

Grau de dispersão, biomassa microbiana e carbono orgânico de um latossolo cultivado com soja sob plantio convencional e direto no cerrado (savana) do oeste da Bahia, Brasil

A ação antrópica sobre o solo comumente resulta em degradação desse recurso natural, em grande parte devido às práticas agrícolas inadequadas. Portanto, torna-se imprescindível a adoção de alternativas mitigadoras da degradação do solo, haja vista sua estreita relação com o manejo utilizado. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a qualidade de um Latossolo Amarelo Distrófico de textura franca-arenosa, cultivado com soja sob plantio convencional (S_PC) e direto (S_SPD) no Cerrado (Savana) da região Oeste da Bahia, Brasil. Para a avaliação foram utilizados como indicadores da qualidade do solo a argila dispersa em água (ADA), o grau de floculação (GF), o grau de dispersão (GD), o carbono orgânico total (COT), o carbono da biomassa microbiana do solo (C-MBS) e o quociente microbiano (qMic). O estudo foi desenvolvido em experimento conduzido na estação Experimental da Fundação de Apoio à Pesquisa e Desenvolvimento do Oeste Baiano, município de Luís Eduardo Magalhães, Bahia, Brasil. Os tratamentos consistiram em parcelas de soja cultivadas sob plantio convencional e direto. Como referência, amostras de solo foram coletadas em uma área de Cerrado nativo (CN) de fitofisionomia campo sujo, adjacente à área experimental. A tratamento S_PC promoveu aumento nos valores de ADA e o GD do solo, enquanto os valores do GF, COT BMS e qMIC foram reduzidos. Em contraste, no S_SPD, os teores de ADA e o GD do solo foram reduzidos, enquanto o GF, o COT, a BMS e o qMIC foram promovidos, evidenciando a capacidade e importância do SPD em favorecer a qualidade do solo. O GF do solo relaciona-se positivamente com o COT, que é reduzido sob plantio convencional, evidenciando a importância do sistema plantio direto, como sistema capaz de promover a floculação, a biologia e a qualidade do solo.

Palavras-chave: Bioma Cerrado; erosão; arenização; matéria orgânica do solo; agregação.

Degree of dispersion, microbial biomass and organic carbon of an oxisol cultivated with soybean under conventional and no-tillage in the cerrado (savannah) of the west of Bahia, Brazil

Anthropogenic action on soil commonly results in degradation of this natural resource, largely due to inadequate agricultural practices. Therefore, it is imperative to adopt alternatives to mitigate soil degradation, given its close relationship with the management used. In this context, the objective of this study was to evaluate the quality of a sandy loam Oxisol cultivated with soybean under conventional (CT) and No-tillage system (NT_S) in the Cerrado (Savannah) of the western region of Bahia, Brazil. For the evaluation, water dispersed clay (WDA), flocculation degree (FD), degree of dispersion (DD), total organic carbon (TOC), microbial biomass carbon (MBC) and the microbial quotient (qMic) were used as indicators of soil quality. The study was developed in an experiment conducted in the Experimental Station of the Fundação de Apoio à Pesquisa e Desenvolvimento do Oeste Baiano, municipality of Luís Eduardo Magalhães, Bahia, Brazil. The treatments consisted of soybean plots cultivated under conventional and No-tillage system. As a reference, soil samples were collected in an area of Cerrado native (CN) with phytophysionomy of dirty field, adjacent to the experimental area. The CT_S treatment promoted increase in WDC and soil DD values, while FD, TOC, MBC and qMic values were reduced. In contrast, in NT_S, WDC and soil DD levels were reduced, while FD, TOC, BMC and qMic were promoted, evidencing the ability and importance of NT_S to favor soil quality. Soil FD is positively related to TOC, which is reduced under conventional tillage, evidencing the importance of no-tillage as a system capable of promoting flocculation, biology and soil quality.

Keywords: Cerrado Biome; erosion; arenization; soil organic matter; aggregation.

Topic: **Notas Científicas**

Received: **02/12/2018**

Approved: **26/01/2019**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Diony Alves Reis 
Universidade Federal do Oeste da Bahia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5707542223794836>
<http://orcid.org/0000-0003-4270-2978>
dioniodin@gmail.com

Roberto Bagattini Portella 
Universidade Federal do Oeste da Bahia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3464794820553147>
<http://orcid.org/0000-0003-4236-3128>
roberto.portella@ufob.edu.br

Marla Oliveira Fagundes 
Universidade Federal do Oeste da Bahia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5899568156784317>
<http://orcid.org/0000-0002-9251-9162>
marlafag.esa@gmail.com

Francisco Rubens Feitosa Júnior 
Universidade Federal do Oeste da Bahia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1603533849627421>
<http://orcid.org/0000-0001-7793-2138>
rubensir21@hotmail.com

Jackson Roberto de Souza Santos 
Universidade Federal do Oeste da Bahia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0236039035829068>
<http://orcid.org/0000-0002-2773-6873>
jacksonrobertorarisgrow@gmail.com

Julio Cesar Bogiani 
Embrapa Territorial, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2124564195422694>
<http://orcid.org/0000-0002-3357-7944>
julio.bogiani@embrapa.br

Fabiano José Perina 
Embrapa Algodão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2414090933616921>
<http://orcid.org/0000-0003-4049-3383>
fabiano.perina@embrapa.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2019.001.0030

Referencing this:

REIS, D. A.; PORTELLA, R. B.; FAGUNDES, M. O.; FEITOSA JÚNIOR, F. R.; SANTOS, J. R. S.; BOGIANI, J. C.; PERINA, F. J. Grau de dispersão, biomassa microbiana e carbono orgânico de um latossolo cultivado com soja sob plantio convencional e direto no cerrado (savana) do oeste da Bahia, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.1, p.363-375, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.001.0030>

INTRODUÇÃO

A produção de soja em 2017/18, de 117 milhões de toneladas consolidou o Brasil como o maior produtor do grão no mundo, superando os Estados Unidos da América (EUA), que historicamente têm se mantido na vanguarda dessa commodity (MAPA, 2018; USDA, 2018). A elevada produtividade tem a contribuição da mesorregião do Cerrado, compreendida entre os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, denominada de MATOPIBA, responsável por 5% da produção brasileira de soja, além dos sucessivos recordes de produtividade das culturas de feijão, milho e algodão irrigados (CONAB et al., 2014).

