

Atividade microbiana e carbono orgânico do solo em agroecossistemas sob diferentes manejos no semiárido paraibano

Agroecossistemas familiares (AF) no semiárido brasileiro apresentam elevada vulnerabilidade às mudanças climáticas e aos déficits hídricos regionais, o que torna necessário a adoção de estratégias adaptativas pelos agricultores, incluindo práticas de manejos sustentáveis. O objetivo desse estudo foi avaliar os impactos das práticas de manejo adotadas em agroecossistemas através de indicadores microbiológicos da qualidade do solo. Foram avaliados os sistemas de Caatinga sob pastejo (CP), monocultivo de palma forrageira (SM) e silviagrícola (SA) em AF nos municípios de Queimadas e Boqueirão, semiárido paraibano. Em amostras de solo, coletadas na camada superficial (0-20 cm), foram quantificados o carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico (qCO₂), esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), proteína do solo relacionada a glomalina (PSRG) nas frações facilmente extraível (PSRG-FE) e total (PSRG-T), e o carbono orgânico total (COT). O SA em Boqueirão (10 anos) aumentou a biomassa microbiana do solo, a qual também se mostrou mais eficiente através da menor taxa de qCO₂, enquanto a maior quantidade de esporos de FMA foi encontrada no SA (5 anos) de Queimadas. Os sistemas com cultivo de palma forrageira (SM e SA) foram responsáveis pelas maiores concentrações de glomalina, resultando em condições mais favoráveis à adsorção de nutrientes e agregação dos solos. Os maiores teores de COT encontrados no SA de ambos os agroecossistemas, indicam maior estabilização e sequestro de carbono nesses sistemas. Os atributos microbiológicos avaliados foram eficientes indicadores de alterações no solo em função das práticas de manejos.

Palavras-chave: Carbono da biomassa microbiana; Glomalina; Glomerosporos; Respiração basal do solo; Quociente metabólico.

Microbial activity and soil organic carbon in agroecosystems under different managements in the semiarid region of Paraíba

Smallholder agroecosystems in the Brazilian semiarid are highly vulnerable to climate change and regional water deficits, which makes it necessary for smallholder farmers to choose adaptive strategies, including sustainable management practices. We aimed to evaluate the impacts of management practices in agroecosystems through microbiological indicators of soil quality. The evaluated systems were Caatinga under pasture (CP), monoculture of forage palm (SM) and silviagriculture (SA) in agroecosystems in the municipalities of Queimadas and Boqueirão, semiarid region of Paraíba. Soil samples were collected at 0-20 cm and quantified for the microbial biomass carbon (MBC), basal soil respiration (BSR), metabolic quotient (qCO₂), arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) spores, glomalin-related soil protein (GRSP) in easily extractable (GRSP-EE) and total (GRSP-T) fractions, and total organic carbon (TOC). The SA in Boqueirão (10 years) increased the MBC, which was also more efficient through the lower qCO₂ rate, while the highest amount of AMF spores was found in SA (5 years) in Queimadas. The systems with forage palm cultivation (SM and SA) were responsible for the highest concentrations of glomalin, improving favorable conditions for nutrient adsorption and soil aggregation. The highest levels of COT occurs in the SA of both agroecosystems, indicating greater stabilization and carbon sequestration in these systems. The microbiological attributes used were efficient indicators of changes in the soil due management practices.

Keywords: Carbon from microbial biomass; Glomalin; Glomerospores; Basal soil respiration; Metabolic quotient.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **04/08/2021**

Approved: **27/08/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Érica Olandini Lambais 


Instituto Nacional do Semiárido, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2313547228381597>
<http://orcid.org/0000-0001-8239-0337>
erica.lambais@insa.gov.br

Mateus Manassés Bezerra Nascimento 

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2363055083365300>
<http://orcid.org/0000-0001-5559-1600>
mateusmanasses@hotmail.com.br

Rodrigo Santana Macedo 

Instituto Nacional do Semiárido, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6893600036572164>
<http://orcid.org/0000-0003-0462-1480>
macedo-rs@hotmail.com

Renato Francisco da Silva Souza 


Universidade Federal da Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4194068235666152>
<http://orcid.org/0000-0001-8213-1722>
renatofssouza@live.com

Simão Lindoso de Souza 

Universidade Federal da Paraíba, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5989971498245736>
<http://orcid.org/0000-0001-5761-4001>
simao@ccbs.uepb.edu.br

Cristiano dos Santos Sousa 

Instituto Nacional do Semiárido, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9275640256261005>
<http://orcid.org/0000-0001-8804-6545>
cs.agronomia@gmail.com

George Rodrigues Lambais 

Instituto Nacional do Semiárido, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4339154071085651>
<http://orcid.org/0000-0001-9141-7466>
george.lambais@insa.gov.br

Alexandre Pereira de Bakker 

Instituto Nacional do Semiárido, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5913290628658008>
<http://orcid.org/0000-0002-7634-4286>
alexandre.bakker@insa.gov.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.008.0035

Referencing this:

OLANDINI, É.; NASCIMENTO, M. M. B.; MACEDO, R. S.; SOUZA, R. F. S.; SOUZA, S. L.; SOUSA, C. S.; LAMBAIS, G. R.; BAKKER, A. P.. Atividade microbiana e carbono orgânico do solo em agroecossistemas sob diferentes manejos no semiárido paraibano. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.8, p.412-427, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.008.0035>

INTRODUÇÃO

A zona rural do Semiárido brasileiro (SAB) possui cerca de 1,83 milhões de estabelecimentos agropecuários, ocupando uma área de mais de 52,7 milhões de hectares (MEDEIROS, 2018). Segundo Fortini (2020), aproximadamente 79% desses estabelecimentos são constituídos pela agricultura familiar. Esses agroecossistemas apresentam vulnerabilidades que estão diretamente relacionadas com déficits hídricos, mudanças climáticas e o fenômeno da desertificação, o que torna necessário a adoção de estratégias adaptativas pelos agricultores, incluindo práticas de manejos sustentáveis que melhorem a gestão dos recursos naturais no SAB (MACHADO FILHO et al., 2016).

A agricultura familiar vem adotando estratégias baseadas na produção agroecológica, onde cerca de 16% do total dos estabelecimentos agropecuários no SAB utilizam sistemas agroflorestais de produção, sendo esse percentual maior do que o verificado nacionalmente (SILVA et al., 2020). Os sistemas agroflorestais (SAFs) provêm serviços ecossistêmicos importantes, tais como a conservação da água, melhorias nas condições climáticas locais, aumento da produtividade dos solos, ciclagem de nutrientes e controle de pragas agrícolas (NEUFELDT et al., 2008).

A importância da manutenção e melhoria da qualidade do solo pode ser compreendida a partir da avaliação da sustentabilidade, auxiliando pequenos agricultores na seleção de sistemas sustentáveis de produção. Tal procedimento tem a função de avaliar o desenvolvimento de uma atividade em determinado período em um espaço limitado, com o uso de ferramentas denominadas indicadores de sustentabilidade, informando o nível em que a mesma se encontra (ALENCAR et al., 2018). A atividade microbiana do solo é considerada um indicador de alta sensibilidade da qualidade do solo, uma vez que os microrganismos participam dos processos de decomposição e mineralização de compostos orgânicos, que são responsáveis pelos ciclos biogeoquímicos (SILVA et al., 2020).

Segundo Nogueira et al. (2013), os microrganismos do solo e os processos por eles realizados demonstram-se bons indicadores na avaliação da qualidade do solo, pois, além de apresentarem uma rápida resposta, atuam em importantes processos ecológicos. Entre os parâmetros utilizados para caracterizar os componentes microbiológicos do solo, destacam-se o carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico (qCO_2), quociente microbiano ($qMic$), fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e a avaliação das atividades enzimáticas (fosfatases alcalinas, β -glucosidase, entre outras).

O metabolismo microbiano do solo apresenta significantes respostas em virtude das condições estabelecidas por sistemas de manejo (BINI et al., 2014; NOGUEIRA et al., 2014; SANTOS et al., 2014) e mudanças no uso da terra (FAGOTTI et al., 2012; BINI et al., 2013). Estudos demonstraram a redução do estoque de carbono microbiano em sistemas menos estáveis, como pastagens e plantio convencional, quando comparados às matas nativas e ambientes similares como os sistemas agroflorestais (ALVES et al., 2011; LIMA et al., 2011; LOURENTE et al., 2011). Nesse sentido, diversos estudos sob variadas condições ambientais têm avaliado o carbono da biomassa microbiana do solo devido sua relação com o crescimento

microbiológico, onde num sentido oposto, implica em maiores emissões de CO₂ e menor conversão de carbono em biomassa (MAHARJAN et al., 2017; BARGALI et al., 2018; CHEN et al., 2020).

