, R.; LIANG, W. Organic amendment effects on aggregate-associated organic C, microbial biomass C and glomalin in agricultural soils. **Catena**, v. 123, p. 188-194, 2014.

ZHANG, X.; XIN, X.; ZHU, A.; ZHANG, J.; YANG, W. Effects of tillage and residue managements on organic C accumulation and soil aggregation in a sandy loam soil of the North China Plain. **Catena**, v. 156, p. 176-183, 2017.

ZHAO, J.; CHEN, S.; HU, R.; Li, Y. Aggregate stability and size distribution of red soils under different land uses integrally regulated by soil organic matter, and iron and aluminum oxides. **Soil and Tillage Research**, v. 167, p. 73-79, 2017.

**CAPÍTULO 2. TEMPOS DE ARMAZENAMENTO E ESTABILIDADE DE
AGREGADOS DE SOLOS DO CERRADO**

TEMPOS DE ARMAZENAMENTO E ESTABILIDADE DE AGREGADOS DE SOLOS DO CERRADO

RESUMO

A estabilidade dos agregados do solo é um indicador sensível de seu estado de conservação. Os agregados são formados pela união de partículas primárias do solo que continuam unidas pela ação de agentes cimentantes. A determinação da estabilidade dos agregados muitas vezes pode ser demorada entre a coleta da amostra e a análise, logo, a agregação poderia ser modificada com o tempo de armazenamento. Sendo assim, objetivou-se com esse trabalho, avaliar a influência do tempo de armazenamento da amostra sobre a estabilidade dos agregados do solo. O experimento foi realizado no laboratório de Física dos Solos da Universidade do Estado da Bahia, Barreiras-BA. Para tanto foram amostradas cinco classes de solo, Argissolo Vermelho Amarelo, Cambissolo Háptico, Gleissolo Háptico, Latossolo Vermelho Amarelo e Neossolo Quartzarênico. Os solos foram armazenados durante oito meses, sendo analisados a cada dois meses. O método para determinação da estabilidade dos agregados foi o peneiramento em água no aparelho de Yoder. Concluiu-se que o tempo de armazenamento da amostra não influenciou na agregação do solo.

Palavras-chave: Agregação; conservação do solo; erosão; matéria orgânica.

ABSTRACT

The stability of soil aggregates is a sensitive indicator of their conservation status. The aggregates are formed by the union of primary particles of soil that remain united by the action of cementing agents. Determination of the stability of aggregates can often be delayed between sample collection and analysis, so aggregation could be modified with storage time. Therefore, the objective of this work was to evaluate the influence of sample storage time on the stability of soil aggregates. The experiment was carried out in the Laboratory of Soil Physics of State University of Bahia, Barreiras-BA. For this, five soil classes were sampled: Ultisols, Inceptisols, Entisols, Oxisols and Entisols (Quartzipsamments). The soils were stored for eight months and analyzed every two months. The method for determining the stability of aggregates was water sifting in the Yoder apparatus. It was concluded that storage time of sample not influence the aggregation of soil.

Keywords: aggregation; soil conservation; erosion; organic matter.

INTRODUÇÃO

A agregação do solo é uma das principais características físicas para se determinar o seu estado de conservação (XIAN-QING et al., 2013; CHAPLOT e COOPER, 2015; JIANG et al., 2017). Os agregados são formados a partir da união de partículas primárias do solo e por agentes cimentantes que permitem que essas partículas continuem unidas (OADES, 1984; SIX et al., 2004). Os agentes cimentantes podem ser de origem mineral (WANG et al., 2016; WU et al., 2016) ou orgânica (YAN et al., 2015; VOLIKOV et al., 2016). Muitas são as teorias que tentam explicar a formação dos agregados do solo. Six et al. (2004) em detalhada revisão faz um apanhado histórico sobre as tentativas de se explicar a dinâmica da agregação do solo e relata que os principais fatores de agregação e estabilização dos agregados foram identificados ainda no início dos anos 1900. Esses são a fauna do solo, microrganismos, raízes, agentes de ligação inorgânicos e variáveis ambientais.

A estabilidade dos agregados é um indicador sensível de diversas características físicas, químicas e biológicas do solo (BRONICK e LAL, 2005). Ela está diretamente relacionada com a aeração do solo (BARRAL et al., 1998; BRONICK e LAL, 2005), fator fundamental na difusão dos gases produzidos pelas raízes das plantas. O estado de agregação é determinante na resistência do solo à penetração das raízes e expansão do sistema radicular (BRONICK e LAL, 2005). O balanço de carbono depende da distribuição dos agregados no solo, visto que, esse ao se ligar em sítios formando microagregados se torna mais protegido da decomposição por microrganismos (CONG et al., 2017).

Diversos fatores podem modificar a estabilidade dos agregados. Nos ecossistemas agrícolas o tipo de cultura e o manejo do solo são os fatores mais importantes na conservação do estado de agregação do solo (ZHANG et al., 2017). Culturas perenes proporcionam maior agregação quando comparadas com culturas anuais (CHRENKOVÁ et al., 2014). Manejos que visem o revolvimento mínimo do solo também proporcionam maior agregação quando comparado com manejos que requerem revolvimento a cada ciclo da cultura (GARCIA-FRANCO et al., 2015). O manejo do solo e a cobertura vegetal tem maior impacto sobre os macroagregados, sendo esses reduzidos em manejos que revolvam o solo e culturas que proporcionam pouca cobertura do e pouca fixação de carbono (XIAN-QING et al., 2013).

As práticas como correção do solo e adubação também impactam os agregados de diversas formas. Normalmente práticas que melhoram a fertilidade e com acréscimo de

matéria orgânica contribuem com a agregação, principalmente com a formação de macroagregados, responsáveis pela proteção da matéria orgânica mais lábil do solo (BRONICK e LAL, 2005; CONG et al., 2017).

Diante da importância da estabilidade dos agregados para a sustentabilidade da produção de alimentos nos ecossistemas agrícolas, torna-se necessário um adequado monitoramento dessa variável. Em trabalhos de pesquisa sobre a agregação do solo com um número elevado de unidades experimentais, é comum que as amostras fiquem armazenadas durante um período de tempo relativamente longo até serem analisadas. Para fatores que contribuem com a agregação, como a proteína glomalina há relatos que a forma de armazenamento interfere no resultado meses após as análises (SOUSA et al., 2011). Logo levanta-se a hipótese de modificações na agregação do solo em função do tempo de armazenamento das amostras, visto que alguns fatores de agregação podem ser alterados com o passar do tempo. Sendo assim, objetivou-se avaliar a influência do tempo de armazenamento das amostras sobre a estabilidade dos agregados em cinco classes de solo sob diferentes manejos.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e condução do experimento

O experimento foi realizado no laboratório de Física dos Solos da Universidade do Estado da Bahia, Barreiras-BA. Para tanto foram amostradas cinco classes de solo sob diferentes manejos. Os solos estudados foram os que seguem com suas respectivas coordenadas. De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação do solo, as classes são: Argissolo Vermelho Amarelo (12°04'45,5" S e 46°08'06" W) cultivado com feijão (*Vigna unguiculata* L.) e milho (*Zea mays* L.) em consorcio há cinco anos, Cambissolo Háplico (12°08'65,5" S e 44°57'82,7" W) cultivado com pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) há 8 anos, Gleissolo Háplico (12 ° 27' 43,4" S e 45 ° 27' 49,2 W) sob formação florestal de Vereda conservada, Latossolo Vermelho Amarelo (12°16'41" S e 44°33'40," W) cultivado com pastagem de braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) há cinco anos e Neossolo Quartzarênico (12°10'97,5" S e 45°25'4,13" W) cultivado com algodão (*Gossypium hirsutum* L.). Os solos foram amostrados na camada de 0-10 cm, pois é a zona de maior atividade, logo é onde há maiores probabilidades de ocorrerem modificações com o tempo de

armazenamento. As características físicas e químicas dos solos estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultado das análises químicas e física na camada 0-10 cm dos solos estudados (PVA- Argissolo Vermelho Amarelo; CX- Cambissolo Háplico; GX- Gleissolo Háplico; LVA- Latossolo Vermelho Amarelo e RQ- Neossolos Quartzarênico).

Análise química		PVA	CX	GX	LVA	RQ
pH (H ₂ O)	-	6,4	7,00	4,30	4,64	5,60
Ca ²⁺ + Mg ²⁺	cmol _c /dm ³	5,79	5,13	0,30	0,99	1,95
Ca ²⁺	cmol _c /dm ³	3,55	3,84	0,17	0,79	1,39
Al ³⁺	cmol _c /dm ³	0,00	0,00	2,10	1,10	0,00
H + Al	cmol _c /dm ³	2,25	1,29	11,65	14,34	4,30
K ⁺	mg/dm ³	166,45	208,57	49,03	3,88	85,29
P (Mehlich)	mg/dm ³	4,33	7,06	1,49	12,68	44,10
C	dag/kg	1,17	1,35	3,38	1,03	0,71
M. O.	dag/kg	2,02	2,32	5,82	1,80	1,20
Frações Granulométricas						
Areia	(g.kg ⁻¹)	684,7	729,9	576,3	765,0	815,9
Silte	(g.kg ⁻¹)	127,0	114,1	170,1	90,0	139,2
Argila	(g.kg ⁻¹)	188,3	156,0	253,6	145,0	44,9

Em que: pH= Potencial hidrogeniônico; Ca²⁺= Cálcio; Mg²⁺= Magnésio; Al³⁺= Alumínio; H + Al = Acidez potencial; K⁺= Potássio; P= Fósforo; C= Carbono; MO= Matéria orgânica.