A região do MATOPIBA compreende 73.848.967 hectares, distribuídos entre os biomas Cerrado (91%), Amazônia (7,3%) e Caatinga (1,7%). Sua cobertura vegetal natural é formada por Savanas (63,6%), áreas de tensão ecológica (15%) e floresta estacional decidual (10,7%). O relevo é principalmente plano (47,9%), com até 3% de declividade e 33,7% de áreas são suavemente onduladas (de 3% a 8%). Os Latossolos representam 31,1% dos solos da região, os Argissolos, 12,8%, os Plintossolos Pétricos, 8,7%, os Neossolos Quartzarênicos, 8,7% e Neossolos Litólicos, 7,2%, enquanto nas áreas mais baixas são verificados os Plintossolos Argilúvicos e Háplicos, que representam 3,9%, os Gleissolos, 1,0% e Planossolos, 0,9% (BOLFÉ et al., 2016).

A produtividade em 2017/18 no MATOPIBA foi na ordem de 60 a 70 sacas por hectare, numa área de 1.868.414 ha de soja, o que representa aproximadamente 7,3 milhões de toneladas do grão, e corresponde a 4,5% da produção do país. Estes índices de produtividade dependem do aporte contínuo de tecnologias para gerenciamento de sistemas de irrigação; manejo de adubação; melhoramento genético das variedades; da capacidade produtiva do solo, de seu uso e principalmente do manejo adotado (ANDRUSCHKEWITSCH et al., 2014) que pode comprometer a qualidade, as funções do solo (PALM et al., 2014; AZIZ et al., 2013) e favorecer a sua degradação, evidenciada principalmente pelos processos erosivos.

Nesse sentido, associação de práticas agrícolas que incluam calagem, rotação de culturas e adubação verde a fim de favorecer os teores e estoques de carbono no solo, como as preconizadas pelo sistema plantio direto (SPD) (JIN et al., 2011; KAHN et al., 2013) podem promover os teores disponíveis de nutrientes, melhorar a qualidade física do solo, principalmente no que se refere promoção da floculação, essencial à agregação, porosidade, densidade (REIS et al., 2016a), infiltração e disponibilidade de água (REIS et al., 2018b), constituindo um ambiente favorável ao crescimento e desenvolvimento das plantas.

Por outro lado, o preparo frequente e intenso altera as propriedades físicas do solo, afetando a sua estrutura (BATISTA et al., 2013), a porosidade, a densidade (REIS et al., 2016a) a infiltração, o armazenamento e disponibilidade de água (REIS et al., 2018b), à medida em que os teores de matéria orgânica são reduzidos por meio dos processos oxidativos, promovendo um ambiente disperso, que resulta em incrementos de densidade, de resistência à penetração (MORAES et al., 2014), devido à redução do volume total, do diâmetro de poros, da armazenagem e disponibilidade de água para as plantas, comprometendo a dinâmica da água na superfície e no perfil, afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas e evidenciando estados de degradação do solo e do meio ambiente.

Diversos atributos químico, físicos e biológicos têm sido utilizados para avaliar a relação entre o manejo e a qualidade do solo (LIMA et al., 2007; REIS et al., 2018b). Dentre estes, a agregação das partículas minerais (LOSS et al., 2009; COUTINHO et al., 2010), por meio da formação de flocos microscópicos, expressos pelo grau de floculação (GF), evidencia a natureza e propriedades da estrutura do solo, haja vista a sua dependência do teor de argila, ferro, alumínio e matéria orgânica, que atuam como agentes cimentantes, unindo as partículas do solo, promovendo a floculação das partículas minerais, a sua agregação e sua estabilização (CORRÊA et al., 2009).

A biomassa microbiana do solo (BMS) é o componente vivo da matéria orgânica do solo (MOS), composta por bactérias, fungos e actinomicetos responsáveis pela decomposição dos resíduos vegetais e ciclagem de nutrientes. Seu estudo tem sido difundido para avaliação da qualidade do solo a partir da quantificação do seu carbono (C-BMS), devido à sensibilidade que os microrganismos apresentam às alterações provocadas pelos sistemas de manejo (SIMÕES et al., 2010). Souza et al. (2006), que avaliaram a qualidade de um solo sob diferentes sistemas de manejo por meio de diversos indicadores biológicos, afirmam que a C-BMS e o carbono orgânico total (COT) são sensíveis às alterações provocadas pelo manejo e que melhor representam a qualidade do solo a fim de evitar a sua degradação.

Ademais, o quociente microbiano ($qMIC$) também tem sido utilizado para avaliação da qualidade dos solos manejados (KASCHUK et al., 2010) devido à sua habilidade em fornecer indicações sobre a qualidade da matéria orgânica. É expresso pela relação entre o C-BMS e o COT, sugerindo que em condições limitantes aos microrganismos, a capacidade de utilização do C é menor, reduzindo os valores do $qMIC$. À medida que a qualidade da matéria orgânica é promovida, em termos de diversidade e quantidade de material orgânico adicionado ao solo, incrementos na BMS e no $qMIC$ são verificados, mesmo que os teores de COT sejam mantidos (INSAM et al., 1988).

Portanto, a análise da argila dispersa em água (ADA), que reflete o grau de dispersão (GD) e de floculação (GF), do carbono orgânico total (COT), do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS) e do quociente microbiano ($qMic$), que influenciam a agregação das partículas do solo, são importantes para os estudos de conservação e avaliação da degradação do solo sob diferentes sistemas de manejo. Nesse sentido, este trabalho objetivou avaliar a qualidade de um Latossolo Amarelo Distrófico de textura franco-arenosa, cultivado com soja sob plantio convencional (PC) e sistema plantio direto (SPD) no Cerrado da região Oeste da Bahia, Brasil. Especificamente a qualidade do solo foi avaliada por meio da quantificação da argila dispersa em água (ADA), do grau de floculação (GF), do grau de dispersão (GD), do carbono orgânico total (COT), da biomassa microbiana do solo (BMS) e do quociente microbiano ($qMic$).