A RBS é sensivelmente afetada pelas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, diferentes sistemas de uso da terra, clima e tipologia vegetal (EBRAHIMI et al., 2019). A substituição da vegetação nativa pode reduzir a RBS devido a diminuição das entradas de carbono do solo via superfície ou rizosfera (BINI et al., 2013), enquanto que a adoção de sistemas de uso de solo menos impactantes tem o potencial de contribuir para que a atividade biológica se mantenha em níveis mais elevados (BABUJIA et al., 2010).

Os FMA também são considerados como importantes indicadores da qualidade do solo, onde através de suas hifas e da produção de glomalina estão diretamente envolvidos na agregação do solo (DOBO et al., 2018; POSADA et al., 2018; WRIGHT et al., 2007). Essa glicoproteína, definida como proteína do solo relacionada à glomalina (PSRG), apresenta na sua composição entre 36-59% de carbono e dessa forma contribui para o acúmulo de carbono no solo (KOIDE et al., 2013; SINGH et al., 2016; WU et al., 2014).

Por sua reconhecida importância nos mecanismos de agregação dos solos, estudos sob diferentes condições climáticas têm sido desenvolvidos com o objetivo de avaliar influência da glomalina na estabilização e sequestro de carbono em agregados (FOKOM et al., 2012; ZHANG et al., 2015; ZHU et al., 2019; LIU et al., 2020). Acessar o conteúdo de carbono em diferentes tamanhos de agregados pode revelar os mecanismos envolvidos no sequestro de carbono em agroecossistemas (WU et al., 2012; BIMÜLLER et al., 2016), dado que diferentes classes de agregados contêm teores distintos de carbono orgânico total de distinta recalcitrância e acessibilidade microbiana, no qual são influenciados pelos sistemas de uso da terra e práticas de manejo do solo.

Tendo em vista a importância dos atributos microbiológicos na sustentabilidade de agroecossistemas, estudos que visam avaliar práticas mais sustentáveis de uso da terra, nesses sistemas de produção, devem ser estimulados na região do semiárido brasileiro. O objetivo desse estudo foi quantificar os atributos relacionados a atividade microbiana e o carbono orgânico total no solo em dois agroecossistemas sob diferentes sistemas de manejo no semiárido paraibano.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado em dois agroecossistemas familiares (propriedades rurais) em processo de transição agroecológica, localizados nos municípios de Queimadas (07°27' 51.6''S e 35°51'04.8''O; 433 m) e Boqueirão (7°23'55.7"S e 36°12'22.7"O; 425 m), região semiárida do estado da Paraíba (Figura 1). Os municípios estão inseridos no Complexo Cabaceiras, constituído por ortognaisses granodiorítico, onde predominam Luvisolos Crômicos, Neossolos Litólicos e Planossolos Hápicos (BRASIL, 1972). O clima da região é do tipo BSh segundo a classificação de Köppen, com precipitação média anual inferior a 700 mm, abrangendo as regiões mais secas do país.

A estação chuvosa ocorre entre março/abril e agosto, enquanto a estação seca estende-se de setembro a fevereiro. As médias anuais de temperatura são de 23,7 °C para ambos os municípios, com precipitação de 639 e 467 mm para Queimadas e Boqueirão, respectivamente (ALVARES et al., 2013). Em

2019, a precipitação total foi de 233 e 389 mm em Queimadas e Boqueirão, respectivamente (Figura 2).

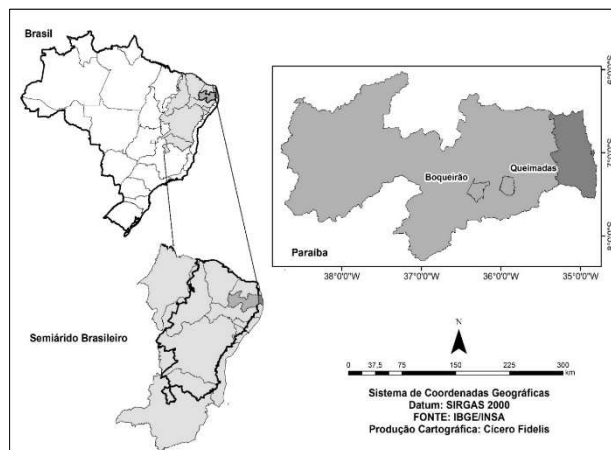


Figura 1: Localização geográfica dos municípios de Queimadas e Boqueirão, semiárido paraibano.

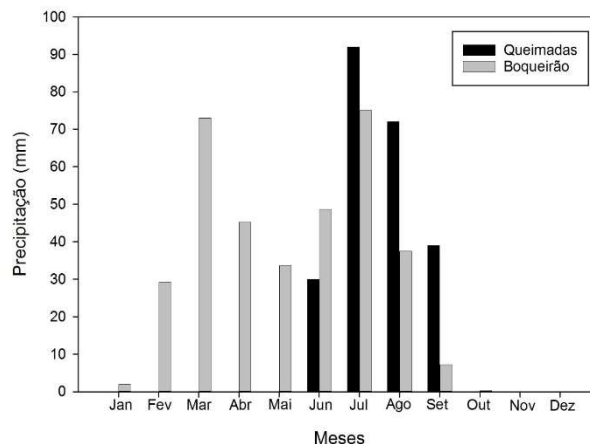


Figura 2: Valores de precipitação pluviométrica mensal em 2019 nos municípios de Queimadas e Boqueirão, semiárido paraibano.

Os diferentes tipos de usos e manejos dos solos avaliados nos agroecossistemas familiares foram os sistemas Caatinga sob pastejo (CP), silviagrícola (SA) e monocultivo (SM). As informações detalhadas desses sistemas encontram-se na Tabela 1. A coleta de solo foi realizada em setembro de 2019.

Para cada sistema de manejo do solo, em uma de área de 400 m², foram coletadas cinco amostras na profundidade de 0-20 cm. Essas amostras simples foram homogêneas para composição de uma amostra composta. Nessas amostras foram determinados a respiração basal do solo (RBS), o carbono da biomassa microbiana (CBM) e o número de esporos de FMA. Amostras indeformadas (0-20 cm) coletadas em triplicata foram submetidas ao fracionamento de agregados para determinação das frações da proteína do solo relacionada a glomalina (PSRG) e carbono orgânico total (COT). Os atributos físicos e químicos dos solos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1: Histórico de uso dos diferentes sistemas de manejo do solo em agroecossistemas familiares nos municípios de Queimadas e Boqueirão, semiárido paraibano.

Uso do solo	Descrição dos sistemas
Queimadas	
CP – Caatinga sob pastejo	Vegetação secundária de Caatinga hipoxerófila com aproximadamente 30 anos, utilizada para pastoreio de caprinos e bovinos, com a prática de descanso do solo durante a estação chuvosa. Na área encontram-se espécies de cactáceas: cardeiro (<i>Cereus jamacaru</i> DC), facheiro (<i>Pilosocereus pachycladus</i> F.Ritter), xique-xique (<i>Pilosocereus gounellei</i> FAC Weber); e arbóreas: aroeira (<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão), catingueira (<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.), angico (<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brennan), pereiro (<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart.), jurema-preta (<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir), juazeiro (<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.), pinhão-bravo (<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill) e baraúna (<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.).
SA - Sistema silviagrícola	Plantio consorciado, iniciado em 2015, com cultivo de três variedades de palma forrageira: gigante (<i>Opuntia ficus indica</i> Mill.), doce miúda (<i>Nopalea cochenillifera</i> Salm-Dick) e orelha de elefante (<i>Opuntia stricta</i> Haw) em conjunto com espécies arbóreas nativas: juazeiro, angico, baraúna, jucá (<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart. ex Tul), catingueira e canafístula (<i>Senna spectabilis</i> (DC.) Irwin et Barn); e frutíferas: acerola (<i>Malpighia puniceifolia</i> L.), pinha (<i>Annona squamosa</i> L.) e trapiá (<i>Crateva tapia</i> L.).
SC - Sistema de monocultivo	Cultivo de palma forrageira da variedade orelha de elefante (3 anos de idade), em sequeiro, com aplicação de esterco caprino duas vezes ao ano.
Boqueirão	
CP – Caatinga sob pastejo	Área de Caatinga hipoxerófila com aproximadamente 40 anos, utilizada para pastejo contínuo. Na área encontram-se espécies de cactáceas: cardeiro, facheiro, coroa-de-frade (<i>Melocactus violaceus</i> Pfeiff), xique-xique, palmatória-de-pelo (<i>Tacinga inamoena</i> K.Shum.), palmatória-de-espinho (<i>Tacinga palmadora</i> Britton&Rose) e gogóia (<i>Tacinga subcylindrica</i> M.C.Machado&N.P.Taylor); além de espécies arbóreas como catingueira, jurema preta, jurema-branca (<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth) Ducke), pereiro, juazeiro, canafístula e aroeira.