Em cada área foram amostrados quatro pontos, e em cada ponto cinco replicatas de amostras indeformadas de 500 cm³, utilizando-se cilindros metálicos. Esses foram envoltos em filme plástico e acondicionados em latas lacradas para serem enviados ao laboratório. No laboratório, os solos foram retirados dos cilindros e destorroados respeitando-se os pontos de fragilidade e descartando-se fragmentos de raízes e superfícies espelhadas. Quatro replicatas de cada área foram acondicionadas em sacos de plástico para serem armazenadas e uma foi analisada imediatamente. As amostras foram analisadas a cada dois meses durante oito meses, totalizando cinco tempos de armazenamento (Tempo zero, 2 meses, 4 meses, 6 meses e 8 meses). Para análise a amostra foi retirada do saco plástico e deixada para secar ao ar sobre bancada por 48 h. Após seca ao ar essa foi passada em peneira de 10 e 8 mm respectivamente, sendo utilizados os agregados que passaram na peneira de 10 mm e ficaram retidos na peneira de 8 mm. Dessa classe de agregados foi separada uma amostra de 50 g para ser tamizada em água e uma amostra de 20 g para determinação da umidade atual do solo no momento da análise.

As 50 g de agregados foram transferidas para um conjunto de peneiras no aparelho de Yoder e saturadas por atomização durante 10 minutos com água deionizada. Após a saturação, as amostras sobre a peneira de 2 mm sobreposta às peneiras de 1 mm; 0,5 mm; 0,250 mm e 0,106 mm foram submersas em lâmina de água de 3 cm de altura e submetidas a 30 ciclos de oscilação por minuto, durante 15 minutos, com curso de 3 cm. Transcorrido os 15 minutos o solo retido em cada peneira foi transferido para cápsula de alumínio com auxílio de um jato de água desferido com uma pisseta. Essas foram levadas a estufa de circulação de ar a 105 °C por 24 h para posterior pesagem visando a determinação da massa seca de cada classe de agregados.

Variáveis analisadas, delineamento experimental e análise estatística

As variáveis analisadas foram o percentual das classes de agregados > 2 mm; 2-1 mm, 1-0,5 mm; 0,5-0,250 mm; 0,250-0,106 mm e menores que 0,106 mm. Também foram avaliados o diâmetro médio ponderado (DMP) e o diâmetro médio geométrico (DMG), ambos expressos em mm, de acordo as equações descritas em Kemper e Rosenau (1986):

$$DMP = \sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i)$$

Em que: x_i = diâmetro médio das classes de agregados; w_i = proporção de cada classe em relação ao total.

$$DMP = \sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i)$$

Em que: w_p = peso dos agregados de cada classe em gramas; x_i = diâmetro médio das classes de agregados em gramas; w_i = proporção de cada classe de agregados em relação ao total.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x5, com quatro repetições, sendo o primeiro fator a classe de solo e o segundo fator o tempo de armazenamento. Os dados foram testados quanto à normalidade e submetidos a análise de variância e as fontes de variação significativas foram submetidas ao teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro, com auxílio do programa estatístico ASSISTAT 7.7 pt.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste F da ANOVA não se mostrou significativo para o fator tempo de armazenamento nem para interação entre os fatores, sendo significativo apenas para o fator solo ($p < 0,05$). Observa-se na Tabela 2 que há uma predominância na classe de agregados maiores que 2 mm com média de 86,92%. A classe menos representativa foi de agregados menores que 106 mm com média 1,73%. O diâmetro médio ponderado (DMP) foi de 7,89 mm e o diâmetro médio geométrico (DMG) foi de 6,03 mm. No geral os solos apresentaram boa agregação. O Gleissolo foi o que apresentou a maior quantidade de agregados maiores que 2 mm (96,31%) e o Neossolo o que apresentou os menores percentuais (77,56%) (Tabela

3). Esse resultado pode estar associado às quantidades de matéria orgânica em cada solo, visto que, o percentual de agregados maior que 2 mm foi decrescente do Gleissolo com maior quantidade de matéria orgânica até o Neossolo com a menor quantidade de matéria orgânica (Tabela 1).

Tabela 2 - Distribuição das classes de agregados do solo em função do tempo de armazenamento da amostra pelo método de peneiramento em água.

Tempo	>2 mm	2-1 mm	1-0,5 mm	0,5-0,25 mm	0,25-0,106 mm	<106 mm
0	87,57 a	1,50 a	2,03 a	3,64 a	3,63 a	1,62 a
2 Meses	86,09 a	2,12 a	2,17 a	4,14 a	3,88 a	1,99 a
4 Meses	87,54 a	2,03 a	2,14 a	3,28 a	3,24 a	1,76 a
6 Meses	85,62 a	2,05 a	2,83 a	3,95 a	3,87 a	1,67 a
8 Meses	87,80 a	1,31 a	1,75 a	3,70 a	3,83 a	1,61 a
n	20	20	20	20	20	20
Média	86,92	1,80	2,18	3,74	3,69	1,73
Cv (%)	8,05	36,17	30,84	25,82	26,76	36,36

n: número de dados para obtenção da média (4 repetições × 5 solos); Cv (%) - Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3 - Distribuição das classes de agregados dos solos pelo método de peneiramento em água (PVA- Argissolo Vermelho Amarelo; CX- Cambissolo Háplico; GX- Gleissolo Háplico; LVA- Latossolo Vermelho Amarelo e RQ- Neossolo Quartzarênico).

Solo	>2 mm	2-1 mm	1-0,5 mm	0,5-0,25 mm	0,25-0,106 mm	<106 mm
PVA	83,06 c	3,08 a	3,07 b	4,67 b	4,29 b	1,84 a
CX	91,17 b	0,71 b	1,24 c	3,13 b	2,31 c	1,45 a
GX	96,31 a	0,44 b	0,43 c	0,55 c	0,49 d	1,79 a
LVA	86,56 c	1,53 b	1,27 c	3,99 b	5,37 a	1,73 a
RQ	77,56 d	3,27 a	4,93 a	6,40 a	6,00 a	1,85 a
n	20	20	20	20	20	20
Cv (%)	8,05	36,17	30,84	25,82	26,73	36,36

n: número de dados para obtenção da média (4 repetições × 5 tempos de armazenamento); Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna estão enquadradas em um mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Cv (%) - Coeficiente de variação.

Observa-se na Figura 01 que houve uma alta correlação tanto para o DMP como para DMG e agregados > 2 mm com os teores de argila e carbono orgânico, o que pode explicar a maior agregação para o Gleissolo e a menor agregação para o Neossolo. Outros autores já relataram a relação positiva da argila com a agregação do solo (TAVARES FILHO et al., 2012; SILVA et al., 2014). Também é relatada a contribuição do carbono orgânico na agregação (ROZANE et al., 2010; VICENTE et al., 2012). Observa-se ainda na Figura 01 (a) e (b) que o DMP aumenta 0,0138 mm para cada aumento de 1% de argila ($R^2 = 0,7084$; $p < 0,07$) e 0,4851 mm para cada aumento de 1% no teor de C orgânico no solo ($R^2 = 0,7189$; $p < 0,06$). O DMG aumenta 0,0067 mm para cada aumento de 1% de argila ($R^2 = 0,7147$; $p < 0,07$) e 1,0535 mm para cada aumento de 1% no teor de C orgânico no solo ($R^2 = 0,8149$; $p < 0,03$) Figura 01 (c) e (d). Para o percentual de agregados > 2 mm, foi observado um aumento de 0,0797 % para cada aumento de 1% de argila ($R^2 = 0,7007$; $p < 0,07$) e 5,736 % para cada aumento de 1% no

teor de C orgânico no solo ($R^2=0,7099$; $p<0,07$) Figura 01 (e) e (f). Sendo assim, os altos coeficientes de correlação evidenciam a influência da argila e do carbono orgânico na agregação do solo.