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em experimento conduzido na estação Experimental da Fundação de Apoio à Pesquisa e Desenvolvimento do Oeste Baiano (Fundação BA), município de Luís Eduardo Magalhães,

Bahia, Brasil. As coordenadas geográficas do experimento são: 12°5'36.52"S de latitude Sul e 45°42'40.30"O de longitude Oeste; o clima da região, conforme a classificação de Köppen-Geiger é do tipo Aw, Clima tropical com estação seca, clima de savana em que todos os meses do ano têm temperatura média mensal superior a 18 °C, mas pelo menos um dos meses do ano tem precipitação média total inferior a 60 mm (ALVARES et al., 2013).

As áreas estudadas compreendem experimentos com soja sob plantio convencional (S_PC) e sistema plantio direto (S_SPD), sendo o relevo plano e o solo classificado como Latossolo Amarelo Distrófico (CARDOSO et al., 2009) de textura franca-arenosa (804 g kg⁻¹ de areia, 74 g kg⁻¹ de silte, e 125 g kg⁻¹ de argila), até a profundidade de 0,20 m. Antes da implantação do experimento realizou-se a correção química do solo, a subsolagem e aplicação de calcário, a fim de homogeneizar as áreas (Tabela 1). Após a implantação do experimento, o histórico das áreas cultivadas com soja sob plantio convencional e direto é apresentado na Tabela 2.

Tabela 1: Composição química de um Latossolo cultivado com soja sob plantio convencional (PC) e sistema plantio direto (SPD) na camada de 0.00 a 0.20 m.

Tratamento*	pH	Al	Ca	Mg	K	P
	água	mmolc dm ⁻³			mg dm ⁻³	
S_PC	5,7	0,2	15,0	3,0	2,1	41,2
S_SPD	5,9	0,2	15,0	3,0	2,1	47,6
Média	5,8	0,2	15,0	3,0	2,1	44,4

*Soja em Plantio Convencional (S_PC); Soja em consórcio com Crotalária sucedendo Milho, Braquiária e Algodão (S_SPD).

Tabela 2: Sucessão cultural agrícola em um Latossolo cultivado com soja sob plantio convencional (PC) e sistema plantio direto (SPD).

Tratamentos*	Sistema	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18
S_PC	Convencional	Soja	Soja	Soja	Soja	Soja	Soja
S_SPD	Direto	Milho + Braquiária	Algodão	Soja Crotalária	Milho + Braquiária	Algodão	Soja Crotalária

*Soja em Plantio Convencional (S_PC); Soja em consórcio com Crotalária sucedendo Milho, Braquiária e Algodão (S_SPD).

O estudo, portanto, compreende a comparação de áreas de soja cultivadas sob PC e SPD em delineamento experimental de casualização por blocos com quatro repetições. Os tratamentos são as áreas de soja cultivada sob Plantio convencional (S_PC) e sob sistema de plantio direto (S_SPD), tendo como referência uma área de Cerrado nativo (CN), não manejado e de fitofisionomia de Campo sujo, adjacente aos experimentos.

Amostragem do solo

A amostragem do solo foi realizada em fevereiro de 2018 nas camadas de 0,00 a 0,05; de 0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m. A escolha dessas camadas foi determinada em função da suscetibilidade às alterações físicas, químicas, físico-hídricas e biológicas decorrentes dos sistemas de manejo, da cultura e seu sistema radicular ao longo do tempo.

Amostras de solo com estrutura não preservada foram coletadas utilizando pá de corte, totalizando 24 amostras de solo (1 amostra x 3 camadas de solo x 4 blocos x 2 tratamentos), as quais, em laboratório,

foram destorroadas manualmente em seus pontos de fraqueza, secas ao ar e passadas em peneiras de 2 mm para determinação das frações granulométricas; da argila dispersa em água (ADA), do grau de floculação (GF), do grau de dispersão (GD), do carbono orgânico total (COT) e do carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS).

Análises do solo

Frações granulométricas, argila dispersa em água (ADA) e grau de floculação (GF) e de dispersão (GD)

As frações granulométricas foram determinadas pelo Método da Pipita, utilizando-se 10 g de terra fina seca em estufa (TFSE) que foram suspensos em provetas de 1000 ml utilizando NaOH a 1N, como dispersante, enquanto a argila dispersa em água (ADA) foi determinada pelo mesmo método, sem a adição de dispersante, conforme Donagema et al. (2011).

O GF foi determinado por meio da Equação 1

$$GF = \left(\frac{Arg_{dt} - Arg_{da}}{Arg_{dt}} \right) 100 \quad \text{Eq. 1}$$

Onde, GF é o grau de floculação, Arg_{dt} , é a argila obtida com dispersante (total) e Arg_{da} , é a argila dispersa em água.

O GD foi determinado por meio da Equação 2

$$GD = 100 - GF \quad \text{Eq. 2}$$

Carbono orgânico total (COT)

O carbono orgânico total (COT) foi determinado por meio da oxidação da matéria orgânica via úmida com $K_2Cr_2O_7$ a $0,0667 \text{ mol L}^{-1}$ em meio sulfúrico, empregando-se o calor como fonte de energia. O excesso de dicromato após a oxidação foi titulado com solução padrão de $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ a $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, conforme descrito em Donagema et al. (2011).

Carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS)

A determinação do carbono da biomassa microbiana do solo, aqui designada apenas por (BMS) foi realizada pelo método de fumigação e extração (VANCE et al., 1987), com o uso de 10 g de solo, fumigação com 1,0 mL $CHCl_3$ aplicado diretamente sobre a amostra de solo (POLLI et al., 2008) com extração de 25 mL de K_2SO_4 a $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ e 1,0 mL dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$). O cálculo do BMS (mg kg^{-1} de BMS no solo) foi realizado por meio das Equações:

$$BMS = FC \cdot kc^{-1} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:

$$FC = CSF - CSNF \quad \text{Eq. 4}$$

Sendo CSF o teor de C extraído do solo fumigado, CSNF o teor de C extraído do solo não fumigado e kc – fator de correção, utilizado valor de 0,33, conforme sugerido em Silva et al. (2007).

$$CSF \text{ ou } CSNF = \frac{(V_b - V_a) \cdot M \cdot 0.003 \cdot V_1 \cdot 10^6}{P_s \cdot V_2} \quad \text{Eq. 5}$$

Em que Vb – volume (mL) de (NH₄)₂ Fe(SO₄)₂.6H₂O gasto na titulação da solução do ensaio em branco; Va – volume (mL) de (NH₄)₂ Fe(SO₄)₂.6H₂O gasto na titulação da solução do ensaio com a amostra; M - Molaridade exata do sulfato ferroso amoniacal (0.033); 0,003 – miliequivalente do carbono; V₁ - volume do extrator (K₂SO₄) utilizado; V₂ – alíquota pipetada do extrato para a titulação; Ps (g) - massa de solo seco. O quociente microbiano (qMic) foi calculado pela relação entre a BMS e o COT, expresso em porcentagem, conforme a Equação 6 (INSAM et al., 1988).

$$qMic = \left(\frac{BMS (mg\ kg^{-1})}{COT (mg\ kg^{-1})} \right) \times 100 \quad \text{Eq. 6}$$

Procedimentos estatísticos

Verificou-se a normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro-Wilk (W) conforme Razalli et al. (2011). Os valores discrepantes (*outliers*) foram identificados pela utilização das medidas do limite inferior (LI) e limite superior (LS), considerando o primeiro quartil (Q1), o terceiro quartil (Q3) e 1,5 amplitude interquartílica e substituídos pela média dos valores imediatamente superior e inferior.

Os tratamentos experimentais foram submetidos à análise de variância (Anova) e as médias comparadas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$), devido ao seu rigor para o cálculo da diferença mínima significativa (d.m.s.) entre os valores maiores e menores das médias dos tratamentos comparados e porque os tratamentos têm o mesmo número de repetições (OLIVEIRA, 2008). Por meio do coeficiente de correlação de Pearson (r), e por meio de regressão linear verificou-se as relações entre algumas variáveis, utilizando-se o *software* SAS (STATISTICAL ANALYSES SYSTEM INSTITUTE, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 são apresentados as médias e os desvios-padrões da Argila Dispersa em Água, Grau de Floculação e do Grau de Dispersão do solo tendo uma área de Cerrado nativo como referência (Δ_{ref} , %).

Tabela 3: Média e Desvio-padrão de Argila Dispersa em Água (ADA), Grau de Floculação (GF) e Grau de Dispersão (GD) de um Latossolo cultivado com Soja sob plantio convencional (S_PC) e sistema plantio direto (S_SPD) em comparação com um Cerrado nativo de fitofisionomia de campo sujo (Δ_{ref} , %) no Oeste da Bahia, Brasil.

Tratamento*	ADA	Δ_{ref}	GF	Δ_{ref}	GD	Δ_{ref}
	----- % -----					
	0,00 – 0,05 m					
S_PC	10,60 ± 1,50 a	52,3	18,28 ± 3,68 b	-65,7	86,17 ± 9,64 a	84,7
S_SPD	5,90 ± 1,30 b	-15,2	49,02 ± 4,79 a	-8,1	50,97 ± 4,79 b	9,2
CN	6,96	100	53,35	100	46,65	100
	0,05 – 0,10 m					
S_PC	10,60 ± 0,40 a	54,0	24,82 ± 6,37 b	-35,6	80,10 ± 8,54 a	30,3
S_SPD	5,80 ± 0,70 b	-15,7	50,53 ± 6,15 a	31,0	49,47 ± 6,15 b	-19,4
CN	6,88	100	38,57	100	61,43	100
	0,10 – 0,20 m					
S_PC	11,20 ± 1,20 a	71,7	30,13 ± 4,24 a	-23,9	80,79 ± 7,23 a	33,8
S_SPD	6,60 ± 0,60 b	1,2	41,86 ± 15,37 a	5,6	63,85 ± 10,27 b	5,7
CN	6,52	100	39,63	100	60,37	100

*Soja em Plantio Convencional (S_PC); Soja em consórcio com Crotalaria sucedendo Milho, Braquiária e Algodão (S_SPD); Cerrado nativo de campo sujo (CN). Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, dentro de cada parâmetro e camada de solo avaliada não diferem pelo teste de Duncan a 5 %.

Valores de ADA em S_PC foram, de maneira geral, superiores aos observados em S_SPD e CN nas diferentes camadas avaliadas. Na camada de 0.00 a 0.05 m a ADA foi ~52% maior, enquanto o valor em S_SPD foi ~15% menor que o observado no CN, evidenciando importância do sistema de manejo sobre este

parâmetro. Na camada de 0.05 a 0.10 m o valor de ADA foi ~54% maior e em S_SPD foi 15% menor que o observado no CN. Na camada de 0.10 a 0.20 m a ADA foi ~71% maior, enquanto o valor em S_SPD foi ~1% maior que o observado no CN.

Em se tratando de GF em S_PC, os valores observados foram inferiores aos observados no S_SPD e CN em todas as camadas avaliadas. Na camada de 0.00 a 0.05 m o GF foi ~65% menor, enquanto o valor em S_SPD foi apenas ~8% menor que o observado no CN, evidenciando o efeito do sistema de manejo sobre a dispersão do solo nesta camada. Na camada de 0.05 a 0.10 m o valor GF foi ~35% menor, enquanto em S_SPD foi 31% maior que o observado no CN. Na camada de 0.10 a 0.20 m o GF foi ~23% menor, enquanto o valor em S_SPD foi ~5% maior que o observado no *CN.

