



***Opuntia* sp., FERTILIDADE E SAZONALIDADE CLIMÁTICA PODEM INFLUENCIAR A MICROBIOLOGIA DO SOLO EM ÁREA COM SAF?**

Wagner dos Santos Lima Azevedo¹, Aldrin Martin Perez-Marin², Thiago Costa Ferreira^{3*}

¹ONG Assessoria a Projeto em Agricultura Alternativa (ASPTA)

²Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia, Paraíba.

³Núcleo de Desertificação e Agroecologia do Instituto Nacional do Semiárido

*Corresponding author. E-mail address: ferreira_uepb@hotmail.com

RESUMO: Fatores de manejo podem influenciar a microbiologia do solo em sistemas agroflorestais, inclusive em áreas do semiárido brasileiro. Logo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de variedades de *Opuntia* sp., fontes de adubação orgânica e sazonalidade climática na microbiologia do solo em área manejada com SAF no semiárido brasileiro. Então, o trabalho foi realizado no município de Campina Grande - PB, em uma área de solo Planossolo Nátrico; com o arranjo experimental em DBC; os tratamentos em arranjo fatorial triplo: *Opuntia* sp. var. PALMEPA (PB3, PB1 e PB4), fontes de adubação orgânica (controle, esterco bovino, ácidos fúlvico e húmico) e épocas de avaliação (seca e chuvosa); com quatro repetições para cada tratamento. Foram realizadas determinações do carbono orgânico total (COT), carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal (RB), quociente metabólico (qCO_2) e quociente microbiano ($qMic$). Procedeu-se uma análise não-paramétrica dos dados obtidos. Não houveram resultados significativos para os fatores: variedades de *Opuntia* sp. e fontes de adubação orgânica. A estação chuvosa favoreceu aumento na atividade metabólica dos microrganismos do solo nas condições descritas neste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Solo; sistema agroflorestal; Caatinga.



***Opuntia* sp., FERTILITY AND CLIMATIC SEASONALITY CAN INFLUENCE SOIL MICROBIOLOGY IN AN AREA WITH APS?**

ABSTRACT: Management factors can influence soil microbiology in agroforestry systems, including in semi-arid areas of Brazil. Therefore, the objective of this work was to evaluate the influence of varieties of *Opuntia* sp., sources of organic fertilization and climatic seasonality in soil microbiology in an area managed with APS in the Brazilian semi - arid region. So, the work was carried out in the municipality of Campina Grande - PB, in an area of Planossolo Nátrico soil; with the experimental arrangement in DBC; the treatments in triple factorial arrangement: *Opuntia* sp. var. PALMEPA (PB3, PB1 and PB4), sources of organic fertilization (control, bovine manure, fulvic and humic acids) and evaluation periods (dry and rainy); with four replicates for each treatment. Total organic carbon (TOC), microbial biomass carbon (CBM), basal respiration (RB), metabolic quotient (qCO_2) and microbial quotient ($qMic$) were determined. A non-parametric analysis of the obtained data was performed. There were no significant results for the factors: *Opuntia* sp. and sources of organic fertilization. The rainy season favored an increase in the metabolic activity of soil microorganisms under the conditions described in this study.

KEY WORDS: Solo; agroforestry system; Caatinga.

INTRODUÇÃO

A região do semiárido brasileiro comporta áreas que estão delimitadas na região Nordeste e Sudeste do país, apresentando variações edafoclimáticas, ecológicas, sociais e culturais significativas; também, cerca de 23,5 milhões de habitantes vivem na região (IBGE, 2019). Esta região é marcada pela periodicidade de eventos climáticos acentuados, que em suma são a diminuição da precipitação atmosférica e a intensa insolação anual; tais



processos são naturais e ocorrentes em periodicidade, causando grandes períodos de tempo com estiagem. O fato inevitável desta estiagem, causa um grande déficit hídrico e tecnologias alternativas de trabalho, principalmente voltadas ao homem do campo, são importantes para a convivência destas populações que sobrevivem nesta região (MEDEIROS et al., 2018). Dentre estas tecnologias, os sistemas agroflorestais tem sido bastante estudados como uma boa alternativa para o semiárido brasileiro.