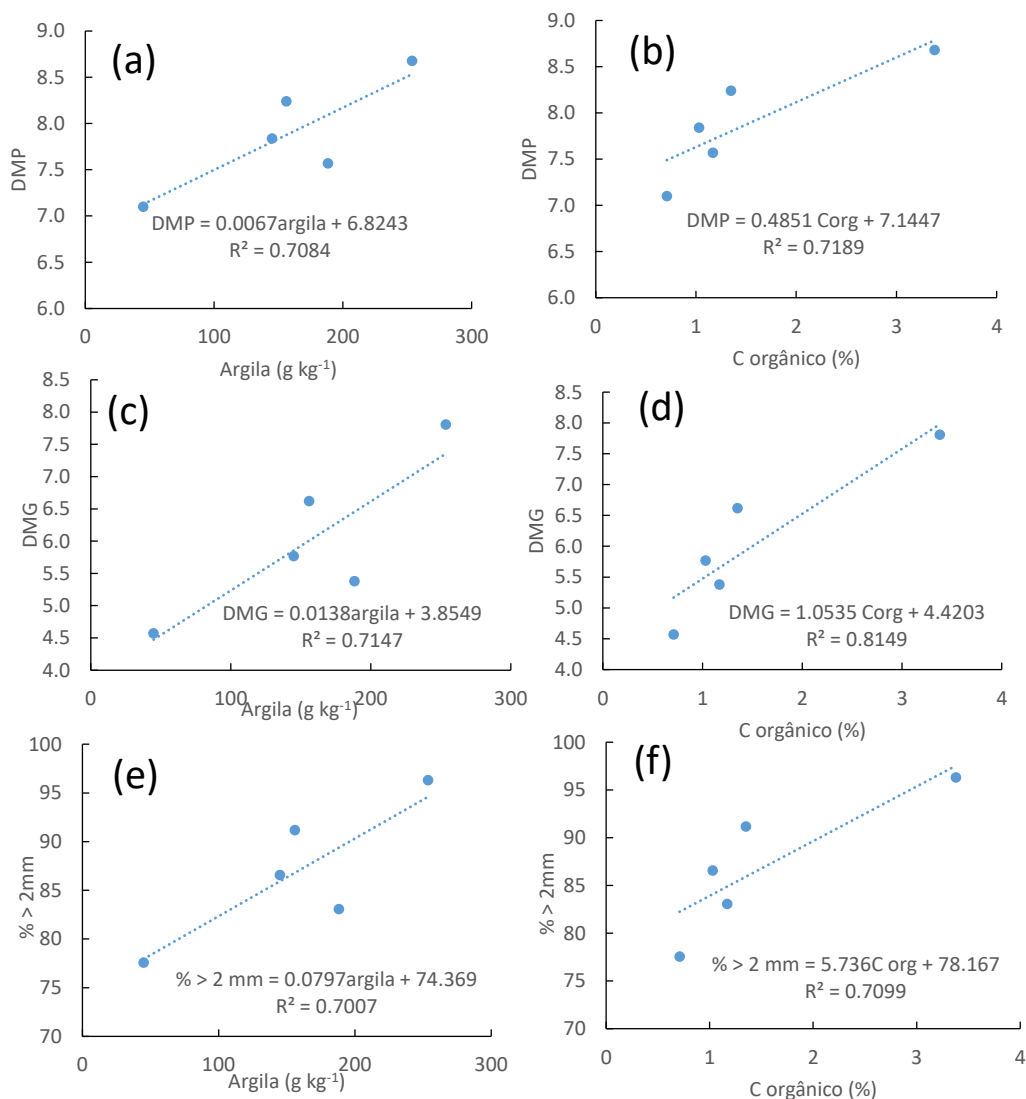


Figura 01 - Equações de regressão entre teores de argila e carbono orgânico para DMP (a, b); DMG (c, d) e Agregados > 2 mm (e, f).

Souza et al. (2003) trabalhando em um Gleissolo encontraram valores de agregados na classe > 2 mm variando de 64,74% em área cultivada com arroz à 81,91% em área preservada. Junqueira et al. (2010) relatam percentuais de agregados maiores que 2 mm de 84% em pasto e 73% em mata em um Neossolo Quartzarênico. Em Latossolos cultivados sob

pastagem foram observados percentuais de 34,80% (COSTA JUNIOR et al., 2012) e 49,03% (ALMEIDA et al., 2014). Para Argissolos sob lavoura de guandú (*Cajanus cajan*) seguido do plantio de milho (*Zea mays*) tem-se registros de 37,9% de agregados maiores que 2 mm (VEZZANI e MIELNICZUK, 2011). Filipini (2017) relatam valores de 88,50% de agregados maiores que 2 mm em Cambissolo cultivado com *Pinus taeda*.

Para os agregados entre 2 e 1 mm os solos que tiveram as maiores médias foram Argissolo (3,08 mm) e Neossolo (3,27 mm) e os demais não se diferenciaram. Para as classes de agregados entre 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm; 0,25-0,106 o Gleissolo apresentou sempre os menores percentuais e o Neossolo sempre os maiores. Para os agregados menores que 106 mm não houve diferença entre os solos estudados.

O diâmetro médio geométrico (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP) tiveram comportamento semelhante, não se diferenciando em função do tempo de armazenamento da amostra (Tabela 4).

Tabela 4 - Diâmetro médio ponderado (DMP) em milímetros e diâmetro médio geométrico (DMG) em milímetros em função do tempo de armazenamento da amostra pelo método de peneiramento em água.

Tempo	DMP	DMG
0	7,93 a	6,07 a
2 Meses	7,82 a	5,95 a
4 Meses	7,94 a	6,11 a
6 Meses	7,78 a	5,87 a
8 Meses	7,96 a	6,16 a
n	20	20
Média	7,89	6,03

Cv (%)	7,51	19,07
--------	------	-------

n: número de dados para obtenção da média (4 repetições × 5 solos); Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna estão enquadradas em um mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Cv (%) - Coeficiente de variação.

No entanto, em função da classe de solo houve diferença entre quase todas as classes estudadas (Tabela 5). O Gleissolo novamente foi o que apresentou o maior DMP e DMG, seguido do Cambissolo. O Argissolo e o Latossolo não se diferenciaram, diferenciando-se esses do Neossolo que apresentou os menores valores tanto para DMP como DMG (Tabela 5). Essas diferenças podem estar relacionadas com os teores de carbono orgânico e argila que tiveram alta correlação com o DMP e DMG (Tabela 6). Outro fator que pode ter contribuído com a agregação é o teor de alumínio que também teve alta correlação com o DMP e DMG bem como com agregados > 2 mm. Wu et al. (2016) também relataram a contribuição do alumínio na agregação do solo.

Tabela 5 - Diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) em cinco classes de solo (PVA- Argissolo Vermelho Amarelo; CX- Cambissolo Háptico; GX- Gleissolo Háptico; LVA- Latossolo Vermelho Amarelo e RQ- Neossolos Quartzarênico) pelo método de peneiramento em água.

Solo	DMP	DMG
PVA	7,57 c	5,38 c
CX	8,24 b	6,62 b
GX	8,68 a	7,81 a
LVA	7,84 c	5,77 c
RQ	7,10 d	4,57 d
n	20	20
Cv (%)	7,51	19,07

n: número de dados para obtenção da média (4 repetições × 5 tempos de armazenamento); Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna estão enquadradas em um mesmo grupo de acordo com o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Cv (%) - Coeficiente de variação.

Tabela 6 - Coeficientes de correlação de Pearson entre DMP, DMG, agregados maiores do que 2 mm e atributos dos solos.

Atributo dos Solos	Coeficientes de correlação de Pearson		
	DMP	DMG	Agregados >2 mm
DMP	1,00		
DMG	0,99	1,00	
>2mm	1,00	0,99	1,00
pH (H ₂ O)	-0,27	-0,31	-0,27
Ca ²⁺ + Mg ²⁺	-0,22	-0,27	-0,23
Ca ²⁺	-0,19	-0,24	-0,19
Al ³⁺	0,70	0,74	0,71
Al ³⁺ + H ⁺	0,35	0,34	0,36
K ⁺	-0,03	-0,06	-0,04
P (Mel)	-0,78	-0,74	-0,78
C	0,85	0,90	0,84
MO	0,85	0,90	0,85
Areia	-0,80	-0,84	-0,79
Silte	0,30	0,41	0,29
Argila	0,84	0,85	0,84

Além da parte física, temos também as influências da parte microbiológica, visto que os microrganismos do solo são de fundamental importância no processo de agregação e estabilização dos agregados (RASHID et al. 2016) e esses são muito sensíveis à produtos de controle fitossanitários de uso intenso na cultura do algodão em escala empresarial, principalmente fungicidas (VERDENELLI et al., 2012), e herbicidas (KUMAR et al., 2017). Sabe-se que a agregação do solo é altamente influenciada por fungos micorrízicos arbusculares (ZHANG et al., 2012) e que esses podem ser inibidos em função da tecnologia Bt (CHEN et al., 2016) utilizada nos algodoeiros cultivados no Neossolo estudado no presente trabalho.

CONCLUSÕES

O tempo de armazenamento da amostra não influenciou no resultado da análise de estabilidade dos agregados pelo método de peneiramento em água.

A estabilidade de agregados é influenciada pelos teores de argila e do carbono orgânico.

REFERÊNCIAS

- ABRÃO, S. F.; ROSA, S. F.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; EBLING, Â. A. Agregação de um Cambissolo húmico em povoamentos de *Pinus taeda* L. com diferentes rotações. **Ciência Florestal**. v. 27, n. 2, 2017.
- ALMEIDA, R. F.; MACHADO, H. A.; MARTINS, F. P.; QUEIROZ, I. D.S.; TEIXEIRA, W. G.; MIKHAEL, J. E. R.; BORGES, E. N. Correlação do tamanho e da distribuição dos agregados em latossolos amarelo da região do Triângulo Mineiro com diferentes ambientes. **Bioscience Journal**. v. 30, n. 5, 1325-1334, 2014.
- BARRAL, M. T.; ARIAS, M.; GUERIF, J. Effects of iron and organic matter on the porosity and structural stability of soil aggregates. **Soil and Tillage Research**. v. 46, n. 3, p. 261-272, 1998.
- BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**. v. 124, n. 1, p. 3-22, 2005.

- CHAPLOT, V.; COOPER, M. Soil aggregate stability to predict organic carbon outputs from soils. **Geoderma**. v. 243, p. 205-213, 2015.
- CHEN, X. H.; WANG, F. L.; ZHANG, R.; JI, L. L.; YANG, Z. L.; LIN, H.; ZHAO, B. Evidences of inhibited arbuscular mycorrhizal fungal development and colonization in multiple lines of Bt cotton. **Agriculture, Ecosystems e Environment**. v. 230, p. 169-176, 2016.
- CHRENKOVÁ, K.; MATAIX-SOLERA, J.; DLAPA, P.; ARCENEGUI, V. Long-term changes in soil aggregation comparing forest and agricultural land use in different Mediterranean soil types. **Geoderma**. v. 235, p. 290-299, 2014.
- CONG, P.; OUYANG, Z.; HOU, R.; HAN, D. Effects of application of microbial fertilizer on aggregation and aggregate-associated carbon in saline soils. **Soil and Tillage Research**. v. 168, p. 33-41, 2017.
- COSTA JUNIOR, C.; PÍCCOLO, M. D. C.; SIQUEIRA NETO, M.; CAMARGO, P. B. D.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no Bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 36, n. 4, 2012.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos (1997).
- GARCIA-FRANCO, N.; ALBALADEJO, J.; ALMAGRO, M.; MARTÍNEZ-MENA, M. Beneficial effects of reduced tillage and green manure on soil aggregation and stabilization of organic carbon in a Mediterranean agroecosystem. **Soil and Tillage Research**. v. 153, p. 66-75, 2015.
- JIANG, M.; WANG, X.; LIUSUI, Y.; HAN, C.; ZHAO, C.; LIU, H. Variation of soil aggregation and intra-aggregate carbon by long-term fertilization with aggregate formation in a grey desert soil. **Catena**. v. 149, p. 437-445, 2017.
- JUNQUEIRA, K. R.; CORRECHEL, V.; CUSTÓDIO FILHO, R. D. O.; SANTOS, F. C. V. D.; JUNQUEIRA, M. D. F. R. Estabilidade de agregados de um Neossolo Quartzarênico sob pastagem e mata em Baliza-GO. **Enciclopédia Biosfera**. v. 6, n. 10, p. 1-7, 2010.
- KEMPER, W. D.; ROSENAU R. C. "Aggregate stability and size distribution." 1986; 425-442.