SA - Sistema silviagrícola	Plantio consorciado, iniciado em 2010, com cultivo de duas variedades de palma forrageira: orelha de elefante e doce miúda em conjunto com espécies arbóreas: gliricídia (<i>Gliricidea sepium</i> (Jacq.) Steud.) e leucena (<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit); e frutíferas: acerola, seriguela (<i>Spondias purpurea</i> L.) e pinha.
SM - Sistema de monocultivo	Cultivo de palma forrageira da variedade orelha de elefante (4 anos de idade), em sequeiro. Na área é realizado o roço durante a estiagem e os restos vegetais são deixados sobre o solo, como proteção e adubo.

Atividade microbiana

A RBS foi realizada através da metodologia proposta por Jenkinson et al. (1976). As amostras foram incubadas, juntamente com frascos contendo NaOH, por 10 dias à uma temperatura de 28°C. Após esse período foi realizada a titulação com solução 0,5M de HCl. Para o cálculo dos resultados utilizou-se da equação 1.

$$RBS = \frac{(Vb-Va).M.6.1000}{Ps \cdot t} \quad (1)$$

Onde:

RBS (mg de C-CO₂ Kg⁻¹ solo hora⁻¹) = carbono oriundo da respiração basal do solo;

Vb (ml) = volume de ácido clorídrico gasto na titulação da solução controle;

Va (ml) = volume gasto na titulação da amostra;

M = molaridade exata do HCl;

Ps (g) = massa de solo seco e;

T = tempo de incubação da amostra em horas.

O CBM foi obtido através do método CEF (Clorofórmio-Fumigação-Extração) proposto por Vance et al (1987), onde as amostras foram subdivididas, e uma da subamostra foi fumigada por 24 horas em dessecador, contendo 25 ml de clorofórmio livre de etanol. Após a fumigação foi realizada a extração do CBM nas amostras fumigadas (F) e não fumigadas (NF), adicionando-se solução de K₂SO₄ 0,5 mol L⁻¹ e mantida em agitação à 200 rpm por 30 minutos. A titulação foi realizada com sulfato ferroso amoniacal. O cálculo do CBM (mg/kg) da biomassa microbiana foi realizado através da equação 2.

$$CBM = \frac{Cf - Cnf}{Kc} \quad (2)$$

Onde:

Cf = Carbono do solo fumigado;

Cnf = resultado do carbono do solo não fumigado;

Kc = 0,33.

Através dos resultados de RBS e CBM foi calculado o qCO₂ do solo (mgC-CO₂.g⁻¹CBM.h⁻¹) pela equação 3.

$$qCO_2 = \frac{RBS}{CBM} \cdot 10^3 \quad (3)$$

Carbono orgânico nos agregados do solo

Os agregados estáveis em água foram separados por peneiramento em via úmida (EMBRAPA, 2017). Nesse procedimento as amostras indeformadas foram fragmentadas em agregados menores e passadas em peneiras com malha de 9,52 mm. Em seguida, foram transferidas para um conjunto de peneiras onde foram obtidos agregados com tamanho > 2,00 mm (macroagregados), 2,00-0,25 mm (mesoagregados) e 0,25-0,053 mm (microagregados). O COT dos agregados foi determinado por meio de oxidação via úmida com dicromato de potássio - Walkley-Black (EMBRAPA, 2017).

Tabela 2: Atributos físicos e químicos de solos (0-20 cm) em diferentes sistemas de manejo do solo em agroecossistemas familiares nos municípios de Queimadas e Boqueirão, semiárido paraibano.

Uso	Areia	Silte	Argila	pH H ₂ O	CE dS m ⁻¹	K ⁺	Na ⁺	H +Al	P	COT
	g kg ⁻¹					cmol _c kg ⁻¹			g kg ⁻¹	
Queimadas										
CP	433	211	346	7,8	0,16	0,1	0,1	1,8	2,9	13,70
SA	559	165	276	7,0	0,26	0,4	0,0	3,6	150,5	25,06
SM	488	196	316	7,6	0,12	0,1	0,1	1,9	0,8	10,46
Boqueirão										
CP	689	187	124	6,7	0,20	4,8	0,2	4,0	37,2	4,86
SA	649	174	186	7,6	0,30	3,4	1,9	2,8	161,3	21,30
SM	532	207	262	6,3	0,30	3,1	3,3	6,0	1,5	13,93

CP: Caatinga sob pastejo; SA: sistema silviagrícola; SM: sistema de monocultivo.

Fungos micorrízicos arbusculares

Os esporos de FMA foram extraídos de 50g de solo por peneiramento úmido (GERDEMANN et al., 1963) e centrifugação em solução de sacarose a 45% (JENKINS, 1964). Em seguida, para recuperar os esporos foram utilizadas duas peneiras sobrepostas com malhas de 250 e 37 µm. A quantificação foi realizada em placa de Petri canelada com auxílio de estereomicroscópio (40x), onde somente esporos viáveis foram considerados.

As frações da proteína do solo relacionada a glomalina (PSRG) foram determinadas nas três classes de agregados do solo. A quantificação da PSRG foi realizada pelo método de Wright et al. (1996). Duas frações da PSRG (glomalina facilmente extraível, PSRG-FE e glomalina total, PSRG-T) foram determinadas através de condições de extrações distintas. A PSRG-FE foi obtida a partir da extração em autoclave, utilizando-se 1 g de solo e 8 ml de solução citrato de sódio (20 mM; pH 7,4) a uma temperatura de 121 °C por 30 min, seguido de centrifugação a 5.000 rpm durante 15 min. A PSRG-T foi obtida utilizando-se 1 g de solo e 8 ml de citrato de sódio (50 mM; pH 8,0) a 121 °C por 60 min, seguido de centrifugação a 5.000 rpm durante 10 min. Para extração desta fração, foram necessários três ciclos de autoclavagem, até que as amostras atingissem a cor amarelo-claro. A quantificação da PSRG foi realizada pelo método Bradford (1976), usando como padrão albumina de soro bovina. As concentrações da PSRG, para ambas as frações, foram corrigidas para mg g⁻¹ de solo, considerando-se o volume total de sobrenadante e o peso seco do solo.

Análises estatísticas

Os dados foram analisados quanto a normalidade e homogeneidade da variância pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Em seguida foi realizada a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ambos ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No agroecossistema de Queimadas, a respiração basal do solo foi 15 e 19% maior na Caatinga sob pastejo em relação aos sistemas silviagrícola e monocultivo, respectivamente (Tabela 3). Os resultados de carbono da biomassa microbiana seguiram a mesma tendência, com aumento de 36 e 52% na Caatinga sob pastejo quando comparado aos sistemas silviagrícola e monocultivo, respectivamente. Os valores

encontrados para o quociente metabólico (qCO_2), apresentaram a ordem silviagrícola > monocultivo > Caatinga sob pastejo. Contudo, os diferentes tipos de manejo do solo não apresentaram diferenças significativas para as variáveis analisadas.

Tabela 3: Valores de respiração basal do solo (RBS), carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente metabólico (qCO_2) sob diferentes sistemas de manejo do solo em agroecossistemas familiares nos municípios de Queimadas e Boqueirão, semiárido paraibano.