Sistemas Agroflorestais (SAFs) são áreas manejadas por meio de uma ação associada e de maneira deliberada dos cultivos agrícolas, espécies arbóreas e criação de animais. Sendo o homem o principal ator de mudanças e ações nestas localidades, tendo em vista seu sustento de maneira sustentável. Assim, os SAFs são áreas em que a sustentabilidade do agroecossistema é buscada por meio de diversos fatores de manejo, priorizando a promoção da diversidade biológica, fluxo energético e reciclagem de nutrientes. Melhorando, entre outros fatores, a qualidade do solo destes agroecossistemas (MONTANGNINI et al., 1992; PEREZ-MARIN, et al., 2006; NAIR, 1989; YOUNG, 1990). São exemplos destes fatores que ponderam o fluxo energético dos agroecossistemas: diversidade genética, fertilidade, práticas de manejo e a sazonalidade climática, entre outros.

Inclusive, os SAFs podem ser modelos de trabalho úteis para serem usados em agroecossistemas plantados com palma forrageira (*Opuntia* sp.) na região do semiárido brasileiro. A implantação de SAFs com palma forrageira em áreas do semiárido brasileiro, por sua vez, pode ser capaz de produzir alimento para o consumo humano e animal (INGLESE & BARRIOS, 2001, NUNES, 2011) porque tal cactácea exótica está adaptada a região, demonstra altos valores nutricional e social (CAVALCANTI et al., 2008, FERREIRA et al., 2010) e também pode produzir uma alta produtividade de biomassa (MENEZES et al., 2002; SILVA & SANTOS, 2006) quando manejada racionalmente (OLIVEIRA et al., 2010). Estas técnicas de manejo racional e sustentável de SAFs na presença de *Opuntia* sp. tem sido pesquisado, principalmente, para melhorar o aporte de mobilização de elementos químicos e manutenção do material orgânico no solo (RAMOS et al., 2012; JOUQUET et al., 2013). Fator importante, pois tem a ação de suplementar, assim, a ação microbiana na



localidade gerando um maior equilíbrio e estabilidade ao agroecossistema (MAIA et al. 2006; PEREZ-MARIN et al., 2007).

Outro importante fator seria a suplementação da fertilidade do solo de um SAF com o uso de técnicas de adubação. Assim, a suplementação de materiais orgânicos e químicos no solo de um agroecossistema pode ser útil para melhorar a qualidade e quantidade de da atividade microbiana (BRITO et al., 2018).

Também a sazonalidade do período chuvoso, como segundo a literatura, o fator mais marcante e importante do semiárido brasileiro, como foi dito anteriormente, possibilitando a produção de degradação de materiais orgânicos e inorgânicos presentes nos agroecossistemas inseridos no contexto do semiárido brasileiro (OLIVEIRA et.al, 2017).

Assim, o manejo da biologia do solo em um SAF no semiárido brasileiro, pode ser trabalhada por meio de ações diversas, como o manejo genético, a fertilização e a sazonalidade climática. Também, podendo ser influenciado pela importante ação da sazonalidade climática que ocorre no semiárido brasileiro. Logo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de variedades de *Opuntia* sp., fontes de adubação orgânica e sazonalidade na biologia do solo em área manejada com SAF no semiárido brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Estação Experimental do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), localizado no município de Campina Grande – PB. A região apresenta clima BSh, semiárido quente e seco, com estação chuvosa de abril a agosto. O acumulado da precipitação pluviométrica média mensal em 2012 e 2013 foi 396 e 386 mm, respectivamente, com temperaturas médias do ar e umidade de 31,5 °C e 78%, de acordo com os dados fornecidos pela estação meteorológica instalada no INSA.. A área apresenta vegetação do tipo caatinga hipoxerófila e solo classificado como um Planossolo Nátrico (MMA, 2017), cujas características químicas e físicas, analisadas segundo as metodologias proposta pela Embrapa (2011), encontram-se discriminadas nas (Tabelas 1), respectivamente.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo na área experimental para camada de 0-20 cm, antes da implantação do SAFs, Campina Grande – PB.