KUMAR, U.; BERLINER, J.; ADAK, T.; RATH, P. C.; DEY, A.; POKHARE, S. S.; MOHAPATRA, S. D. Non-target effect of continuous application of chlorpyrifos on soil microbes, nematodes and its persistence under sub-humid tropical rice-rice cropping system. **Ecotoxicology and environmental safety**. v. 135, p. 225-235, 2017.

OADES, J. M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. In: **Biological Processes and Soil Fertility**. v. 76 n. 3, p. 319-337, 1984.

RASHID, M. I.; MUJAWAR, L. H.; SHAHZAD, T.; ALMEELBI, T.; ISMAIL, I. M.; OVES, M. Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils. **Microbiological research**. v. 183, p. 26-41, 2016.

ROZANE, D. E.; CENTURION, J. F.; ROMUALDO, L. M.; TANIGUCHI, C. A. K.; TRABUCO, M.; ALVES, A. U. Estoque de carbono e estabilidade de agregados de um Latossolo vermelho distrófico, sob diferentes manejos. **Bioscience Journal**. v. 26, n. 1, 2010.

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

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 and Tillage Research**. v. 79, n. 1, p. 7-31, 2004.

SOUSA, C. D. S.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; LIMA, F. D. S. Influências da temperatura de armazenamento e de extratores na determinação de glomalina em solos Paraibanos. **Revista Ciência Agronômica**. v. 42, n. 4, p. 837-841, 2011.

SOUSA, R. O.; PAULETTO, E.; BORGES, J.; GOMES, A.; SILVA, J.; LEITZKE, V. Agregação de um Gleissolo submetido a sistemas de cultivo e culturas. **Current Agricultural Science and Technology**. v. 9, n. 4, 2003.

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**. v. 47, n. 3, p. 436-441, 2012.

VERDENELLI, R. A.; LAMARQUE, A. L.; MERILES, J. M. Short-term effects of combined iprodione and vermicompost applications on soil microbial community structure. **Science of the Total Environment**. v. 414, p. 210-219, 2012.

- 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**. v. 35, n. 1, 2011.
- VICENTE, T. D. S.; PEDROSA, E. M.; ROLIM, M. M.; OLIVEIRA, V. S.; OLIVEIRA, A. K. S.; SOUZA, A. M. P. L. Relações de atributos do solo e estabilidade de agregados em canaviais com e sem vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 16, p. 1215-1222, 2012.
- VOLIKOV, A. B.; KHOLODOV, V. A.; KULIKOVA, N. A.; PHILIPPOVA, O. I.; PONOMARENKO, S. A.; LASAREVA, E. V.; PERMINOVA, I. V. Silanized humic substances act as hydrophobic modifiers of soil separates inducing formation of water-stable aggregates in soils. **Catena**. v. 137, p. 229-236, 2016.
- WANG, J. G.; YANG, W.; YU, B.; LI, Z. X.; CAI, C. F.; MA, R. M. Estimating the influence of related soil properties on macro-and micro-aggregate stability in ultisols of south-central China. **Catena**. v. 137, p. 545-553, 2016.
- WU, X.; CAI, C.; WANG, J.; WEI, Y.; WANG, S. Spatial variations of aggregate stability in relation to sesquioxides for zonal soils, South-central China. **Soil and Tillage Research**. v. 157, p. 11-22, 2016.
- XIAN-QING, H. O. U.; RONG, L. I.; ZHI-KUAN, J. I. A.; QING-FANG, H. A. N. Effect of rotational tillage on soil aggregates, organic carbon and nitrogen in the Loess Plateau area of China. **Pedosphere**. v. 23, n. 4, p. 542-548, 2013.
- YAN, Y.; CHENG-HUA, L.; ZHONG-JIAN, P. Effect of greenhouse soil management on soil aggregation and organic matter in northeast China. **Catena**. v. 133, p. 412-419, 2015.
- YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal American Society of Agronomy**. 28. p.337-35, 1936.
- ZHANG, S.; LI, Q.; ZHANG, X.; WEI, K.; CHEN, L.; LIANG, W. Effects of conservation tillage on soil aggregation and aggregate binding agents in black soil of Northeast China. **Soil and Tillage Research**. v. 124, p. 196-202, 2012.

ZHANG, X.; XIN, X.; ZHU, A.; ZHANG, J.; YANG, W. Effects of tillage and residue managements on organic C accumulation and soil aggregation in a sandy loam soil of the North China Plain. **Catena**. v. 156, p. 176-183, 2017.

**CAPÍTULO 3. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE A AGREGAÇÃO DO
SOLO AVALIADA POR DOIS MÉTODOS**

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE A AGREGAÇÃO DO SOLO AVALIADA POR DOIS MÉTODOS

RESUMO

As queimadas elevam a temperatura da superfície do solo podendo reduzir a sua agregação. Sendo assim objetivou-se avaliar a influência da temperatura sobre a agregação do solo em diferentes manejos pelo método de peneiramento em água e a seco. O experimento foi conduzido no laboratório de Física dos Solos da Universidade do Estado da Bahia (UNEB). O solo caracterizado como Latossolo Vermelho Amarelo foi coletado em uma área de plantio de soja em sistema de plantio direto e em uma área de cerrado preservado (Cerradão), vizinha à área cultivada com soja. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2x6, com quatro repetições, sendo o primeiro fator o manejo do solo (sistema plantio direto de soja e cerrado preservado), o segundo fator o método (peneiramento em água e a seco) e o terceiro fator a variação das temperaturas (27° C, 150° C, 250° C, 350° C, 450° C, 550° C) aplicada ao solo. As variáveis analisadas foram o percentual das classes de agregados > 2 mm; 2-1 mm, 1-0,5 mm; 0,5-0,250 mm; 0,250-0,106 mm e menores que 0,106 mm. Também foram avaliados o diâmetro médio ponderado (DMP) e o diâmetro médio geométrico (DMG) de agregados. A exposição dos solos a altas temperaturas reduziu a sua agregação e essa redução foi mais perceptível pelo método de peneiramento a seco. O monocultivo da soja, mesmo em sistema plantio direto, reduziu a estabilidade dos agregados quando comparado à vegetação de cerrado preservado.

Palavras-chave: queimadas; agregados; manejo; conservação do solo.

ABSTRACT

The fires raise the soil surface temperature and may reduce its aggregation. The objective of this study was to evaluate the influence of soil temperature on its aggregation from different soil management by water and dry sieving method. The experiment was conducted at the soil physics laboratory of the State University of Bahia (UNEB). The soil characterized as Oxisol was collected in a soybean plantation area under a no-tillage system and in a preserved cerrado area (Cerradão), close to the soybean area. The experimental design was completely randomized in a 2x2x6 factorial scheme, with four replications. The first factor was soil management (no-tillage soybean and preserved cerrado), the second factor was the method (water and dry sieving) and the third factor was the temperature range (27 ° C, 150 ° C, 250 ° C, 350 ° C, 450 ° C, 550 ° C). The variables analyzed were the percentage of aggregate for classes > 2 mm; 2-1 mm, 1-0,5 mm; 0.5-0,250 mm; 0,250-0,106 mm and less than 0,106 mm. Weighted mean diameter (WMD) and geometric mean diameter (DMG) were also evaluated. The exposure of the soils to high temperatures reduced their aggregation and this reduction was more noticeable by the dry sieving method. Soil monoculture, even under no-tillage system, reduced the stability of the aggregates when compared to the preserved cerrado vegetation.

Keywords: burned; aggregates; management; soil conservation.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de cultivo proporcionam mudanças significativas em diversas propriedades do solo, sejam elas físicas (ZHANG et al., 2017), químicas (AGEGNEHU e AMEDE, 2017) ou biológicas (LÖBMANN et al., 2016) em relação aos sistemas em equilíbrio. Essas mudanças podem ser benéficas ou prejudiciais à qualidade do solo. Um sistema amplamente difundido e aprovado em solos das regiões tropicais é o sistema plantio direto (SPD), principalmente em solos arenosos de baixa agregação. No entanto esse deve ser combinado a outras técnicas de conservação do solo (DIDONÉ et al., 2017). Esse sistema baseia-se nos princípios de rotação de culturas, cobertura do solo e não revolvimento do solo.

Contrastando com os princípios do SPD, ainda é realizado no Brasil sistemas de cultivo que utilizam o fogo como prática de manejo para controle de plantas daninhas e pragas diversas. Nesse contexto, o efeito da temperatura sobre as propriedades do solo tem se tornado cada vez mais assunto de pesquisas em diversas áreas do conhecimento científico (BENTO-GONÇALVES et al., 2012). Estima-se que em torno de 30 % da superfície terrestre sofra com queimadas sazonais de diversas intensidades e duração (CHUVIECO et al., 2008). Os principais agentes responsáveis pelo fogo são o homem e os relâmpagos (PINEDA et al., 2014). O horário e o tipo de vegetação também influenciam na ocorrência e duração dos incêndios (MÜLLER e VACIK, 2017), e a cada dia técnicas mais avançadas são utilizadas no monitoramento desses fenômenos de ordem natural ou antrópica (LOPES e MACHADO, 2017).