Uso	RBS mg C-CO ₂ Kg ⁻¹ solo h ⁻¹	CBM mg C kg ⁻¹ solo	qCO_2 mg C-CO ₂ g ⁻¹ CBM h ⁻¹
Queimadas			
CP	0,26 a	346,3 a	0,82 a
SA	0,22 a	219,9 a	2,02 a
SM	0,21 a	163,8 a	1,54 a
Boqueirão			
CP	0,31 a	140,4 b	3,03 a
SA	0,22 ab	355,6 a	0,61 a
SM	0,11 b	84,2 b	1,78 a

CP: Caatinga sob pastejo; SA: sistema silviagrícola; SM: sistema de monocultivo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No agroecossistema de Boqueirão, a RBS em Caatinga sob pastejo foi 29% maior em relação ao sistema silviagrícola, embora não diferindo estatisticamente. Contudo, em comparação com o sistema de monocultivo, houve um aumento significativo de 64% na RBS em Caatinga sob pastejo. Em relação aos resultados de CMB, o sistema silviagrícola apresentou maiores valores, diferindo significativamente, em comparação a Caatinga sob pastejo e ao sistema de monocultivo (60 e 76%, respectivamente). Para o qCO_2 , os resultados não diferiram estatisticamente ($p < 0,05$), sendo observada a ordem Caatinga sob pastejo > monocultivo > silviagrícola.

A ausência de diferença significativa na RBS entre sistemas de manejo no agroecossistema de Queimadas pode ser creditada a recente implantação desses sistemas de plantio (D'ANDREA et al., 2002; MERCANTE et al., 2008). Contudo, Correia et al. (2015) não encontraram alterações significativas na RBS em áreas com diferentes estágios sucessionais da Caatinga (pasto, inicial, intermediário e tardio), no município de Santa Teresinha-PB, durante a estação seca. Entretanto, os mesmos autores constataram diferenças significativas na RBS durante o período chuvoso.

O aumento significativo da RBS na Caatinga sob pastejo do agroecossistema de Boqueirão indica uma possível influência do pastejo contínuo, onde não é realizada a prática de descanso do solo, diferentemente do mesmo sistema em Queimadas. Esses resultados são corroborados por Luna et al. (2019), que observaram uma maior RBS em função do aumento na intensidade do pastejo por caprinos na região do Cariri paraibano. Isso aponta que na Caatinga sob pastejo há provavelmente maior estresse da população microbiana, ao qual consome mais carbono orgânico oxidável. Segundo Islam et al. (2000), a elevada taxa de RBS pode indicar tanto um distúrbio do agrossistema como um alto nível de produtividade. Em geral, uma elevada liberação de CO₂ está relacionada à maior atividade biológica, estando diretamente associada com a quantidade de C lábil no solo (CUNHA et al., 2011). Entretanto, a interpretação dos resultados da RBS deve ser realizada de forma criteriosa, uma vez que elevados valores podem significar liberação de nutrientes para as plantas a curto prazo e perda de C orgânico do solo para a atmosfera a longo prazo (SOUZA et al., 2010).

Os resultados de CBM encontrados nos diferentes sistemas de manejo variaram de 84 a 355 mg C kg⁻¹ de solo e de 163 a 346 mg C kg⁻¹ de solo nos agroecossistemas de Boqueirão e Queimadas, respectivamente. Esses resultados estão dentro dos limites encontrados na região, onde foram relatados valores de CBM na ordem de 72 a 385 mg C kg⁻¹ em diversos tipos de usos do solo em áreas sob Caatinga (KASCHUK et al., 2010). O significativo aporte de CBM no sistema silviagrícola, em relação aos demais sistemas de manejo no agroecossistema de Boqueirão, demonstra o potencial de reserva de C no solo através da integração de um plantio diversificado na mesma área. Esses resultados corroboram a mesma tendência encontrada para o aumento de CBM em sistemas semelhantes na região do semiárido baiano (ALMEIDA et al., 2017). Esses autores relataram que o sistema de produção integrada, através do cultivo de palma forrageira em consórcio com espécies arbóreas (gliricídia, leucena, sábia, angico e jurema) e frutíferas (pinha, caju e mamão), aumentou os valores de CBM quando comparado a um sistema convencional composto por uma menor diversidade vegetal. A combinação de diferentes espécies em um mesmo sistema pode resultar em aumentos na disponibilidade de matéria orgânica, bem como a densidade radicular no solo, favorecendo a imobilização de C pela biomassa microbiana (PEREZ et al., 2004; GAMA-RODRIGUES et al., 2008). De fato, em ambos os agroecossistemas avaliados, os menores valores de CBM foram constatados nos sistemas de monocultivo com palma forrageira.

Apesar de não significativas, foi possível observar diferentes respostas nas taxas de qCO_2 em função das características dos sistemas de manejo. As menores taxas de qCO_2 no agroecossistema de Queimadas foram obtidas na Caatinga sob pastejo, onde é realizado o interropimento do pastejo durante a estação chuvosa. Já em Boqueirão, as menores taxas de qCO_2 ocorreram no silviagrícola, onde é praticado o sistema de cultivo consorciado há cerca de dez anos. Segundo Souza et al. (2006), conforme a biomassa microbiana do solo torna-se mais eficiente, frações significativas de C são incorporadas e, conseqüentemente, deixam de ser perdidas como CO_2 pela respiração. Em geral, baixo qCO_2 indica um ambiente mais estável ou mais próximo do seu estado de equilíbrio e, ao contrário, valores elevados são indicativos de ecossistemas submetidos a alguma condição de estresse ou de distúrbio (TÓTOLA et al., 2002).

Os valores do número de esporos viáveis de FMA variaram entre 27 e 54 em 50 g de solo nos agroecossistemas avaliados (Figura 3). Resultados semelhantes foram relatados em estudos realizados com diferentes tipos de uso e manejo do solo, no semiárido nordestino, onde a quantidade de esporos viáveis variou de 13 a 58 em 50 g de solo (SOUSA et al., 2013; SOUSA et al., 2014).

No agroecossistema de Queimadas, o maior número de esporos foi encontrado no sistema silviagrícola, com aumento significativo de 39% em relação a Caatinga sob pastejo e de 11% comparado ao monocultivo. Em Boqueirão, a quantidade de esporos foi 36 e 7% maior na Caatinga sob pastejo quando comparado aos sistemas silviagrícola e monocultivo, respectivamente. Entretanto, para esse agroecossistema não houveram diferenças significativas entre os sistemas de manejo.

O aumento significativo na quantidade de esporos no sistema silviagrícola de Queimadas pode estar relacionado a uma maior diversidade de espécies vegetais. Segundo Silva et al. (2015), a diversidade de espécies em um ecossistema pode promover aumento na população dos FMA nativos do solo, beneficiando

as plantas de interesse agrícola e florestal. Bonfim et al. (2010), em estudo realizado no semiárido baiano, constataram que o plantio consorciado proporcionou um aumento significativo na quantidade de esporos de FMA em relação ao plantio convencional com monocultivo de café. Ademais, estudos tem mostrado que a colonização micorrízica é maior nos estádios iniciais de sucessão e diminui em direção aos estágios de clímax (ZANGARO et al., 2002; MEDEIROS et al., 2018). Sendo assim, a presença de espécies vegetais em estágios iniciais de crescimento, com maiores demandas nutricionais, também pode ser uns dos fatores responsáveis pelo aumento na quantidade de esporos no sistema silviagrícola em Queimadas.

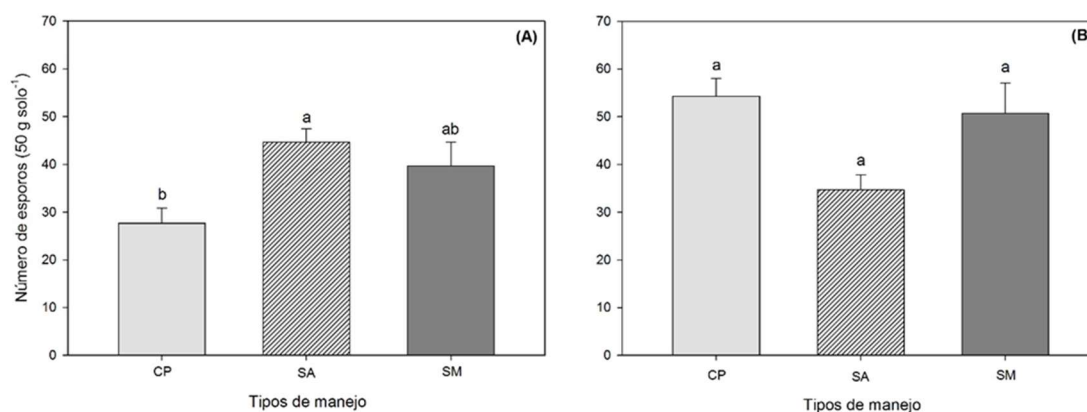


Figura 3: Número de esporos viáveis de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em diferentes sistemas de manejo do solo em agroecossistemas familiares nos municípios de Queimadas (A) e Boqueirão (B), semiárido paraibano. CP: Caatinga sob pastejo; SA: sistema silviagrícola; SM: sistema de monocultivo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Barras de erro padrão ($n=3$).