Atributos químicos											
pH	P	K ⁺	Na ⁺	H+Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	T	V	M.O
H ₂ O _(1,2,5)	--- mg dm ⁻³ ---			----- cmol _c dm ⁻³ -----						-- % --	g kg ⁻¹
5,58	8,69	100,68	0,14	1,94	0,30	0,67	1,21	2,29	4,22	54,02	9,43
Atributos físicos											
Textura				ADA	GF	Ds	Dp	PT	CT		
AF	AG	S	A								
-----g kg ⁻¹ -----					--- kg dm ³		--- g cm ⁻³ ---		m ³ m ⁻³		
286,5	461,75	153	98,75	28,25	710,75	1,465	2,67	0,45	Franco arenoso		

SB: Soma de bases; T: CTC a pH 7; V: Saturação por bases; M.O: Matéria Orgânica; AF: Areia fina; AG: Areia grossa; S: Silte, A: argila; ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; Ds: Densidade do solo, Dp: Densidade de Partículas; PT: Porosidade Total e; CT: Classe Textural.

A cobertura arbórea da área experimental, representa 16% da superfície do solo [QGIS 2.2 (Versão Valmiera)]. Implantou-se um experimento de campo, com os tratamentos em arranjo fatorial (3 x 4 x 2): três variedades de palma forrageira (*Opuntia* sp.): (PALMEPA PB3, PALMEPA PB1 e PALMEPA PB4); quatro tratamentos de adubação (controle, aplicação de 20 t ha⁻¹ de esterco, aplicação foliar de 5 L ha⁻¹ de ácido fúlvico e aplicação no solo de 5 L ha⁻¹ de ácido húmico) e duas estações de avaliação (seca e chuvosa); com quatro repetições para cada tratamento. As parcelas experimentais apresentavam área de 22 m²; com plantio o espaçamento de 2,00 x 0,50 x 0,50 m (20.000 plantas ha⁻¹) e uma raquete por cova.

Na área trabalhada foi cortado o estrato herbáceo por meio de capinas e este deixado sob o solo. O plantio deu-se no final do período de estiagem. A área ficou em recuperação por um período de dez anos, sem uso agrícola e pecuário. As plantas nativas, de maneira aleatória, não foram removidas do local e compunham o sistema agroflorestal local. As espécies nativas existentes eram: *Senna spectabilis*, *Caesalpinia pyramidalis*, *Caparis flexuosa*, *Capparis yco*, *Ziziphus joazeiro*, *Mimosa tenuiflora*, *Croton sonderianus*, *Enterolobium timbouava* e *Cereus jamacaru*. A cada trinta dias era realizada uma capina, para diminuir a competição das plantas espontâneas sobre a cultura da palma, e houve uma poda de formação no extrato arbustivo nativo.

O esterco bovino maturado foi obtido em municípios próximos ao da realização do experimento, este foi distribuído sob a superfície do solo nas entrelinhas da cultura no plantio. Já os ácidos fúlvico (AF) e húmico (AH) foram aplicados com um pulverizador costal. Os teores de nutrientes dos adubos encontram-se descritos na (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização química dos adubos orgânicos utilizados nas três variedades de Palma Forrageira área sob manejo agroflorestal com ou sem adubação orgânica, em Campina Grande, PB.

Adubos	COT	NT	g kg				C/N
			P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	
Esterco	130,37	26,01	0,92	1,33	5,20	2,12	5,10
Ácido fúlvico	180	15	10	20	24	2,30	12
Ácido Húmico	120	nd	nd	39,84	nd	nd	nd

COT=Carbono orgânico total; NT = Nitrogênio total; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; C/N = relação COT/NT constituinte dos adubos orgânicos e ND não determinado.