O fogo ao aquecer a superfície do solo provoca modificações em suas propriedades químicas (ALCAÑIZ et al., 2016), físicas e biológicas (MATAIX-SOLERA et al., 2011). Chen et al. (2016) relatam que temperaturas superiores a 100 °C, a depender do tempo de duração, podem provocar redução da matéria orgânica, alterações em argilas e diminuir a capacidade de saturação do solo. A agregação do solo também pode ser afetada de formas diversas pelo aquecimento, podendo ocorrer redução na estabilidade dos agregados em solos que foram submetidos à queimadas (THOMAZ, 2011; CHEN e SHRESTHA., 2012). Alguns autores preferem estudar o efeito da temperatura sobre características do solo em laboratório, para se evitar variações que possam ocorrer no ambiente. Badía-Villas et al. (2014) observaram em experimento conduzido em laboratório que as altas temperaturas reduziram o

grau de repelência do solo à água e a estabilidade de agregados, e provocou modificações na matéria orgânica do solo.

Contrapondo os trabalhos citados anteriormente, há relatos de aumento significativo na estabilidade dos agregados submetidos à altas temperaturas. Thomaz (2017) observou aumento significativo na estabilidade dos agregados do solo, principalmente nos macroagregados (>2 mm), e ressalta ainda a importância do método empregado na análise para se detectar diferenças entre os sistemas com e sem a utilização de fogo. Thomaz (2011) afirma que o método de peneiramento em água é mais eficiente em detectar o efeito do fogo sobre o solo.

Muitos são os métodos para se determinar o estado de agregação do solo e entre os mais simples e mais utilizados, destaca-se o peneiramento, que pode ser tanto a seco quanto em água. No peneiramento em água, a amostra sobre peneiras de diâmetro de malha decrescente é submetida a ciclos oscilatórios verticais em água. Já no peneiramento via seco a amostra sobre peneiras semelhantes à do método em água é agitada com agitador eletromecânico que promove trepidações de diversas intensidades (SALTON et al., 2012). Diante do discutido, objetivou-se com esse trabalho avaliar a influência da temperatura sobre a agregação do solo cultivado em sistema plantio direto e sob cerrado nativo pelo método de peneiramento em água e a seco.

MATERIAL E MÉTODOS

Condução do experimento

O experimento foi conduzido no laboratório de Física dos Solos da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) Barreiras-BA. De acordo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), o solo da área em estudo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo de textura média (Tabela 1) e foi coletado em uma área de plantio de soja em sistema de plantio direto (SPD) e em uma área de cerrado preservado, vizinha à área cultivada com soja sendo que nenhuma das duas áreas sofreram com incêndios nos últimos dez anos. A área cultivada com soja foi aberta há 30 anos e se iniciou com plantio convencional com correção do solo e adubação fosfatada. Há 13 anos é cultivada com soja em sistema de plantio direto sem rotação de culturas, com pousio durante o período sem chuvas que dura de abril a setembro de cada ano.

Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2x6, com quatro repetições, totalizando 96 amostras, sendo o primeiro fator o manejo do solo (sistema plantio direto de soja e cerrado preservado), o segundo fator o método (peneiramento em água e a seco) e o terceiro fator a variação das temperaturas (27° C, 150° C, 250° C, 350° C, 450° C, 550° C).

Coleta e caracterização dos solos

O solo tanto na área cultivada com soja quanto na área de cerrado preservado foi coletado na camada de 0-0,20 m. Em cada área foram amostrados quatro pontos aleatoriamente com 20 m de distância entre eles com auxílio de cilindro metálico com capacidade de 1000 cm³ (0,1274 m de altura e 0,10 m de diâmetro). Para coleta das amostras preservadas, o solo foi umedecido para que houvesse a menor perturbação possível de sua estrutura. Após a infiltração completa da água os cilindros foram cravados no solo e em seguida escavados em sua lateral para serem retirados sem a perturbação das amostras. Em seguida esses foram envoltos em filme plástico, acondicionados em latas lacradas e enviadas para o laboratório de Física dos Solos da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) para realização das análises.

Processamento das amostras

No laboratório as amostras foram secas ao ar ainda dentro dos cilindros por 48 h para facilitar o destorroamento e retirada dos cilindros. Após esse tempo as amostras eram cuidadosamente destorroadas, rompendo manualmente os agregados em seus pontos de fragilidade e postas para secar ao ar por 48 h para se realizar a separação de fragmentos de raízes e superfícies espelhadas provocadas pelo corte com o cilindro. Depois de destorroadas, passadas em peneira de malha de 2 mm e secas ao ar foi retirada uma alíquota da amostra para caracterização física e química (EMBRAPA, 1997) (Tabela 1). A outra parte da amostra foi passada em peneiras de malha de 10 e 8 mm respectivamente, sendo selecionados para análise os agregados que passaram na peneira de 10 mm e ficaram retidos na de 8 mm. Dos agregados

selecionados foram retiradas amostras de 50 g para serem submetidas aos tratamentos de variação de temperatura e 20 g para determinação da umidade gravimétrica (EMBRAPA, 1997).

TABELA 1. Características químicas e físicas de um Latossolo Vermelho Amarelo agricultado e sob cerrado preservado na região Oeste da Bahia, Brasil.

Análise química		Soja	Cerrado
pH (H ₂ O)	-	6,7	4,6
Ca ²⁺ + Mg ²⁺	cmol _c dm ⁻³	5,67	1,39
Ca ²⁺	cmol _c dm ⁻³	4,00	0,88
Al ³⁺	cmol _c dm ⁻³	0,00	0,54
H + Al	cmol _c dm ⁻³	2,47	5,99
K ⁺	mg/dm ³	143,21	56,00
P (Mehlich)	mg/dm ³	37,33	0,85
C	dag/kg	1,53	1,41
M. O.	dag/kg	2,63	2,43
Saturação por Al	%	0,00	26,16
Frações Granulométricas			
Areia	g kg ⁻¹	750,9	741,4
Silte	g kg ⁻¹	26,1	27,1
Argila	g kg ⁻¹	223,0	231,5

Em que: pH= Potencial hidrogeniônico; Ca²⁺= Cálcio; Mg²⁺= Magnésio; Al³⁺= Alumínio; H + Al = Acidez potencial; K⁺= Potássio; P= Fósforo; C= Carbono.

Aplicação dos tratamentos e análise das amostras

Os agregados selecionados foram transferidos para placas de Petri com 15 cm de diâmetro para evitar a sobreposição dos mesmos, permitindo assim que todos recebessem a mesma intensidade de energia térmica. O aquecimento foi realizado em um forno Mulfla durante 10 min às temperaturas de 150° C, 250° C, 350° C, 450° C, 550° C com marcha de aquecimento de 15 °C por minuto e uma amostra mantida à temperatura ambiente (25° C) foi usada como testemunha. Após aplicação dos tratamentos, as amostras ficaram em repouso por 24 h para a avaliação da estabilidade dos agregados por peneiramento em água e a seco.

Peneiramento em água e a seco

Amostras de 50 g de solo, após serem aquecidas, foram transferidas para um conjunto de peneiras do aparelho de Yoder e saturadas lentamente durante 10 min com auxílio de um atomizador com água deionizada. Após a saturação, as amostras sobre a peneira de 2 mm sobreposta às peneiras de 1 mm; 0,5 mm; 0,250 mm e 0,106 mm foram submersas em lâmina de água de 3 cm de altura e tamisadas verticalmente por 15 min para separação das classes de agregados. O aparelho utilizado oscilava na frequência de 30 ciclos por minuto com curso de 3 cm. Esse era composto por quatro conjuntos de peneiras de 0,145 m de diâmetro e 0,04 m de altura. Transcorrido os 15 minutos os agregados retidos em cada peneira foram transferidos para cápsula de alumínio com auxílio de um jato de água desferido com um frasco pisseta. Essas foram levadas a estufa de circulação de ar a 105 °C por 24 h para posterior pesagem visando a determinação da massa seca de cada classe de agregados.

Para o peneiramento a seco as amostras foram transferidas para um conjunto de peneiras com as mesmas malhas descritas no procedimento anterior. As amostras foram processadas por 15 minutos e em seguida retirou-se os agregados retidos em cada peneira para pesagem.

Variáveis analisadas e análise estatística

As variáveis analisadas foram o percentual das classes de agregados > 2 mm; 2-1 mm, 1-0,5 mm; 0,5-0,250 mm; 0,250-0,106 mm e menores que 0,106 mm. Também foram

avaliados o diâmetro médio ponderado (DMP) e o diâmetro médio geométrico (DMG) de acordo as equações descritas em Kemper e Rosenau (1986):

$$DMP = \sum_{i=1}^n (xi \cdot wi)$$

Onde xi = diâmetro médio das classes de agregados em milímetros; wi = proporção de cada classe em relação ao total.

$$DMG = \left(\exp \sum_{i=1}^n (wp \cdot \log xi) \right) / \left(\sum_{i=1}^n wi \right)$$

Onde wp = peso dos agregados de cada classe, em gramas; xi = diâmetro médio das classes de agregados, em milímetros; wi = proporção de cada classe de agregados em relação ao total.