O GD por sua vez, em S_PC, na camada de 0.00 a 0.05 m foi ~84% maior, enquanto o valor em S_SPD foi de ~9% maior que o observado no CN. Na camada de 0.05 a 0.10 m o valor GD foi ~30% maior, enquanto em S_SPD foi ~19% menor que o observado no CN. Na camada de 0.10 a 0.20 m o GD foi ~33% maior, e o valor em S_SPD foi ~5% maior que o observado no CN.

Os resultados evidenciam o efeito dos sistemas de manejo sobre a dispersão do solo, provavelmente resultando em eluviação-iluviação de argila no S_PC, das camadas superficiais para a de 0.10 a 0.20 m, relacionado ao histórico de preparo do solo, preconizado no PC. O movimento de material mineral, sobretudo argila das camadas superficiais para as subsuperficiais pode favorecer a obstrução dos poros, a compactação, aumento da resistência do solo à penetração, além de afetar a dinâmica da água e de gases, que conseqüentemente afetam o crescimento e o desenvolvimento das plantas, contrastando com o SPD (Tabela 3), que apresentou, de maneira geral, valores que favorecem a agregação, a estruturação e a qualidade do solo.

A tendência da fração argila de dispersar-se e suspender-se na água é um fenômeno que pode ocorrer naturalmente devido à atividade da argila ou pode ser promovido por ação antrópica. Porém, a resposta do solo à ação de forças desagregantes depende de suas características químicas, físicas e mineralógicas. A dispersão do solo relaciona-se com a interação das cargas elétricas na superfície dos coloides e pode ser gerada por substituição isomórfica (permanentes) ou por dissociação de radicais (variáveis e dependentes de pH), resultando em um ambiente floculado ou disperso, respectivamente, que afetam diretamente a estrutura e agregação do solo (VAN LIER, 2010).

Azevedo et al. (2004) afirmam que as cargas variáveis, predominantes em Latossolos, dependem do pH e da concentração eletrolítica da solução do solo, e que na faixa de pH menor que 7,0 tem ação dispersante (PAVAN et al., 1992), porém, considerando o pH na implantação do experimento (Tabela 1), pode-se afirmar que este não foi o fator determinante para a promoção da dispersão do solo, restando tão somente o efeito dos sistemas de manejo. Ademais, os Latossolos apresentam agregação inicial na forma grânulos, microagregados, estáveis e resistentes naturalmente, porém a neutralização do Al^{3+} trocável, que estabiliza a estrutura do solo, e eleva o pH, contribuem para a dispersão do solo em partículas unitárias, promovendo os valores de ADA, bem como do GD à medida que o GF é reduzido.

Spera et al. (2008), avaliando os efeitos do calcário e da esterilização em atributos físicos e químicos do solo relacionados com a compactação de um Latossolo Vermelho distrófico, verificaram que a calagem aumentou a densidade do solo, o teor de argila dispersa em água, o pH e os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis, e decresceu a macro e microporosidade, a condutividade hidráulica saturada, os teores de matéria orgânica e de Al trocável e concluíram que a dispersão de microagregados pela calagem pode, em parte, contribuir para a compactação do solo.

A estabilidade dos agregados do solo depende da textura, mineralogia (óxidos e silicatos), teores e tipos de cátions, pH da matéria orgânica (FERREIRA et al., 1999). Esses fatores são determinantes da espessura da dupla camada difusa, que influencia fundamentalmente a dispersão e floculação de partículas. A espessura da dupla camada difusa é alterada pela concentração e tipo de eletrólitos (íons Na, K, etc.). Cátions com alto grau de hidratação formam complexos de esfera externa e aumentam a distância entre as partículas; desse modo, as forças de atração de curto alcance não se manifestam e o sistema dispersa. Na Tabela 4 são apresentadas as médias seguidas dos desvios-padrões do carbono orgânico total, do carbono da biomassa microbiana do solo e do quociente microbiano em comparação com um Cerrado nativo (Δref , %).

Tabela 4: Média e desvio-padrão de Carbono orgânico total (COT), Biomassa Microbiana do Solo (BMS) e quociente microbiano (q Mic) de um Latossolo cultivado com Soja sob plantio convencional (S_PC) e sistema plantio direto (S_SPD) tendo um Cerrado nativo de fitofisionomia de campo sujo (Δref , %) como referência no Oeste da Bahia, Brasil.

Tratamento	COT	Δref	BMS	Δref	q Mic	Δref
	g kg^{-1}	%	mg C kg^{-1}	%	%	%
	0,00 – 0,05 m					
S_PC	$3,66 \pm 0,68$ b	-43,61	$164,55 \pm 42,66$ b	-81,03	$4,76 \pm 2,16$ b	-64,39
S_SPD	$7,41 \pm 1,89$ a	14,18	$538,08 \pm 125,35$ a	-37,98	$9,60 \pm 4,85$ a	-28,18
CN	6,49	100	867,6	100	13,37	100
	0,05 – 0,10 m					
S_PC	$3,91 \pm 0,48$ b	-18,71	$277,81 \pm 156,95$ b	-71,22	$4,09 \pm 0,40$ b	-79,63
S_SPD	$5,11 \pm 0,60$ a	6,24	$513,70 \pm 119,31$ a	-46,79	$10,16 \pm 2,76$ a	-49,40
CN	4,81	100	965,45	100	20,08	100
	0,10 – 0,20 m					
S_PC	$2,76 \pm 1,13$ b	-37,98	$242,73 \pm 72,56$ b	-73,95	$7,05 \pm 1,86$ b	-66,35
S_SPD	$4,42 \pm 0,56$ a	-0,67	$495,95 \pm 59,71$ a	-46,77	$11,34 \pm 1,65$ a	-45,87
CN	4,45	100	931,68	100	20,95	100

*Soja em Plantio Convencional (S_PC); Soja em consórcio com Crotalaria sucedendo Milho, Braquiária e Algodão (S_SPD); Cerrado nativo de campo sujo (CN). Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, dentro de cada parâmetro e camada de solo avaliada não diferem pelo teste de Duncan a 5 %.