As concentrações de PSRG encontradas nas três classes de agregados em Queimadas variaram entre 2,6 e 4,2 mg g^{-1} solo para PSRG-FE e de 3,8 a 5,4 mg g^{-1} solo para PSRG-T (Tabela 4). Nesse agroecossistema, os diferentes sistemas de manejo não apresentaram diferenças significativas para as frações de PSRG em todas as classes de agregados do solo avaliadas. Já em Boqueirão, os resultados obtidos foram de 0,7 e 3,5 mg g^{-1} solo para PSRG-FE e de 1,9 a 5,0 mg g^{-1} solo para PSRG-T.

Tabela 4: Valores médios de proteína do solo relacionada a glomalina, nas frações facilmente (PSRG-FE) e total (PSRG-T), e carbono orgânico total (COT) em classes de agregados do solo, nos diferentes sistemas de manejo de agroecossistemas nos municípios de Queimadas e Boqueirão, semiárido paraibano.

Uso	PSRG-FE (mg g^{-1} solo)			PSRG-T (mg g^{-1} solo)			COT (g kg^{-1} solo)		
	> 2,0	2,0-0,25	0,25-0,05	> 2,0	2,0-0,25	0,25-0,05	> 2,0	2,0-0,25	0,25-0,05
Agregados (mm)									
Queimadas, PB									
CP	3,78a	3,05 a	2,61 a	3,84 a	3,97 a	4,05 a	12,27 b	13,52 b	11,49 b
SA	3,74 a	3,65 a	3,99 a	5,19 a	4,87 a	5,45 a	20,88 a	22,68 a	23,95 a
SM	4,22 a	3,84 a	3,17 a	5,13 a	4,62 a	4,57 a	8,70 b	9,01 c	9,01 b
Boqueirão, PB									
CP	0,93 b	0,70 b	1,18 b	2,47 a	1,92 b	3,03 b	17,25 b	18,34 b	16,00 b
SA	1,53 b	1,93 ab	2,33 ab	2,59 a	4,01 a	4,93 a	24,39 a	28,59 a	26,88 a
SM	3,59 a	3,15 a	3,43 a	4,05 a	4,45 a	5,00 a	15,53 b	16,00 b	15,38 b

CP: Caatinga sob pastejo; SA: sistema silviagrícola; SM: sistema de monocultivo. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Estudos realizados no semiárido brasileiro têm relatado valores distintos para as frações de PSRG em função do tipo de uso ou manejo do solo. Sousa et al. (2014), em estudo com diferentes estádios sucessionais da Caatinga no estado da Paraíba, encontraram concentrações entre 1,1 a 1,6 mg g^{-1} solo de PSRG-FE e de

2,0 a 2,9 mg g⁻¹ solo para PSRG-T. Santos et al. (2018), observaram uma variação de 0,7 a 1,1 mg g⁻¹ solo para PSRG-FE e de 5,1 a 6,4 mg g⁻¹ solo para PSRG-T em áreas de pasto e diferentes estádios de sucessão no norte de Minas Gerais. Por sua vez, Miguel et al. (2020) obtiveram valores de PSRG-FE entre 0,9 e 2,9 mg g⁻¹ solo e 4,5 a 10,3 mg g⁻¹ solo de PSRG-T em estudo comparativo entre sistemas agroflorestais, monocultura, regeneração natural e mata nativa no estado do Piauí.

O sistema de monocultivo de palma forrageira em Boqueirão proporcionou maiores concentrações de PSRG-FE, com significativos aumentos, em comparação a Caatinga sob pastejo para todas as classes de agregados do solo. Além disso, o mesmo sistema de manejo apresentou um incremento significativo de PSRG-FE na classe de macroagregados do solo em relação ao sistema silviagrícola. Tais resultados confirmam que o plantio de palma forrageira incrementa a produção de proteínas recentes e relativamente mais lábeis (PSRG-FE) através dos FMA, indicando condições mais favoráveis à adsorção de nutrientes e à formação de complexos organominerais de maior estabilidade. Sousa et al. (2013), avaliaram a relação entre diferentes sistemas de usos da terra (tradicionais e agroflorestais) e comunidades de FMA no semiárido paraibano, e constataram que os maiores teores de PSRG foram registrados em sistema com produção de palma forrageira, que também apresentaram maior porcentagem de colonização micorrízica. Esses autores sugeriram que grandes quantidades de fotoassimilados estavam sendo alocados aos FMA pelas plantas, o que possivelmente estimulou a produção dessa proteína.

Espécies de cactáceas, tais como a palma forrageira, são encontradas em regiões áridas e semiáridas e, portanto, estão sujeitas a diversos tipos de estresse, como altas temperaturas e baixa disponibilidade de água e nutrientes. Essas são condições favoráveis para o estabelecimento da simbiose micorrízica nessas espécies (SMITH et al., 1997). De fato, maiores concentrações de PSRG tendem a favorecer o desenvolvimento vegetal sob condições de estresse (WU et al., 2014). CHI et al. (2018) observaram uma influência positiva da PSRG-FE nos mecanismos fisiológicos de tolerância a seca em mudas de laranja, onde foi possível constatar aumentos significativos do potencial da água na folha, na taxa fotossintética líquida, taxa de transpiração, condutância estomática e nas concentrações intercelulares de CO₂.

Estudo realizado em solos tropicais mostrou que a concentração de PSRG-FE foi menor em solos que apresentam maiores teores de P e K⁺, ao qual foi atribuído a diferenças nas taxas de produção, extensão da incorporação nos agregados e/ou as taxas de decomposição da glomalina em relação ao gradiente de fertilidade dos solos (LOVELOCK et al., 2004). Os dados obtidos no agroecossistema de Boqueirão corroboram essa constatação, pois a maior concentração de PSRG-FE foi encontrada no sistema de manejo (monocultivo) com menor teor de P e K⁺. Tal fato assume importante relevância por apontar que a produção e estabilização da glomalina em regiões semiáridas provavelmente possa envolver mecanismos semelhantes aos reportados sob condições climáticas e pedológicas distintas.

Para os resultados de PSRG-T em Boqueirão, os sistemas de monocultivo de palma forrageira e silviagrícola apresentaram maiores valores em relação a Caatinga sob pastejo nas classes meso e microagregado do solo, aumentando os teores dessa fração que sofre reações bioquímicas e está intrinsecamente ligada com as partículas do solo e, conseqüentemente, mais recalcitrante (KOIDE et al.,

2013). Isso sugere que esses tipos de manejos (monocultivo de palma forrageira e silviagrícola), menos expostos a distúrbios, foram mais eficientes na incorporação da PSRG-T ao solo. Silva et al. (2020) relataram que sistemas agroflorestais apresentaram maiores concentrações de PSRG-T em relação ao uso tradicional do solo, no quais são adotadas práticas de manejos com maiores impactos.

Além disso, menores teores de argila no solo na Caatinga sob pastejo podem ter influenciado a baixa concentração de PSRG-T em relação aos demais sistemas. Sousa et al. (2011) relataram a mesma influência do conteúdo de argila sobre as concentrações de PSRG-T em dois tipos de solos (Neossolo Flúvico e Luvisolo) no semiárido paraibano. Os autores atribuíram a importância da argila na proteção da PSRG-T, reduzindo a ação de microrganismos decompositores. O processo de decomposição da PSRG-T pode ser influenciado pelos teores de argila, sendo que estes minerais promovem proteção física no interior dos agregados, bem como pelo nível de ligação da molécula com as partículas do solo (TRESEDER et al., 2007; NICHOLS et al., 2005).

Forte correlação é comumente encontrada entre glomalina e estabilidade de agregados nos solos (WRIGHT et al., 2000). Dado seu importante papel na agregação dos solos, a glomalina está envolvida em processos que promovem melhorias à aeração, drenagem e atividade microbológica dos solos (LOVELOCK et al., 2004), bem como, significativamente reduz a degradação da matéria orgânica dada a proteção aos compostos lábeis no interior dos agregados, contribuindo para o sequestro de carbono em solos (WRIGHT et al., 2000). Ainda, por alocar principalmente carbono em grupos carboxílicos e fenólicos, a glomalina é muito similar aos ácidos húmicos (SCHINDLER et al., 2007), podendo fortemente interagir com estáveis complexos organominerais (QUIQUAMPOIX et al., 2007), que contribuem sobremaneira para o aumento da capacidade de adsorção de nutrientes nos solos e redução de contaminantes no ambiente (KLOSTER et al., 2015). Dessa forma, nossos dados indicam que a maior produção de glomalina em sistemas de monocultivo com palma forrageira e/ou que utilizam práticas de plantio consorciado podem efetivamente contribuir para o aumento da produtividade e sustentabilidade de agroecossistemas na região, dado os impactos significativos na mitigação de emissão de gases de efeito estufa, controle de processos erosivos (aumento da agregação dos solos), transporte de nutrientes e aumento da fertilidade e de carbono nos solos.