Na estação seca e chuvosa foram coletadas três amostras simples em cada parcela, para formar uma amostra compostas, na camada de 0 – 20 cm e nas entrelinhas das fileiras da Palma Forrageira. Estas foram acondicionadas em sacos de polietileno e colocadas em caixas de isopor. Tais amostras foram avaliadas no Laboratório de Matéria Orgânica da Universidade Federal da Paraíba, do Centro de Ciências Agrárias. No laboratório ocorreu o processamento das amostras (peneiramento e armazenadas sob refrigeração a $\pm 4^{\circ}\text{C}$), para determinação dos atributos: carbono orgânico total (COT) via oxidação-difusão úmida pelo método de Snyder & Trofymow (1984); o carbono da biomassa microbiana (CBM) (VANCE et al, 1987); respiração basal (RB) (GRISI, 1978). Com base nas análises anteriores, obteve-se o cálculo do quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) e microbiano ($q\text{Mic}$), onde o $q\text{CO}_2$ foi calculado pela razão entre a RB/CBM e o $q\text{Mic}$ pela razão entre o CBM/COT (ANDERSON & DOMSCH, 1993).

Os resultados foram tratados estatisticamente, por uma análise multivariada, por meio da análise de componentes principais (ACP) no SAS, cujas variáveis foram as que apresentaram correlações entre si. A análise de componentes principais utilizada buscou-se



reduzir as variabilidades dos dados e, conseqüentemente, facilitar a análise por meio do gráfico de círculo de correlação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tipo de adubação orgânica e variedades de Palma Forrageira tanto na época seca, quanto chuvosa não influenciaram os teores de carbono orgânico total (COT) e carbono da biomassa microbiana (CBM). De maneira geral os teores de COT variaram entre 9,35 a 4,62 g kg⁻¹ na estação seca e, entre 9,74 a 5,67 na estação úmida, sendo em média acima de 4% mais elevado do que na estação seca. Por outro lado, na estação seca os teores de CBM 383,73 mg kg⁻¹, apresentaram valores maiores sobretudo nas parcelas cultivadas com a variedade PALMEPA PB3 e valores menores de CBM 130,36 mg kg⁻¹, nas áreas com PALMEPA PB4.

Na estação chuvosa foi verificado valores maiores que 330 mg kg⁻¹ de CBM nas áreas com PALMEPA PB1 e menores que 100 mg kg⁻¹ de solo do CBM nas áreas com PALMEPA PB3. Contrário aos teores de COT, o CBM foi 57%, 8% e 37% mais elevado na estação seca em relação a estação chuvosa nas áreas com PALMEPA PB3, PALMEPA PB1 e PALMEPA PB4, respectivamente, demonstrando que houve uma menor mineralização de carbono nesta época. Pode-se observar que no tratamento com esterco na estação chuvosa, nas áreas com PALMEPA PB3 foi significativamente maior que os demais tratamentos. Já na estação seca nas áreas sob cultivo das três variedades de palma forrageira, não houve diferenças significativas entre os tratamentos de adubação orgânica para as variáveis COT, CBM, qCO₂ e qMic.

De maneira geral, verificou-se que a respiração basal na estação seca variou de 25 a 38 mg C-CO₂ m² h⁻¹ e entre 41 a 73 mg C-CO₂ m² h⁻¹ na estação chuvosa, respectivamente. Com relação ao quociente metabólico, foi observado apenas diferenças significativas durante a estação chuvosa nas áreas cultivadas com a variedade PALMEPA PB1. Já quociente microbiano (qMic), teve comportamento semelhante ao do carbono



orgânico total (COT) e carbono da biomassa microbiana (CBM) tanto na estação seca quanto chuvosa, não apresentando diferenças significativas entre os tratamentos de adubação orgânica e com maior valor para a variedade PALMEPA PB1.

Os dados acima descritos indicam dentro do agroecossistema estudado, combinado com as três variedades de palma forrageira e as quatro estratégias de adubação, nas condições semiáridas do presente estudo, o principal fator que regulou a dinâmica dos atributos biológicos analisados foi à disponibilidade de água no sistema (Martins et al., 2010; SILVA et al., 2012; TÓTOLA & CHAER, 2002).