Visando atender os pressupostos da análise de variância (ANOVA), os dados foram testados quanto à normalidade para se realizar a análise. As fontes de variação significativas pelo teste F a 5% de probabilidade de erro foram submetidas ao teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro, com auxílio do programa estatístico ASSISTAT 7.7 pt. Foram ajustadas regressões para a variável temperatura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste F da ANOVA indicou interação entre todos os fatores ($p < 0,01$ e coeficiente de variação de 7,46%), logo, para os fatores qualitativos (manejo do solo e método de peneiramento) foi aplicado o teste de agrupamento de dados de Scott-Knott ($p < 0,05$) e para as variáveis quantitativas (variação de temperatura) foram ajustadas regressões.

O percentual de agregados maiores que 2 mm no solo sob cerrado apresentou as maiores médias tanto para o método de peneiramento em água quanto para o método de peneiramento a seco (Tabela 2), o que era esperado pois a vegetação perene proporciona maior agregação quando comparadas com culturas anuais (CHRENKOVÁ et al., 2014). O método de peneiramento a seco se mostrou mais sensível em indicar diferenças entre os

sistemas, visto que a diferença entre os sistemas para esse método foi de 47,86%, enquanto que no método de peneiramento em água foi de 17,28% o que difere de Thomaz (2011) que afirma que o método de peneiramento em água é mais eficiente em detectar o efeito do fogo sobre a agregação do solo. Provavelmente o método via seca tenha apresentado maiores diferenças pelo fato de temperaturas elevadas provocarem acréscimo no grau de repelência dos agregados à água (BADÍA-VILLAS et al., 2014), tornando esses menos suscetíveis à desagregação pela água.

As demais classes de agregados até 0,25 mm tiveram o mesmo comportamento que os agregados maiores que 2 mm no método de peneiramento a seco. No entanto, no método de peneiramento em água, as demais classes de agregados foram sempre superiores no solo cultivado, com exceção dos agregados menores que 0,106 mm que não se diferenciaram com a utilização desse método. Para o método de peneiramento a seco, todas as classes inferiores a 0,25 mm foram superiores no solo sob cerrado, devido à quebra maior dos agregados > 2 mm.

TABELA 2. Distribuição das classes de agregados em função do manejo do solo (Cerrado e sistema plantio direto de soja) e do método utilizado (Peneiramento em água e peneiramento a seco).

% > 2 mm		
Manejo	Pen. em Água	Pen. a Seco
Cerrado	90,71 aA	14,04 aB
Soja	75,03 bA	7,32 bB
2-1 mm		
Manejo	Pen. em Água	Pen. a Seco
Cerrado	0,99 bB	2,78 aA
Soja	4,85 aA	1,09 bB

1-0,5 mm		
Manejo	Pen. em Água	Pen. a Seco
Cerrado	1,32 bB	15,56 aA
Soja	6,81 aB	8,72 bA
0,5-0,25 mm		
Manejo	Pen. em Água	Pen. a Seco
Cerrado	1,94 bB	25,96 bA
Soja	6,76 aB	27,42 aA
0,25-0,106 mm		
Manejo	Pen. em Água	Pen. a Seco
Cerrado	1,51 aB	34,03 bA
Soja	3,44 aB	42,02 aA
<0,106 mm		
Manejo	Pen. em Água	Pen. a Seco
Cerrado	3,49 aB	7,59 bA
Soja	3,07 aB	13,49 aA

Médias seguidas pela mesma letra em cada classe de agregado, minúscula na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste F a 5 % de probabilidade de erro.

Na Figura 1 estão apresentadas as tendências da variável agregados maiores que 2 mm em função da temperatura para o solo sob cerrado e cultivado com soja. Os solos apresentaram comportamentos distintos, sendo que para o solo de cerrado a temperatura

provocou redução no percentual de agregados maiores que 2 mm. Já para o solo cultivado, a temperatura elevou esses percentuais até certo ponto (Figura 1). Thomaz (2017) também relata acréscimo significativo na estabilidade dos agregados em solos submetidos a queimadas, principalmente na classe maior que 2 e 4 mm. Alcañiz et al. (2016) observaram alterações nas propriedades químicas do solo em áreas imediatamente após queimadas, com elevação significativa dos níveis de Ca^{2+} . Bronick e Lal (2005) em revisão sobre estrutura do solo citam que agregados contendo Ca^{2+} são mais resistentes à hidratação, o que pode justificar o acréscimo na estabilidade dos agregados para o solo cultivado.

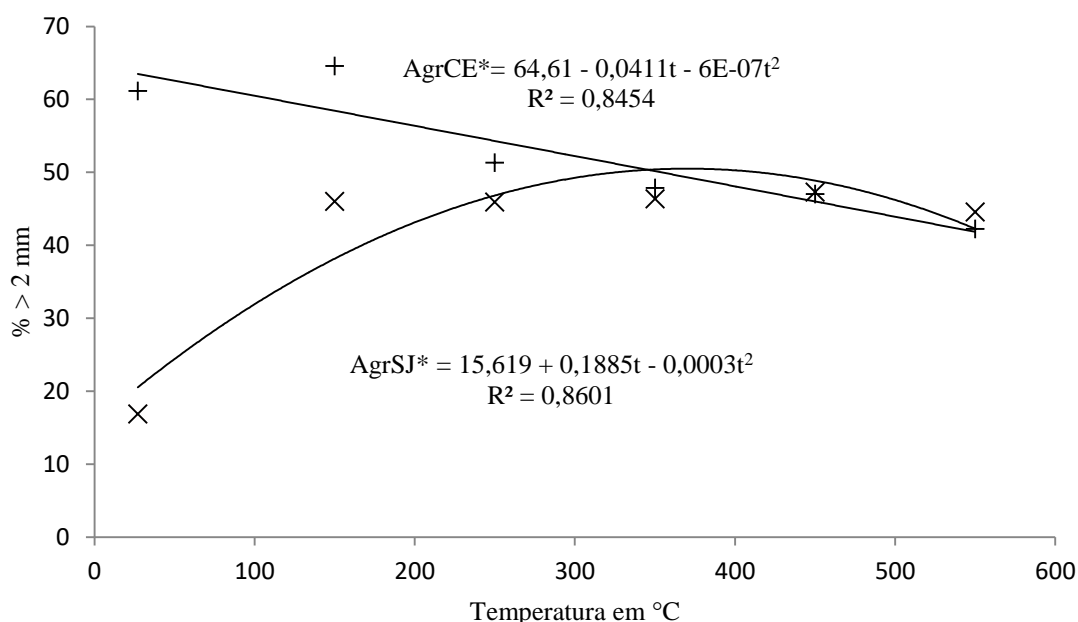


FIGURA 1. Percentual de agregados maiores que 2 mm em função da variação da temperatura de aquecimento em forno Mulfla em dois solos (+ = Solo sob cerrado preservado; X = Solo cultivado com soja), t= Temperatura; AgrCE = Agregados em solo sob cerrado; AgrSJ = Agregados em solo cultivado com soja; *= Significativo ($p < 0,05$). As regressões foram feitas com os dados médios dos agregados a seco e em água.

Normalmente solos sob vegetação perene tem maior atividade biológica e os agregados são estabilizados por compostos orgânicos excretados por sua fauna. Esses são chamados de biogênicos, são mais estáveis em água e com maior teor de carbono (SILVA NETO et al., 2010). Chen et al. (2016) relatam que temperaturas superiores a 100 °C a

dependem do tempo de duração já podem provocar redução da matéria orgânica e alterações em argilas. Sendo assim por predominar na área de cerrado agregados biogênicos esses podem ter sido mais prejudicados pela temperatura que os agregados da área de soja onde predominam agregados pedogênicos. Segundo Campo et al. (2014) solos em que a matéria orgânica é o principal agente estabilizador dos agregados, são muito propensos à desagregação em função da temperatura.

Provavelmente no solo sob cerrado o principal agente de agregação era a matéria orgânica visto que o percentual de agregados começa a diminuir a partir dos 200 °C, temperatura na qual se inicia a combustão de compostos orgânicos (MATAIX-SOLERA et al., 2011).

Observa-se na Figura 2 que o método de peneiramento em água indicou acréscimo, até certo ponto, dos agregados maiores que 2 mm com a elevação da temperatura, tendo o seu ponto de máxima na temperatura de 417,83 °C. Já o método de peneiramento a seco, indicou sempre o decréscimo da quantidade de agregados com a elevação da temperatura, sendo esse mais indicado para se detectar interferências da temperatura sobre a estabilidade dos agregados do solo. Provavelmente, a menor desagregação no método de peneiramento em água está relacionada com o grau de repelência à água que se eleva com a elevação da temperatura (CAMPO et al., 2014).

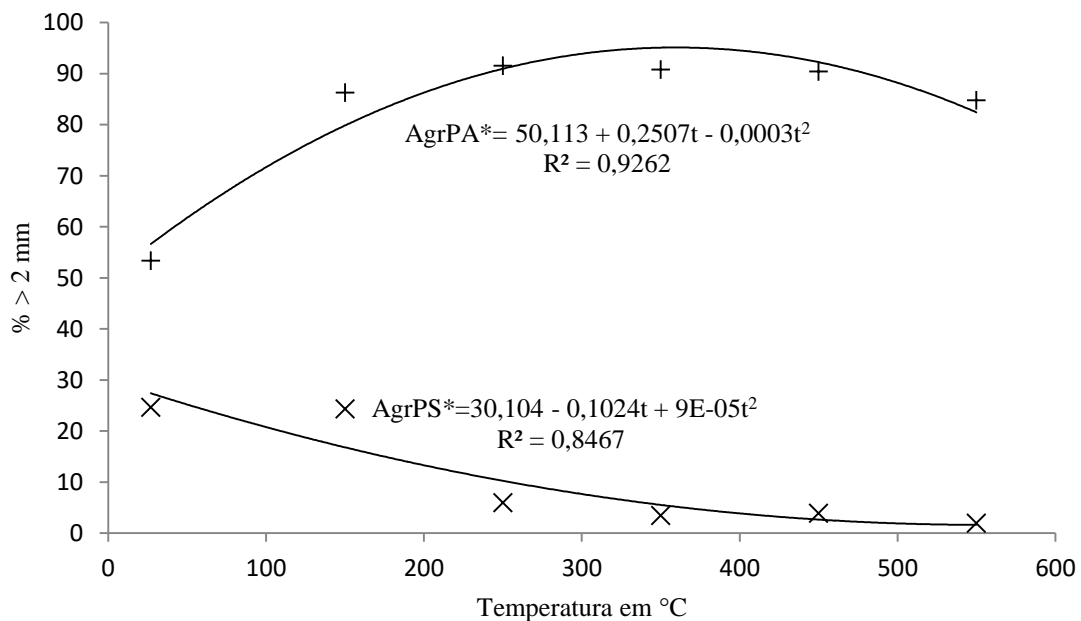


FIGURA 2. Percentual de agregados maiores que 2 mm em função da variação da temperatura de aquecimento em forno Mulfla e do método empregado (+= Peneiramento em água; X = Peneiramento a seco), t= Temperatura; AgrPA= Agregados peneirados em água; AgrPS= Agregados Peneirados a seco; *= Significativo (p<0,05).