O sistema de monocultivo de palma forrageira em Queimadas apresentou significativo aumento ($p < 0,05$) de COT na classe de mesoagregados em relação a Caatinga sob pastejo. Os teores de COT em todas as classes de agregados no sistema silviagrícola são significativamente maiores ($p < 0,05$) quando comparado com os demais sistemas de manejo, em ambos agroecossistemas. Isso indica que esse tipo de manejo possui maior capacidade de estocar carbono tanto a curto quanto a longo prazo, tendo em vista que os conteúdos de glomalina nos microagregados e macroagregados apontam para teores mais antigos e recentes de carbono orgânico, respectivamente (SIX et al., 2004). Os teores significativos de COT nos agregados no sistema silviagrícola também indicam que as práticas de manejo adotadas contribuem consideravelmente para a proteção física do carbono quanto a mineralização por microrganismos e enzimas (WEI et al., 2013), o que aumenta o tempo de residência médio da matéria orgânica nesses solos, acarretando em maiores teores de estoque de carbono.

Segundo Six et al. (2004), a classe de macroagregados do solo produzem maiores taxas de emissão de CO₂ devido a menor estabilidade, maior conteúdo de matéria orgânica lábil e menor proteção contra a mineralização quando comparado com microagregados. Esses também apresentam consideráveis teores de C e N dado sua constituição a partir de microagregados e agentes cimentantes orgânicos (SIX et al., 2000). Tais assertivas apontam que os sistemas silviagrícolas avaliados podem efetivamente contribuir para a regulação do clima regional, tendo em vista a considerável incorporação de carbono em agregados de maior estabilidade (microagregados) e menor susceptibilidade às perdas de carbono na forma de CO₂. Nossos resultados convergem com outros estudos que demonstraram que esses sistemas são efetivos em reduzir a emissão de CO₂ devido ao armazenamento de carbono orgânico no solo (VERCHOT et al., 2007; LIN et al., 2008). Ainda, pelo seu reconhecido efeito na estabilidade de agregados e, conseqüentemente, na agregação dos solos, a estabilização do COT em microagregados deve também contribuir para o controle de processos erosivos que promovem substanciais perdas a capacidade produtiva dos solos em regiões semiáridas (CGEE, 2016).

Nossos dados também demonstram que sistemas silviagrícolas com cinco anos já possuem a capacidade de estocar teores significativamente maiores de carbono quando comparado com sistemas de monocultivo e de Caatinga sob pastejo. Essa evidência assume ainda mais importância pelo fato dessas alterações ocorrerem em agroecossistemas inseridos em mesorregiões distintas do semiárido paraibano (Queimadas – Agreste; Boqueirão – Borborema), e, por conseguinte, constituídas por fatores abióticos também distintos, indicando que esses sistemas representam uma estratégia a médio e longo prazo para aumentar a resiliência frente às mudanças climáticas. Esses resultados encontrados corroboram outros estudos que demonstram que sistemas agroflorestais são mais resilientes as condições climáticas quando comparado com cultivos anuais e monocultura, pois apresentam mecanismos específicos no combate contra secas (GREGORY et al., 2000; SCHWENDENMANN et al., 2010). Logo, podem indiretamente melhorar a capacidade adaptativa de pequenos agricultores locais a partir da estabilização da variabilidade do microclima (LIN, 2007).

CONCLUSÕES

Os atributos microbiológicos utilizados foram eficientes indicadores de alterações no solo em função dos tipos de manejos adotados. No agroecossistema mais antigo, o sistema silviagrícola incrementou a biomassa microbiana do solo, a qual também se mostrou mais eficiente através da menor taxa do quociente metabólico. Os sistemas de manejos com cultivo de palma forrageira (monocultivo e silviagrícola) foram responsáveis pelas maiores concentrações de glomalina, resultando em condições mais favoráveis à adsorção de nutrientes e agregação dos solos. Em todas as classes de agregados do solo, os sistemas silviagrícolas proporcionaram maiores teores de carbono orgânico total, indicando maior estabilização e sequestro de carbono nesses sistemas.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e

Tecnológico (CNPq) pela bolsa do Programa de Capacitação Institucional (PCI) à primeira autora e aos terceiro, sexto e sétimo autores. Ao Instituto Nacional do Semiárido pelo uso da infraestrutura laboratorial nas análises físico-químicas e microbiológicas. Ao agricultor José Aldo Gonçalves de Brito pelo auxílio com as informações do histórico de uso da propriedade rural em Boqueirão-PB.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, I. C. W.; AZEVEDO, P. V.; CÂNDIDO, G. A.. Avaliação da Sustentabilidade dos Agroecossistemas Familiares que Produzem Coco-da-Baía em Monocultivo e Policultivo no Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa-PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.11, p.886-903, 2018. DOI: <http://doi.org/10.26848/rbgf.v11.3.p886-903>
- ALMEIDA, A. T.; SIMÕES, K. S.; ALMEIDA, J. R. C.; PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. F. S. P.. Qualidade biológica do solo em sistema de policultivo no semiárido da Bahia. **Ciência Agrícola**, v.15, p.75-81, 2017. DOI: <http://doi.org/10.28998/rca.v15i2.3209>
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G.. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728.
- ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO, M. F.. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.33, n.2, p.341-347, 2011.
- BABUJIA, L. C.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BROOKES, P. C.. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. **Soil Biology and Biochemistry**, v.42, p.2174-2181, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.08.013>
- BARGALI, K.; MANRAL, V.; PADALIA, K.; BARGALI, S. S.; UPADHYAY, V. P.. Effect of vegetation type and season on microbial biomass carbon in Central Himalayan forest soils, India. **Catena**, 171, 125-135, 2018.
- BIMÜLLER, C.; KREYLING, O.; KÖLBL, A.; VON LÜTZOW, M.; KÖGEL-KNABNER, I.. Carbon and nitrogen mineralization in hierarchically structured aggregates of different size. **Soil Tillage Research**, v.160, p.23-33, 2016.
- BINI, D.; SANTOS, C. A.; CARMO, K. B.; KISHINO, N.; ANDRADE, G.; ZANGARO, W.; NOGUEIRA, M. A.. Effects of land use on soil organic carbon and microbial processes associated with soil health in southern Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v.55, p.117-123, 2013.
- BINI, D.; SANTOS, C. A.; BERNAL, L. P. T.; ANDRADE, G.; NOGUEIRA, M. A.. Identifying indicators of C and N cycling in a clayey Ultisol under different tillage and uses in winter. **Applied Soil Ecology**, v.76, p.95-101, 2014.
- BONFIM, J. A.; MATSUMOTO, S. N.; LIMA, J. M.; CÉSAR, F. R. C. F.; SANTOS, M. A. F.. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e aspectos fisiológicos em cafeeiros cultivados em sistema agroflorestal e a pleno sol. **Revista Bragantia**, v.69, p.201-206, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0006-87052010000100025>
- BRADFORD, M. M.. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248-254, 1976. DOI: [http://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](http://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Interior. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: MAI, 1972.
- CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Brasília: CGEE, 2016.
- CHEN, S.; QI, G.; MA, G.; ZHAO, X.. Biochar amendment controlled bacterial wilt through changing soil chemical properties and microbial community. **Microbiological Research**, v.231, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.micres.2019.126373>
- CHI, G.; SRIVASTAVA, A. K.; WU, Q.. Exogenous easily extractable glomalin-related soil protein improves drought tolerance of trifoliolate orange. **Archives of Agronomy and Soil Science**, p.1-10, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1080/03650340.2018.1432854>
- CORREIA, K. G.; ARAÚJO FILHO, R. N.; MENEZES, R. S. C.; SOUTO, J. S.; FERNANDES, P. D.. Atividade microbiana e matéria orgânica leve em áreas de Caatinga de diferentes estágios sucessionais no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, v.28, p.196-202, 2015.
- CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A.; LEANDRO, W. M.. Sistema de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.603-611, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200029>
- D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C.. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na Região do Cerrado do Sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26, 913-923, 2002. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-06832002000400008>
- DOBO, B.; ASEFA, F.; ASFAW, Z.. Effect of tree-enset-coffee based agro-forestry practices on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) species diversity and spore density. **Agroforestry Systems**, v.92, n.2, p.525-540, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10457-016-0042-9>
- EBRAHIMI, M.; SARIKHANI, M. R.; SINEGANI, A. A. S.; AHMADI, A.; KEESSTRA, S.. Estimating the soil respiration under different land uses using artificial neural network and linear regression models. **Catena**, v.174, p.371-382, 2019.