No semiárido paraibano Correia et al. (2009), trabalhando em um Neossolo Litólico, evidenciaram que o aumento nos teores de umidade do solo influenciou em maior desprendimento de CO₂ do solo. No mesmo contexto Araújo et al. (2008) também num Neossolo Litólico, constataram maior liberação de CO₂ em áreas de pedimento, área de várzea e meia encosta, locais que apresentavam maior conteúdo de água no solo, com tendência de crescimento no ombro da encosta para o pedimento. Visando avaliar o efeito conjunto dos tratamentos nos atributos microbiológicos do solo, os dados foram submetidos à análises multivariada, em que três componentes principais, de forma acumulada explicaram 71,90 % da variabilidade total dos dados, sendo o primeiro componente principal (CP1) responsável por 29,69%; e o segundo componente principal (CP2) por 23,13% e 19,07% do terceiro componente principal (CP3) (Tabela 3). Conforme resultados da análise de componentes principais (ACP), percebe-se que o CP1 é uma correlação positiva da respiração basal na estação seca (Tabela 4). Na estação chuvosa ocorreu combinação positiva para os atributos carbono da biomassa microbiana e o quociente microbiano qMic, e negativa do qCO₂ respectivamente.

Tabela 3. Resumo dos componentes principais da análise multivariada.

Componente	Autovalor	Percentagem	
		Variância	Acumulada
1	2,96	29,69	29,69
2	2,31	23,13	52,82
3	1,9	19,07	71,89

Tabela 4. Correlação entre as variáveis originais e componentes principais dos atributos microbiológicos do solo em parcelas cultivadas com palma forrageira sob manejo agroflorestal, sob três tipos de adubação orgânica, durante a estação seca e chuvosa, em Campina Grande, PB.

Estação	Atributos	Componentes Principais		
		1	2	3
Seca	COT	0,20	0,57	0,10
	CBM	0,22	0,01	0,53
	RB	0,31	-0,25	-0,25
	qCO_2	0,07	-0,15	-0,60
	$qMic$	0,13	-0,46	0,44
Chuvosa	COT	0,20	0,29	0,18
	CBM	0,56	-0,00	-0,06
	RB	0,25	0,44	-0,13
	qCO_2	-0,30	0,26	-0,07
	$qMic$	0,51	-0,11	-0,11

A correlação que ocorreu entre os atributos do solo, permitiu separação entre as variáveis nas duas estações do ano. O primeiro componente principal (correlação=29,69%) diferenciou os atributos do solo COT e RB na época chuvosa, e o COT e CBM no período seco ambos no primeiro quadrante da parte positiva do CP1. Os atributos do solo COT e a RB por estarem mais correlacionados entre si, no CP1, indica aumento na atividade metabólica dos microrganismos, em função da elevação na umidade na estação chuvosa e os teores de COT do solo. Na parte negativa do segundo quadrante do CP1, na estação chuvosa estão correlacionados os atributos CBM e $qMic$, entretanto no período de estiagem a RB, qCO_2 e $qMic$ foram os atributos mais correlacionados. A produção de CO_2 ou RB apresentou comportamento similar os resultados encontrados por Silva et al (2006) em um Luvisolo Crômico, evidenciando que a maior produção de CO_2 esteve associada ao aumento nas precipitações.

O CP2 (23,23 %), não possibilitou a correlação com mais de uma variável analisada. No entanto, no quarto quadrante na parte positiva do CP2, ocorreu um isolamento do qCO_2 na estação chuvosa, comparado aos outros atributos do solo. Como mostra a (figura 1) o período chuvoso representou o principal fator que provocou alterações nos indicadores microbianos de qualidade do solo.