Valores de COT em S_PC foram menores que os observados no S_SPD e CN em todas as camadas avaliadas. Na camada de 0.00 a 0.05 m o COT foi ~34% menor, enquanto o valor em S_SPD foi ~14% maior que o observado no CN. Na camada de 0.05 a 0.10 m o valor de COT em S_PC foi ~18% menor, enquanto em S_SPD foi ~6% maior que o observado no CN e na camada de 0.10 a 0.20 m o COT em S_PC foi ~37% menor, enquanto o valor em S_SPD foi ~1% menor que o observado no CN.

Em se tratando de BMS em S_PC, os valores foram inferiores aos observados no S_SPD e CN em todas as camadas avaliadas. Na camada de 0.00 a 0.05 m a BMS foi ~81% menor, enquanto o S_SPD foi ~37% menor que o observado no CN. Na camada de 0.05 a 0.10 m o valor de BMS foi ~71% menor e no S_SPD foi ~46%

menor que o observado no CN. Na camada de 0.10 a 0.20 m a BMS foi ~73% menor, e o valor em S_SPD foi ~46% menor que o do CN. A BMS foi severamente afetada pelo manejo do solo quando comparados com a área sob Cerrado nativo (Tabela 4), onde os valores encontrados foram expressivamente superiores ao do PC e SPD.

Nos tratamentos avaliados, os valores de q_{Mic} foram inferiores aos observados no CN, evidenciando os efeitos dos sistemas de manejo na quantidade e na qualidade da matéria orgânica do solo. Em S_PC e em S_SPD a média de q_{Mic} na camada de 0.00 a 0.05 m foi ~64% e ~28% menor, respectivamente, que o observado em CN. Na camada de 0.05 a 0.10 m o valor de q_{Mic} foi ~80% menor, enquanto em S_SPD foi ~49% menor que o observado no CN. Na camada de 0.10 a 0.20 m a BMS foi ~66% menor e o valor em S_SPD foi ~46% menor que em CN. A qualidade da matéria orgânica do solo sob manejo é severamente afetada quando comparado com a área sob Cerrado nativo (Tabela 4).

Reis et al. (2016a) avaliando diferentes tempos de implantação do SPD num Planossolo do Rio Grande do Sul verificaram que os valores de COT aumentaram com o passar do tempo de implantação do SPD, variando de 4,4 a 13,8 g kg⁻¹ na camada de 0.00 a 0.06 m. Similarmente, Lisboa et al. (2012) que avaliaram diferentes atributos microbiológicos, dentre os quais a BMS em um Argissolo Vermelho distrófico típico sob SPD e PC, utilizando um campo natural (CN) como referência, verificaram que a BMS, foi menor no PC, enquanto o CN e o SPD tenderam a apresentar resultados semelhantes, indicando a capacidade do SPD em manter a qualidade biológica do solo, e Simões et al. (2010) avaliando os efeitos de plantios de *Acacia mangium*, localizados no cerrado em Roraima, sobre o COT e BMS, verificaram que os plantios de *A. mangium* não proporcionaram aumentos significativos do COT, entretanto os plantios proporcionaram aumento na BMS. Por outro lado, Vieira et al. (2016) avaliando efeito imediato do fogo sobre atributos microbiológicos de solo de pastagem, no sul de Minas Gerais, em um Argissolo Vermelho Amarelo, verificaram que o fogo proporcionou, na superfície do solo, impactos negativos na BMS.

Santana et al. (2017), avaliando a BMS em diferentes sistemas de manejo do solo (áreas de pastagem, cultivo agrícola e mata) no Sul do Estado de Roraima, verificaram maiores valores de matéria orgânica do solo (MOS) e BMS nas áreas de mata e pastagem em contraste aos valores observados na área de cultivo agrícola (banana). Os autores atribuíram os resultados ao maior aporte de biomassa vegetal na área de mata, comparado às áreas de cultivo agrícola.

Como o quociente microbiano (q_{MIC}) expressa a relação entre o carbono orgânico do solo e imobilizado pela biomassa microbiana, a menor eficiência dos microrganismos na imobilização do carbono ocorreu no solo sob plantio convencional (Tabela 4) nas pastagens cultivadas, principalmente na camada superficial. A conversão do Cerrado nativo em áreas cultivadas promoveu reduções no q_{MIC} .

De acordo com Gama-Rodrigues & Gama-Rodrigues (2008), em solos com matéria orgânica de baixa qualidade nutricional, a BMS encontra-se sob estresse e é incapaz de utilizar totalmente o C orgânico e, nesse caso, o q_{MIC} tende a diminuir. Assim, os menores valores observados S_PC nas camadas avaliadas indicam condição de estresse para a população microbiana, provavelmente decorrente do histórico de revolvimento,

menor cobertura vegetal e, principalmente da redução da quantidade e qualidade de material orgânico para cobertura do solo.

Neste trabalho, a área sob cerrado nativo não sofre revolvimento, porém, de tempos em tempos, incêndios ocorrem na época da seca e que certamente resultam em reduções nos valores de COT, BMS e qMIC, como pode ser sustentado pelos resultados obtidos por Vieira et al. (2016) e por Cardoso et al. (2009). Por outro lado, como a coleta foi realizada em fevereiro de 2018, época das chuvas, o CN tinha como cobertura diferentes espécies de gramíneas nativas ou não, as quais possuem sistema radicular abundante, o que aumenta a liberação de exsudatos (fonte de energia), proporcionando aumento COT, BMS e qMIC na rizosfera, evidenciando uma condição de equilíbrio no sistema, como sugerido por Santana et al. (2017).

A BMS geralmente compreende 2 a 4% do COT (RODRIGUES, 1999) e, valores menores que estes indicam perdas de carbono do sistema, por outro lado, os resultados deste trabalho sugerem que a BMS compreende de 4 a 20% do COT nas áreas estudadas, evidenciando a importância deste parâmetro. Nesse sentido atesta-se que sistemas de manejo do solo que promovam o aporte contínuo de matéria orgânica em quantidade e qualidade, sem utilização de fogo e que se assemelhem às áreas nativas em termos de diversidade de espécies, podem promover a BMS, o COT bem como um melhor aproveitamento do C. No Quadro 1 são apresentados os coeficientes de correlação de Pearson entre os parâmetros avaliados.