DOI: <http://doi.org/10.1016/j.catena.2018.11.035>

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 3 ed. Brasília: EMBRAPA, 2017.

EMRAN, M.; GISPERT, M.; PARDINI, G.. Patterns of soil organic carbon, glomalin and structural stability in abandoned Mediterranean terraced lands. **European Journal Soil Science**, v.63, p.637-649, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2012.01493.x>

FOKOM, R.; ADAMOU, S.; TEUGWA, M. C.; BEGOU DE BOYOGUENO, A. D.; NANA, W. L.; NGONKEU, M. E. L.; TCHAMENI, N. S.; NWAGA, D.; TSALA NDZOMO, G.; AMVAM ZOLLO, P. H.. 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 Tillage Research**, v.120, p.69-75, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.still.2011.11.004>

FORTINI, R. M.. **Um novo retrato da agricultura familiar do semiárido nordestino brasileiro**: a partir dos dados do censo agropecuário 2017. 2020.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; PAULINO, G. M.; FRANCO, A. A.. Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1521-1530, 2008. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-06832008000400016>

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H.. Spores of mycorrhizal Endogene species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, v.46, p.235-244, 1963. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0007-1536\(63\)80079-0](http://doi.org/10.1016/S0007-1536(63)80079-0)

GREGORY, P. J.; INGRAM, J. I.. Global change and food and forest production: future scientific challenges. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.82, p.3-14, 2000. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00212-7](http://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00212-7)

HADDAD, M. J.; SARKAR, D.. Glomalin, a newly discovered component of soil organic matter: Part II – Relationship with soil properties. **Environmental Geosciences**, v.10, p.99-106, 2003. DOI: <http://doi.org/10.1306/eg.05020303005>

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R.. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.79, p.9-16, 2000. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00145-0](http://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00145-0)

JENKINS, W. R.. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v.48, n.692, 1964.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S.. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V-A method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v.8, p.209-213, 1976. DOI: [http://doi.org/10.1016/0038-0717\(76\)90005-5](http://doi.org/10.1016/0038-0717(76)90005-5)

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:

<http://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.08.020>

KLOSTER, N.; AVENA, M.. Interaction of humic acids with soil minerals. Adsorption and surface aggregation induced by Ca²⁺. **Environmental Chemistry**, v.12, p.731-738, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1071/EN14157>

KOIDE, R. T.; PEOPLES, M. S.. Behaviour of Bradford-reactive substances is consistent with predictions for glomalin. **Applied Soil Ecology**, v.63, n.1, p.8-14, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.09.015>

LIMA, S. S.; LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; COSTA, D. B.. Atributos químicos e estoques de carbono e nitrogênio em argissolo vermelho-amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v.35, p.51-60, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-67622011000100006>

LIN, B.. Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.144, p.85-94, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.12.009>

LIN, B.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.. Synergies between agricultural intensification and climate change could create surprising vulnerabilities for crops. **Bioscience**, v.58, p.847-854, 2008. DOI: <http://doi.org/10.1641/B580911>

LIU, H.; WANG, X.; LIANG, C.; AI, Z.; WU, Y.; XU, H.; XUE, S.; LIU, G.. Glomalin-related soil protein affects soil aggregation and recovery of soil nutrient following natural revegetation on the Loess Plateau. **Geoderma**, v.357, n.113921, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113921>

LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; ALOVISI, A. M. T.; GASPARINI, A. S.; GOMES, C. F.; NUNES, C. M.. Atributos microbiológicos, químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, p.20-28, 2011.

LOVELOCK, C. E.; WRIGHT, S. F.; CLARK, D. A.; RUESS, R. W.. Soil stocks of glomalin produced by arbuscular mycorrhizal fungi across a tropical rain forest landscape. **Journal of Ecology**, v.92, p.278-287, 2004. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.0022-0477.2004.00855.x>

LUNA, R. G.; LUNA, J. G.; ANDRADE, A. P.; SOUTO, J. S.; GORLACH-LIRA, K.. Biomassa e atividade microbianas em áreas de caatinga sob diferentes densidades de caprinos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v.12, p.217-250, 2019. DOI: <http://doi.org/10.21438/rbgas.061218>

MACHADO FILHO, H.; MORAES, C.; BENNATI, P.; RODRIGUES, R. A.; GUILLES, M.; ROCHA, P.; LIMA, A.; VASCONCELOS, I.. **Climate change and impacts on family farming in the North and Northeast of Brazil**. Workin Paper No 141. International Policy Centre for Inclusive Growth (IPG-IG), United Nations Development Programme (UNDP), Institute for Applied Economic Research (Ipea) and International Fund for Agricultural Development (IFAD). 2016.

MAHARJAN, M.; SANALLAH, M.; RAZAVI, B. S.; KUZYAKOV, Y.. Effect of land use and management practices on microbial biomass and enzyme activities in subtropical top-

and sub-soils. **Applied Soil Ecology**, v.113, p.22-28, 2017.

DOI: <http://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.01.008>

MEDEIROS, P. J.; FERREIRA, L. V.. Densidade de esporos e fungos micorrízicos arbusculares em uma cronosequência de florestas secundárias na Amazônia Oriental. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v.13, p.247-259, 2018.

MEDEIROS, S. S.. **Estabelecimentos agropecuários no semiárido brasileiro**. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e Instituto Nacional do Semiárido (INSA), Campina Grande, 2018.

MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F.; FRANCELINO, C. S. F.; CAVALHEIRO, J. C. T.; OTSUBO, A. A.. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.5, p.479-485, 2008. DOI:

<http://doi.org/10.4025/actasciagron.v30i4.5301>

MIGUEL, D. L.; SILVA, E. M. R.; SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; LEITE, L. F. C.. Soil microbiological properties and enzyme activity in agroforestry systems compared with monoculture, natural regeneration and native caatinga. **Bioscience Journal**, v.36, p.1-16, 2020. DOI:

<http://doi.org/10.14393/BJ-v36n1a2020-42704>

NEUFELDT, H.; SCHÄFER, M.. Mitigation strategies for greenhouse gas emissions from agriculture using a regional economic- ecosystem model. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.123, p.305-316, 2008. DOI:

<http://doi.org/10.1016/j.agee.2007.07.008>

NICHOLS, K. A.; WRIGHT, S. F.. Comparison of glomalin and humic acid in eight native US soils. **Soil Science**, v.170, n.12, p.985-997, 2005.

NOBRE, C. P.; LÁZARO, M. L.; SANTO, M. M. E.; PEREIRA, M. G.; BERBARA, R. L. L.. Agregação, glomalina e carbono orgânico na Chapada do Araripe, Ceará, Brasil. **Revista Caatinga**, v.28, p.138-147, 2015.

NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M.. Indicadores microbiológicos da qualidade do solo. In: REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO, 3. **Anais**. Londrina, 2013.