A estabilidade em água dos agregados maiores que 2 mm nos solos estudados pode estar relacionada com os teores de CaCO₃, visto que esse reduz em temperaturas próximas de 500 °C (MATAIX-SOLERA et al. 2011), e a redução dos agregados no peneiramento em água iniciou-se na temperatura de 417,83 °C.

Observa-se na Tabela 3 que o solo sob cerrado foi superior para as variáveis diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) independente do método utilizado, e que o método de peneiramento a seco detectou diferenças mais expressivas da ação da temperatura sobre a agregação do solo.

TABELA 3. Diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) em função do manejo do solo (Cerrado e sistema plantio direto de soja) e do método utilizado (Peneiramento em água e peneiramento a seco).

DMP		
Manejo	Pen. em Água	Pen. a Seco
Cerrado	8,20 aA	1,57 aB
Soja	6,90 bA	0,90 bB
DMG		
Manejo	Pen. em Água	Pen. a Seco
Cerrado	6,45 aA	0,48 aB
Soja	5,22 bA	0,29 aB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferem pelo teste F a 5 % de probabilidade de erro.

Observa-se nas Figuras 3 e 4 que para o solo de cerrado, tanto o DMP quanto o DMG foram decrescentes em função da temperatura enquanto que para o solo cultivado eles foram crescentes até certa temperatura e em seguida decresceram novamente. O DMP foi crescente até a temperatura de 387,5 °C, enquanto o DMG foi crescente até a temperatura de 462,5 °C.

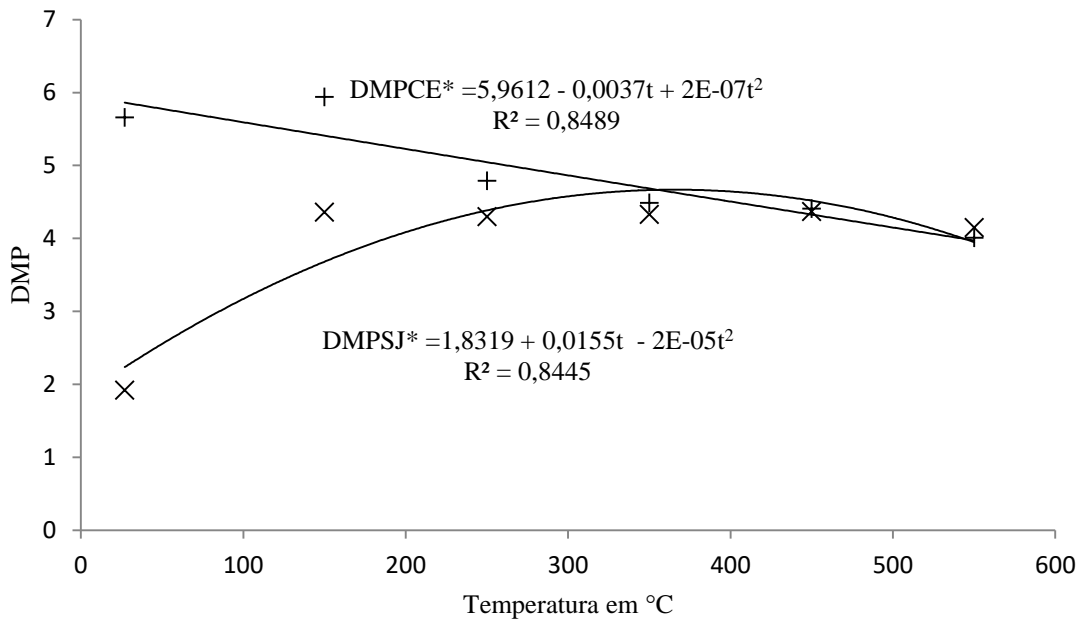


FIGURA 3. Diâmetro médio ponderado em função da variação da temperatura de aquecimento em forno Mulfla em dois solos (+ = Solo sob cerrado preservado; X = Solo cultivado com soja), t= Temperatura; DMPCE= Diâmetro médio ponderado em solo sob cerrado; DMPSJ= Diâmetro médio ponderado em solo cultivado com soja; *= Significativo (p<0,05).

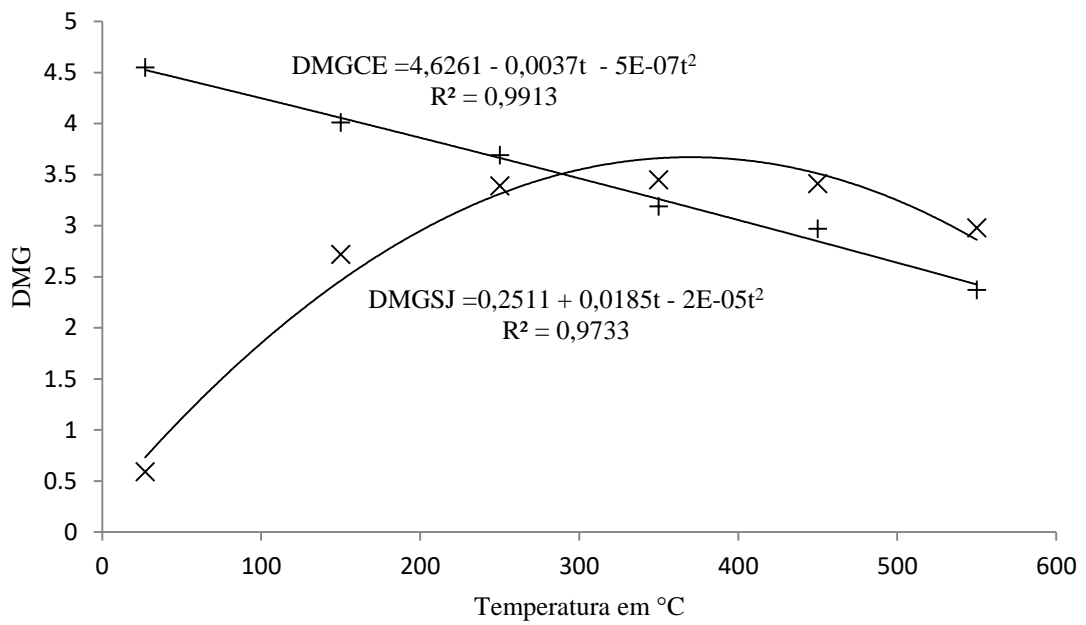


FIGURA 4. Diâmetro médio geométrico em função da variação da temperatura de aquecimento em forno Mulfla em dois solos (+ = Solo sob cerrado preservado; X = Solo cultivado com soja), t= Temperatura; DMGCE= Diâmetro médio geométrico em solo sob cerrado; DMGSJ= Diâmetro médio geométrico em solo cultivado com soja; *= Significativo ($p < 0,05$).

Com relação ao método, tanto o DMP quanto o DMG tiveram o mesmo comportamento (Figuras 5 e 6). O método de peneiramento em água indica acréscimo nessas variáveis até determinada temperatura e em seguida redução. O DMP foi crescente até 348,33 °C e o DMG até 273,33 °C.

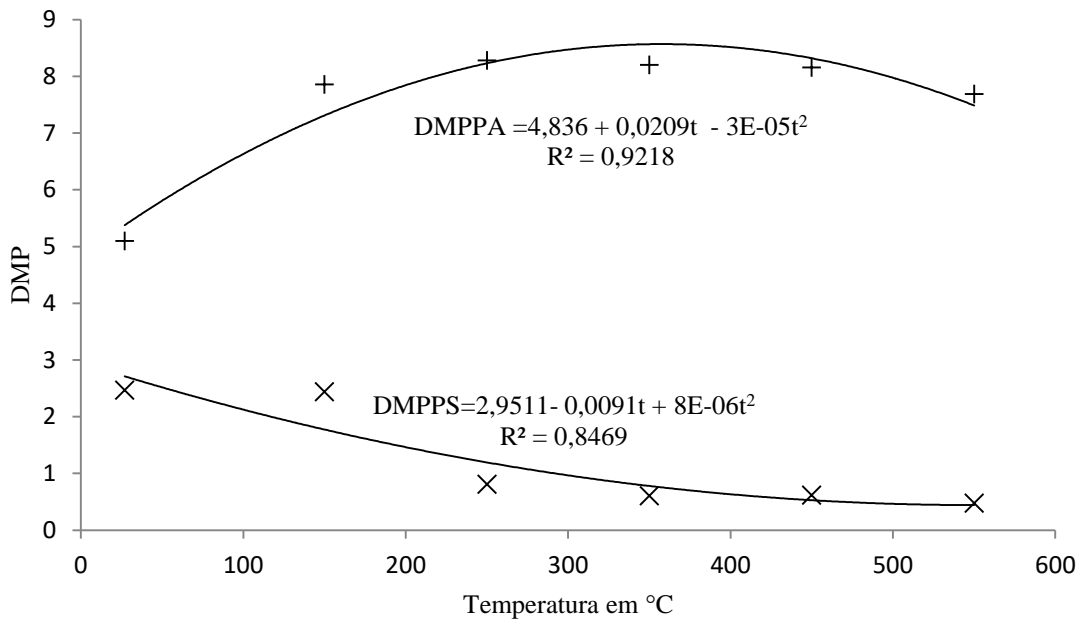


FIGURA 5. Diâmetro médio ponderado em função da variação da temperatura de aquecimento em forno Mulfla e do método empregado (+ = Peneiramento em água; X = Peneiramento a seco), t= Temperatura; DMPPA= Diâmetro médio ponderado pelo método de peneiramento em água; DMPPS= Diâmetro médio ponderado pelo método de peneiramento a seco; *= Significativo (p<0,05).