Quadro 1: Relações entre os parâmetros avaliados em um Latossolo cultivado com soja sob plantio convencional (S_PC) e sistema plantio direto (S_SPD) na camada 0,00 a 0,20 m (n = 24).

*	GF	GD	COT	BMS	qMIC
ADA	-0.71**	0.71**	-0.45**	-0.65**	-0.67**
GF		-1.00**	0.38**	0.61**	0.59**
GD			-0.39**	-0.61**	-0.59**
COT				0.46**	0.36**
BMS					0.92**

*Argila Dispersa em Água (ADA, %); Grau de Flocculação (GF, %); Grau de Dispersão (GD, %); Carbono orgânico total (COT, g kg⁻¹) e Biomassa Microbiana do Solo (BMS, mg kg⁻¹ de solo). ns: Não significativa; *: Significativa ao nível de 5%; **: Significativa ao nível de 1%.

As correlações evidenciam que o aumento de ADA notadamente reduz o GF, o COT, a BMS e o qMIC. Os resultados mostraram correlações positivas entre COT e o GF, que é favorável à agregação e estruturação do solo. Para Wendling et al. (2012) a matéria orgânica é um agente importante na formação e estabilização dos agregados; portanto, é natural encontrar correlação entre a matéria orgânica e o GF, porém, destaca-se que a redução do teor de matéria orgânica, devido os sistemas de manejo favorece a dispersão do solo.

Conforme Agne et al. (2014), a flocculação do solo é a primeira fase para a formação e estabilização dos agregados, portanto GF está relacionado ao maior teor de MO. Silva et al. (2009) afirmam que a MO age como condicionador do solo mediante sua complexa e longa cadeia de carbono agregando partículas minerais, por isso seu aporte em quantidade e qualidade é importante para a conservação do solo e para mitigar os efeitos das práticas de manejo. Ademais, a relação entre a COT e o GF se confirma na Figura 1, a qual mostra ser possível estabelecer uma relação em que 6.8 do GF podem ser atribuídos ao COT, como também observado por Agnes et al. (2014).

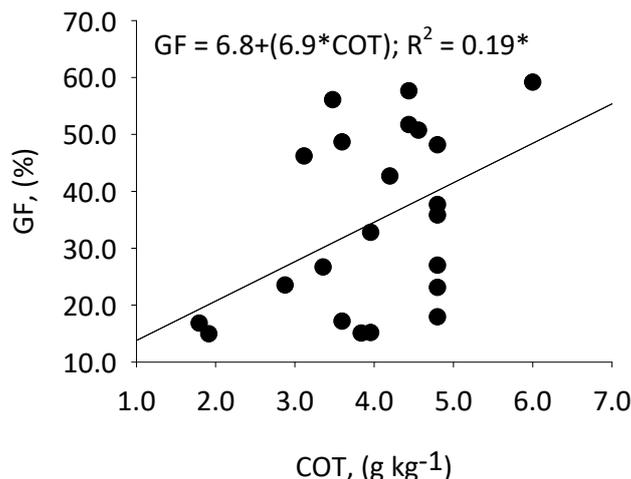


Figura 1: Grau de Flocculação (GF) e Carbono orgânico total (COT) em um Latossolo cultivado com soja sob plantio convencional (S_PC) e sistema plantio direto (S_SPD) na camada 0,00 a 0,20 m.

CONCLUSÕES

O sistema plantio convencional (PC) favorece a dispersão da argila, reduz o teor de carbono orgânico total, a biomassa microbiana do solo e o quociente microbiano; O sistema plantio direto (SPD) por promover o aporte de matéria orgânica, de carbono orgânico total, a biomassa microbiana do solo e o quociente microbiano, reduzindo a dispersão do solo, à medida que favorece a agregação, a estruturação do solo e a qualidade da matéria orgânica do solo; O SPD promove a qualidade do solo em contraste com o PC, que favorece a sua degradação; A biomassa microbiana do solo e o quociente microbiano são parâmetros sensível para avaliar a qualidade do solo. O SPD favorece a qualidade do solo e a qualidade ambiental no Cerrado do Oeste da Bahia, no Brasil.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem aos apoiadores e financiadores deste trabalho, sobretudo à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB); à Fundação de Apoio à Pesquisa e Desenvolvimento do Oeste Baiano (Fundação BA); à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

REFERÊNCIAS

AGNE, S. A. A.; KLEIN, V. A.. Matéria orgânica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho após aplicações de dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.7, p.720–726, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000700008>

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G.. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p.711-728, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941.2948.2013.0507>

ANDRUSCHKEWITSCH, R.; KOCH, H. J.; LUDWIG, B.. Effect of long-term tillage treatments on the temporal dynamics of water-stable aggregates and on macro-aggregate turnover

at three German sites. *Geoderma*, v.217-218, p.57-64, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.10.022>

AZEVEDO, A. C.; BONUMÁ, A. S.. Partículas coloidais, dispersão e agregação em Latossolos. *Ciência Rural*, v.34, n.2, p.609-617, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000200046>

AZIZ, I.; MAHMOOD, T.; ISLAM, K. R.. Effect of long term no-till and conventional tillage practices on soil quality. *Soil and Tillage Research*, v.131, p.28-35, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.03.002>