NOGUEIRA, M. A.; TELLES, T. S.; FAGOTTI, D. S. L.; BRITO, O. R.; PRETE, C. E. C.; GUIMARÃES, F. G.. Indicators of soil quality in the implantation of no-till system with winter crops. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, p.990-998, 2014. DOI:

<http://doi.org/10.1590/S1806-66902014000500014>

PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; MACMANUS, C.. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. **Pesq. Agropecu. Bras.**, Brasília, v.39, n.6, p.567-573, 2004. DOI:

<http://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000600008>

POSADA, R. H.; PRAGER, M. S.; HEREDIA-ABARCA, G.; SIEVERDING, E.. Effects of soil physical and chemical parameters, and farm management practices on arbuscular mycorrhizal fungi communities and diversities in coffee plantations in Colombia and Mexico. **Agroforestry Systems**, v.92, n.2, p.555-574, 2018. DOI:

<http://doi.org/10.1007/s10457-016-0030-0>

PUGET, P.; CHENU, C.; BALESSENT, J.. Total and young organic matter distributions in aggregates of silty cultivated soils. **European Journal of Soil Science**, v.46, p.449-459, 1995. DOI:

<http://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1995.tb01341.x>

QUIQUAMPOIX, H.; BURNS, R. G.. Interactions between proteins and soil mineral surfaces: environmental and health consequences. **Elements**, v.3, p.401-406, 2007. DOI:

<http://doi.org/10.2113/GSELEMENTS.3.6.401>

SANTOS, C. A.; KRAWULSKI, C. C.; BINI, D.; GOULART FILHO, T.; KNOB, A.; MEDINA, C. C.; ANDRADE FILHO, G.; NOGUEIRA, M. A.. Reclamation status of a degraded pasture based on soil health indicators. **Scientia Agricola**, v.72, n.3, p.195-202, 2014. DOI:

<http://doi.org/10.1590/0103-9016-2013-0274>

SANTOS, V. L. S.; SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; BERBARA, R. L. L.. Comunidade de fungos micorrízicos arbusculares e glomalina em ecossistemas de Mata Seca, Brasil. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v.117, p.13-21, 2018.

SCHINDLER, F. V.; MERCER, E. J.; RICE, J. A.. Chemical characteristics of glomalin-related soil protein (GRSP) extracted from soils of varying organic matter content. **Soil Biology & Biochemistry**, v.39, p.320-329, 2007. DOI:

<http://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.08.017>

STAUTON, S.; SABY, N. P. A.; ARROUAYS, D.; QUIQUAMPOIX, H.. Can soil properties and land use explain glomalin-related soil protein (GRSP) accumulation? A nationwide survey in France. **Catena**, v.193, p.104620, 2020. DOI:

<http://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104620>

SILVA, R. F.; MARCO, R.; BERTOLLO, G. M.; MATSOUKA, M.; MENEGOL, D. R.. Influência do uso do solo na ocorrência e diversidade de FMAs em Latossolo no Sul do Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, p.1851-1862, 2015.

SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; GOMES, J. H. G.; FONTES, M. A.; SILVA, E. M. R.. Enzyme activity, glomalin, and soil organic carbon in agroforestry systems. **Floresta e Ambiente**, v.27, n.e20170716, 2020. DOI:

<http://doi.org/10.1590/2179-8087.071617>

SILVA, R. M. A.; AQUINO, J. R.; COSTA, F. B.; NUNES, E. M.. Características produtivas e socioambientais da agricultura familiar no Semiárido brasileiro: evidências a partir do Censo Agropecuário de 2017. **Sociedade e ambiente no Semiárido: Controvérsias e Abordagens**, v.55, p.314-338, 2020. DOI:

<http://dx.doi.org/10.5380/dma.v55i0.73745>

SINGH, A. K.; RAI, A.; SINGH, N.. Effect of long-term land use systems on fractions of glomalin and soil organic carbon in the Indo-Gangetic plain. **Geoderma**, v.277, p.41-50, 2016. DOI:

<http://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.05.004>

SIX, J.; ELLIOTT, E. T.; PAUSTIAN, K.. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. **Soil Biology and Biochemistry**, v.32, p.2099-2103, 2000. DOI:

[http://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00179-6](http://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00179-6)

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

v.79, p.7-31, 2004. DOI:

<http://doi.org/10.1016/j.still.2004.03.008>

SMITH, S. E.; READ, D. J.. **Mycorrhizal symbiosis**. London: Academic Press, 1997.

SOUZA, C. S.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; LIMA, F. S.. Influência da temperatura e armazenamento e de extratores na determinação de glomalina em solos paraibanos. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.837-841, 2011.

SOUZA, C. S.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; LIMA, F. S.; OEHL, L. C. M. F.; MAIA, L. C.. Arbuscular mycorrhizal fungi within agroforestry and tradicional land use systems in semi-arid Northeast Brazil. **Acta Scientiarum**, v.35, p.307-314, 2013. DOI: <http://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.16213>

SOUZA, C. S.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; LIMA, F. S.; OEHL, L. C. M. F.. Arbuscular mycorrhizal fungi in successional stages of caatinga in the semi-arid region of Brazil. **Ciência Florestal**, v.24, p.137-148, 2014. DOI: <http://doi.org/10.5902/1980509813331>

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C.; 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, p.323-329, 2006.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C. V. S.; CARVALHO, P. C. F.; MARTINS, A. P.. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.79-88, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-06832010000100008>

SCHWENDENMANN, L.; VELDKAMP, E.; MOSER, G.; HOELSCHER, D.; KOEHLER, M.; CLOUGH, Y.; ANAS, I.; DJAKIRAN, G.; ERASMI, S.; HERTEL, D.; LEITNER, D.; LEUSCHNER, C.; MICHALZIK, B.; PROPASTIN, P.; TJOA, A.; TSCHARNTKE, T.; VAN STRAATEN, O.. Effects of an experimental drought on the functioning of a cacao agroforestry system, Sulawesi, Indonesia. **Global Change Biology**, v.16, p.1515-1530, 2010.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M.. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo. In: VENEGAS, V. H. A.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M.. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p.195-276.

TRESEDER, K. K.; TURNER, K. M.. Glomalin in Ecosystems. **Soil Science Society American Journal**, v.71, p.1257-1266, 2007. DOI: <http://doi.org/10.2136/sssai2006.0377>

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S.. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology Biochemistry**, v.19, p.03-707, 1987. DOI: [http://doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90052-6](http://doi.org/10.1016/0038-0717(87)90052-6)

VERCHOT, L. V.; VAN NOORDWIJK, M.; KANDJI, S.; TOMICH, T.; ONG, C.; ALBRECHT, A.; MACKENSEN, J.; BANTILAN, C.; ANUPAMA, K. V.; PALM, C.. Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v.12, p.901-918, 2007.

WEI, X.; LI, X.; JIA, X.; SHAO, M.. Accumulation of soil organic carbon in aggregates after afforestation on abandoned farmland. **Biology and Fertility of Soils**, v.49, p.637-646, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00374-012-0754-6>

WRIGHT, S. F.; UPADHYAYA, A.. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Science**, v.161, p.575-586, 1996. DOI: <http://doi.org/10.1097/00010694-199609000-00003>

WRIGHT, S. F.; ANDERSON, R. L.. Aggregate stability and glomalin in alternative crop rotations for the central Great Plains. **Biology and Fertility of Soils**, v.31, p.249-253, 2000. DOI: <http://doi.org/10.1007/s003740050653>

WRIGHT, S. F.; RILLIG, M. C.; NICHOLS, K. A.. Glomalin: a soil protein important in carbon sequestration. In: PROCEEDINGS OF AMERICAN CHEMICAL SOCIETY ANNUAL MEETING SYMPOSIUM. **Annals**. 2000. p.721-725.

WRIGHT, S. F.; GREEN, V. S.; CAVIGELLI, M. A.. Glomalin in aggregate size classes from three different farming systems. **Soil & Tillage Research**, v.94, p.546-549, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.still.2006.08.003>

WU, H.; WIESMEIER, M.; YU, Q.; STEFFENS, M.; HAN, X.; KÖGEL-KNABNER, I.. Labile organic C and N mineralization of soil aggregate size classes in semiarid grasslands as affected by grazing management. **Biology and Fertility of Soils**, v.48, p.305-313, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00374-011-0627-4>

WU, Q. S.; CAAO, M. Q.; ZOU, Y. N.; HE, X. H.. Direct and indirect effects of glomalin, mycorrhizal hyphae, and roots on aggregate stability in rhizosphere of Trifoliate orange. **Scientific Reports**, v.5823, n.4, p.1-8, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1038/srep05823>

ZANGARO, W.; NISIZAKI, S. M. A.; DOMINGOS, J. C. B.; NAKANO, E. M.. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi, Paraná. **Cerne**, v.8, p.77-87, 2002.

ZHANG, J.; TANG, X.; HE, X.; LIU, J.. Glomalin-related soil protein responses to elevated CO₂ and nitrogen addition in a subtropical forest: Potential consequences for soil carbon accumulation. **Soil Biology and Biochemistry**, v.83, p.142-149, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.01.023>

ZHU, R.; ZHENG, Z.; LI, T.; HE, S.; ZHANG, X.; WANG, Y.; LIU, T.. Effect of tea plantation age on the distribution of glomalin-related soil protein in soil water-stable aggregates in southwestern China. **Environmental Science and Pollution Research**, v.26, p.1973-198, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11356-018-3782-4>