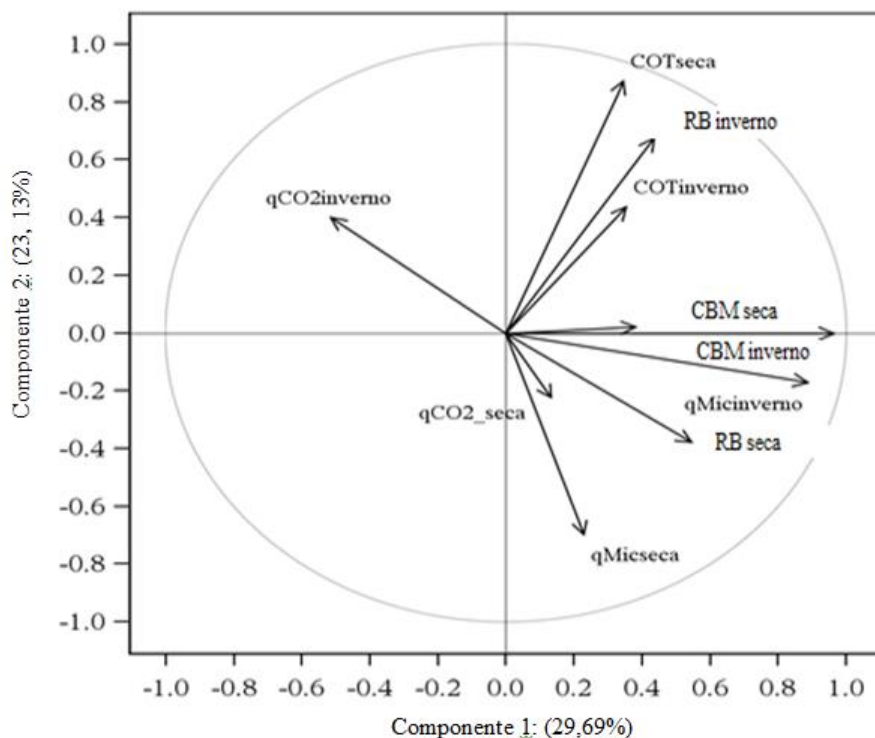


Figura 1. Dispersão dos autovalores das variáveis utilizadas na Análise de Componentes Principais (ACP) em relação aos dois primeiros componentes principais, com os atributos do solo, COT, CBM, RB, qCO_2 e $qMic$ na estação seca e chuvosa, em parcelas cultivadas com diferentes variedades de palma forrageira, com diferentes tipos de adubação orgânica e em épocas diferentes para uma área sob manejo agroflorestral, em Campina Grande, PB.

CONCLUSÕES

Os atributos microbianos do solo não foram afetados pelas variedades de palma forrageira, tampouco pelos adubos orgânicos, exceto a respiração basal. A respiração basal mostrou-se boa indicadora das alterações microbianas ocorridas no solo, conforme o manejo. Nas áreas sob cultivos das variedades PALMEPA PB1 e PALMEPA PB4 houve diminuição no quociente metabólico (qCO_2), o que resultou em menor perda de carbono do solo. Os resultados obtidos na análise de componentes principais, mostra-se que a estação chuvosa, favoreceu o aumento na atividade metabólica dos microrganismos do



solo. A análise de componentes principais evidenciou que a estação chuvosa, favoreceu aumento na atividade metabólica dos microrganismos do solo nas condições trabalhadas.

Maiores estudos relacionando as temáticas trabalhadas nesta pesquisa poderão ser feitas no futuro buscando a melhoria das funções microbianas do solo por meio da utilização de materiais genéticos de *Opuntia* sp. e manejo da adubação orgânica em áreas de SAF. Sendo atrelado a estes conhecimentos que estas funções podem ser naturalmente aumentadas no período chuvoso, de acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

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*, v. 33, n. 2, p. 341-347, 2011.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient of CO₂ (q CO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental condition, such as pH, on the microbial of forest soil. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993.

ARAÚJO K. D.; ANDRADE, A. P.; ROSA, P. R. O.; BRUNO, R. L. A.; FRAGA, V. S. Avaliação da atividade microbiana baseada na produção de C-CO₂ em uma área de caatinga no cariri paraibano. *Caatinga*, v.21, n.3, p.221-230, julho/setembro de 2008.