- BATISTA, I.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; BIELUCZYK, W.; SCHIAVO, J. A.; MELLO, N. A.. Caracterização dos agregados em solos sob cultivo no Cerrado/MS. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.4, p.1535-1548, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n4p1535>
- CARDOSO, W. S.; PASSO, D. P.; MARTINS, É. S.; REATTO, A.; SANTANA, O. A.; JÚNIOR, O. A. C.; GOMES, R. A. T.; LIMA, L. A. S.. Levantamento de Reconhecimento de Solos no Município Luiz Eduardo Magalhães na Escala de 1-100 000, Bahia, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 22. **Anais**. 2009.
- CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. M. S.; CURTI, N.. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.6, p.631-637, 2009.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento; INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Culturas de verão - safra 2013/2014: região do MATOPIBA: Sul do Estado de Maranhão, Leste do Estado do Tocantins, Sudoeste do Estado do Piauí e Extremo Oeste do Estado da Bahia. **Boletim de Monitoramento Agrícola**, v.3, n.1, p.1-24, 2014.
- CORRÊA, J. C.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; MORAES, M. H.. Alteração de atributos físicos em Latossolo com aplicação superficial de escória de aciaria, lama cal, lodos de esgoto e calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.2, p.263- 272, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000200004>
- COUTINHO, F. S.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; RODRIGUES JÚNIOR, D. J.; TORRES, J. L. R.. Estabilidade de agregados e distribuição do carbono em Latossolo sob sistema plantio direto em Uberaba, Minas Gerais. **Comunicata Scientiae**, v.1, p.100-105, 2010. DOI: <https://doi.org/10.13140/2.1.5188.2562>
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M.. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.
- FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURTI, N.. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos da Região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.3, p.515-524, 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831999000300004>
- INSAM, H.; DOMSCH, K. H.. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. **Microbial Ecology**, v.15, n.2, p.177-188, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02011711>
- JIN, H.; HONGWEN, L.; RASAILY, R. G.; QINGJIE, W.; GUOHUA, C.; YANBO, S.; XIAODONG, Q.; LIJIN, L.. Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat-maize cropping system in North China Plain. **Soil and Tillage Research**, v.113, p.48-54, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.01.005>
- KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M.. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology & Biochemistry**, v.42, p.1-13, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.08.020>
- KAHLON, M. S.; LAL, R.; ANN-VARUGHESE, M.. Twenty two years of tillage and mulching impacts on soil physical characteristics and carbon sequestration in Central Ohio. **Soil and Tillage Research**, v.126, p.151-158, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.08.001>
- LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P.; SOUZA, D. L.. **Caracterização Ambiental das Áreas com Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais na Região do Matopiba – Brasil**: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 99. Embrapa Milho e Sorgo, 2014.
- LIMA, H. V.; OLIVEIRA, T. S.; OLIVEIRA, M. M.; MENDONÇA, E. S.; FERREIRA LIMA, P. J. B.. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.5, p.1085-1098, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000500024>
- LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O.; MARTINS, A. F.; SELBACH, P. A.. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.1, p.33-43, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000100004>
- LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R.. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.1, p.68-75, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000100010>
- MAGALHÃES, L. A.; MIRANDA, E. E.. **Matopiba**: Quadro natural. Campinas, 2014.
- MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R.. Critical limits of soil penetration resistance in a Rhodic eutrudox. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.1, p.288-298, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000100029>
- OLIVEIRA, A. F. G.. Testes estatísticos para comparação de médias. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, n.6, p.777-788, 2008.
- PALM, C.; BLANCO-CANQUI, H.; DECLERCK, F.; GATERE, L.; GRACE, P.. Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.187, p.87-105, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.010>
- PAVAN, M. A.; ROTH, C. H.. Effect of lime and gypsum on chemical composition of runoff and leachate from samples of a Brazilian Oxisol. **Ciência e Cultura**, v.44, p.391-394, 1992.
- POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.. Carbono, nitrogênio e fósforo da biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O.. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais & subtropicais. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole. 2008. p.263-276.

RAZALLI, N. M.; WAH, Y. B.. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. **Journal of Statistical Modeling and Analytics**, v.2, p.21-33, 2011.

REIS, D. A.; LIMA, C. L. R.; BAMBERG, A. L.. Qualidade física e frações da matéria orgânica de um Planossolo sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, 9, p.1623-1632, 2016a. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900062>

REIS, D. A.; LIMA, C. L. R.; BAMBERG, A. L.; RIBEIRO, P. L.. Compressibility and water availability in Albaqualf soils under different deployment times in no-tillage. **Scientia Agricola**, v.75, n.5, p.393-399, 2018b. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992x-2016-0219>

RODRIGUES, E. F. G.. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O.. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.227-240.

SANTANA, A. S.; CHAVES, J. S.; SANTANA, A. S.; ABANTO-RODRÍGUEZ, C.; MORAES, E. R.. Biomassa microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo no sul do estado de Roraima. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.1, n.1, p.1-62, 2017.

SILVA, A. P.; LEÃO, T. P.; TORMENA, C. A.; GONÇALVES, A. C. A.. Determinação da permeabilidade ao ar em amostras indeformadas de solo pelo método da pressão decrescente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.6, p.1535-1545, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000600003>

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; POLLI, H.. **Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (BMS-C)**. Embrapa Agrobiologia, 2007.

SIMÕES, S. M. O.; ZILLI, J. É.; COSTA, M. C. G.; TONINI, H.; BALIEIRO, F. C.. Carbono orgânico e biomassa microbiana do solo em plantios de *Acacia mangium* no Cerrado de Roraima. **Acta Amazônica**, v.40, n.1, p.23-30, 2010.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S.. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.28, n.3, p.323-329, 2006. DOI: <http://doi.org/10.4025/actasciagron.v28i3.940>

SPERA, S. T.; DENARDIN, J. E.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; SANTOS, H. P.; FIGUEROA, E. A.. Dispersão de argila em microagregados de solo incubado com calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.7, p.2613-2620, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000700002>

SAS. Statistical Analysis System Institute. **Procedure guide for personal computers**; version 9. Cary: SAS Institute, 1999.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S.. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, n.6, p.703-707, 1987. DOI: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90052-6](https://doi.org/10.1016/0038-0717(87)90052-6)

VAN LIER, Q. J.. **Física do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do solo. 2010.

VIEIRA, A. C.; MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; GUIMARÃES, M. C.; FREITAS, M. S.; PECORARO, D.. Fogo e seus efeitos na qualidade do solo de pastagem. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.9, n.6, p.1703-1711, 2016.

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