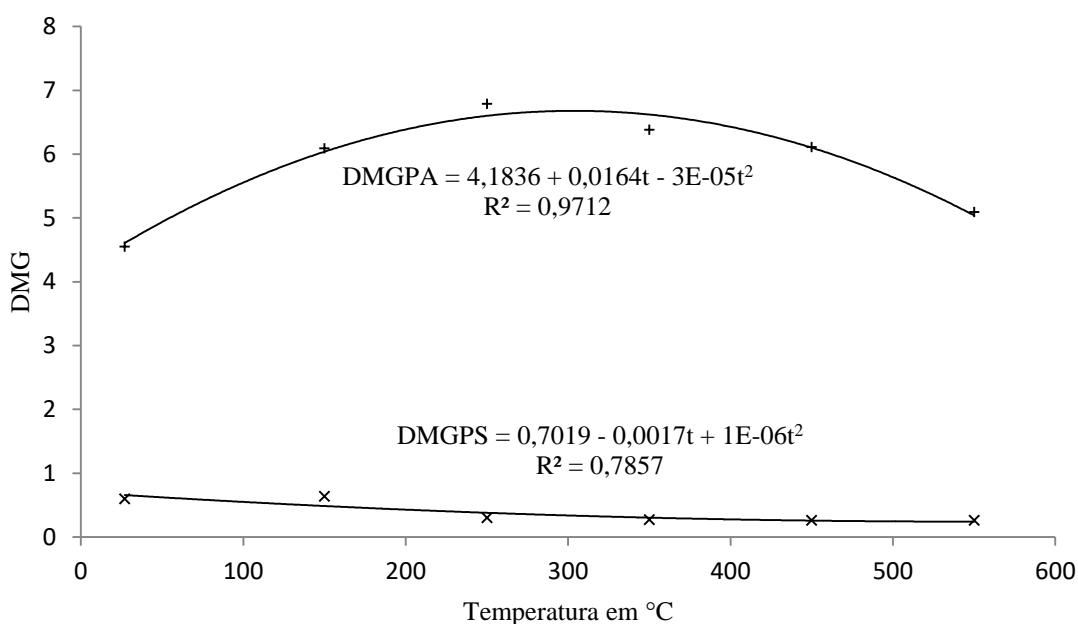


FIGURA 6. Diâmetro médio geométrico em função da variação da temperatura de aquecimento em forno Mulfla e do método empregado (+ = Peneiramento em água; X = Peneiramento a seco), DMGPA= Diâmetro médio geométrico pelo método de peneiramento em água; DMGPA= Diâmetro médio geométrico pelo método de peneiramento a seco; *= Significativo ($p < 0,05$).

CONCLUSÕES

A exposição dos solos a altas temperaturas reduziu a sua agregação e essa redução foi mais perceptível pelo método de peneiramento a seco.

Os métodos diferem quanto à eficiência em distinguir o impacto da temperatura sobre a agregação do solo, logo, em solos onde foram realizadas queimadas, o método de peneiramento a seco é mais sensível para detectar diferenças.

O monocultivo da soja, mesmo em sistema plantio direto, reduziu a estabilidade dos agregados quando comparado à vegetação de cerrado preservado.

REFERÊNCIAS

AGEGNEHU, G.; AMEDE, T. Integrated soil fertility and plant nutrient management in tropical agro-ecosystems: a review. **Pedosphere**, v. 27, n. 4, p. 662-680, 2017.

- ALCAÑIZ, M.; OUTEIRO, L.; FRANCOS, M.; FARGUELL, J.; ÚBEDA, X. Long-term dynamics of soil chemical properties after a prescribed fire in a Mediterranean forest (Montgrí Massif, Catalonia, Spain). **Science of The Total Environment**. v. 572, p. 1329-1335, 2016.
- BADÍA-VILLAS, D.; GONZÁLEZ-PÉREZ, J. A.; AZNAR, J. M.; ARJONA-GRACIA, B.; MARTÍ-DALMAU, C. Changes in water repellency, aggregation and organic matter of a mollic horizon burned in laboratory: soil depth affected by fire. **Geoderma**. v. 213, p. 400-407, 2014.
- BENTO-GONÇALVES, A.; VIEIRA, A.; ÚBEDA, X.; MARTIN, D. Fire and soils: key concepts and recent advances. **Geoderma**. v. 191, p. 3-13, 2012.
- BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**. v. 124, n. 1, p. 3-22, 2005.
- CAMPO, J.; GIMENO-GARCÍA, E.; ANDREU, V.; GONZÁLEZ-PELAYO, O.; RUBIO, J. L. Cementing agents involved in the macro-and microaggregation of a Mediterranean shrubland soil under laboratory heating. **Catena**. v. 113, p. 165-176, 2014.
- CHEN, H. Y. H.; SHRESTHA, B. M. Stand age, fire and clearcutting affect soil organic carbon and aggregation of mineral soils in boreal forests. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 50, p. 149-157, 2012.
- CHEN, Z.; ZHU, H.; YAN, Z.; ZHAO, L.; SHEN, Y.; MISRA, A. Experimental study on physical properties of soft soil after high temperature exposure. **Engineering Geology**. v. 204, p. 14-22, 2016.
- CHRENKOVÁ, K.; MATAIX-SOLERA, J.; DLAPA, P.; ARCENEGUI, V. Long-term changes in soil aggregation comparing forest and agricultural land use in different Mediterranean soil types. **Geoderma**. v. 235, p. 290-299, 2014.
- CHUVIECO, E.; GIGLIO, L.; JUSTICE, C. Global characterization of fire activity: toward defining fire regimes from Earth observation data. **Global Change Biology**. v. 14, n. 7, p. 1488-1502, 2008.
- DIDONÉ, E. J.; MINELLA, J. P. G.; EVRARD, O. Measuring and modelling soil erosion and sediment yields in a large cultivated catchment under no-till of Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**. v. 174, p. 24-33, 2017.

EMBRAPA SOLOS, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária . **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos (1997).

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

KEMPER, W.D.; ROSENAU, R.C. "**Aggregate stability and size distribution**." Madison, 1986; p. 425-442.

LÖBMANN, M. T.; VETUKURI, R. R.; ZINGER, L.; ALSANIUS, B. W.; GRENVILLE-BRIGGS, L. J.; WALTER, A. J. The occurrence of pathogen suppressive soils in Sweden in relation to soil biota, soil properties, and farming practices. **Applied Soil Ecology**. v. 107, p. 57-65, 2016.

LOPES, A. M.; MACHADO, J. A. T. Computational comparison and pattern visualization of forest fires. **Chaos, Solitons e Fractals**, 2017.

MATAIX-SOLERA, J.; CERDÀ, A.; ARCENEGUI, V.; JORDÁN, A.; ZAVALA, L. M. Fire effects on soil aggregation: a review. **Earth-Science Reviews**. v. 109, n. 1, p. 44-60, 2011.

MÜLLER, M. M.; VACIK, H. Characteristics of lightnings igniting forest fires in Austria. **Agricultural and Forest Meteorology**. v. 240, p. 26-34, 2017.

PINEDA, N.; MONTANYÀ, J.; VAN DER VELDE, O. A. Characteristics of lightning related to wildfire ignitions in Catalonia. **Atmospheric research**. v. 135, p. 380-387, 2014.

SALTON, J. C.; SILVA, W. M.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C. Determinação da agregação do solo-metodologia em uso na Embrapa Agropecuária Oeste. **Embrapa Agropecuária Oeste-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2012.

SILVA NETO, L. D. F. D.; SILVA, I. D. F. D.; INDA JUNIOR, A. V.; NASCIMENTO, P. C. D.; BORTOLON, L. Atributos físicos e químicos de agregados pedogênicos e de coprólitos de minhocas em diferentes classes de solos da Paraíba. **Ciência e agrotecnologia**. vol. 34, n. 6, p. 1365-1371, 2010.

THOMAZ, E. L. Fire changes the larger aggregate size classes in slash-and-burn agricultural systems. **Soil and Tillage Research**. v. 165, p. 210-217, 2017.

THOMAZ, E. L. Influência da temperatura no diâmetro e na estabilidade de agregados em chernossolo, Saskatchewan, Canadá. **Ciencia del suelo**, Santa Fe, v. 29, n. 2, p. 277-284, 2011.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal American Society of Agronomy**. 28. p.337-35, 1936.

ZHANG, X.; XIN, X.; ZHU, A.; ZHANG, J.; YANG, W. Effects of tillage and residue managements on organic C accumulation and soil aggregation in a sandy loam soil of the North China Plain. **Catena**, Amsterdam, v. 156, p. 176-183, 2017.