ARAÚJO, A. S. F. & MONTEIRO, R. T. R. Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo. *Biosci. J.*, 23:66-75, 2007.

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, v.5, n.1, p.187-206, 2012.

ARAÚJO, K. D.; ANDRADE, A. P.; ROSA, P. R. O.; BRUNO R. L. A.; FRAGA, V. S. Avaliação da atividade microbiana baseada na produção de C-CO₂ em uma área de caatinga no Cariri paraibano. *Caatinga*, v.21, n.3, p.221-230, julho/setembro de 2008.

BRITO, S.S.B.; CUNHA, A.P.M.A.; CUNNINGHAM, C.C.; ALVALÁ, R.C.; MARENGO, J.A. & CARVALHO, M.A. Frequency, duration and severity of the drought in the Semi-arid Northeast Brazil region. *International Journal of Climatology*, v.23, págs 200-213, 2018.



CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 31, págs. 1381-1396, 2007.

CORREIA, K. G.; SANTOS, T. S.; ARAUJO, K. D.; SOUTO, J. S.; FERNANDES, P. D. Atividade microbiana do solo em quatro estágios sucessionais da caatinga no município de Santa Terezinha, Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 534-549, set /dez 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 399p. : il. 2ª Ed. 1ª impressão.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ) **Manual de métodos de análise de solos. Dados eletrônicos**. — Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. - (Documentos/Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 132). 2ª edição 1ª impressão (2011): online.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; SANTOS, G. A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 29, págs. 893-901, 2005.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. **Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes**. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S. (Eds.)...[et al] **FUNDAMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO: ECOSISTEMAS TROPICAIS & SUBTROPICAIS**. – 2.ed. ver. E atual. - Porto Alegre: Metrópoli, 2008. cap. 17, p. 263 – 276. 654p.:il.

GRISI, B. M. Método químico de medição de respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. **Ciência e Cultura**, v.30, n.1, p.82-88. 1978.

IBGE. **Semiárido brasileiro**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15974-semiarido-brasileiro.html?=&t=o-que-e> Acesso em: 27/05/2018.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B. dos; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 2, p. 118-127, jun. 2008.

KÖPPEN, W.G.; GEIGER, R.M. **Handbuch der klimatologie**. Berlin, 44p. 1936. Online. Disponível na internet https://www.climond.org/Public/Data/Publications/Koepfen_1936_GeogSysKlim.pdf

MARTINS, C. M.; GALINDO, I. C. L.; SOUZA, E. R.; POROCA, H. A. Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no Semiárido de Pernambuco. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 34, págs. 1883-1890, 2010.



MATIAS, M. C. B. S.; SALVIANO, A. A. C.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F. Biomassa microbiana e estoques de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do Estado do Piauí. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 517-521, 2009.

MEDEIROS, F.J.; LIMA, C.K.; CAETANO, D.A.; SILVA, F.J.O. Impacto da Variabilidade Interanual da Precipitação nos Reservatórios do Semiárido do Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 41, n. 3, págs. 731-741, 2018. 8 DOI:

http://dx.doi.org/10.11137/2018_3_731_741

MMA – Ministério do meio ambiente. **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a B615 conservação**/organizadores: José Maria Cardoso da Silva, Marcelo Tabarelli, Mônica Tavares da Fonseca, Livia Vanucci Lins – Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2003. 382 p.: il., fots., maps., graf., tabs.

MONTAGNINI, F. **Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones em los trópicos**. San José. 1992, 622p. Costa Rica.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. S. **Microbiologia e bioquímica do solo**. – ed. atual. e ampl. – Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.:il.

MUNIZ, L. C.; MADARI, B. E.; TROVO, J. B. F.; MACHADO, P. L. O. A.; COBUCCI, T.; FRANÇA, A. F. S. Atributos Biológicos do Solo numa Cronosequência de Pastagens em Sistema ILP no Cerrado. **Comunicado Técnico 198**. Embrapa (unidade Arroz e Feijão). ISSN 1678-961X Dezembro, 2010 Santo Antônio de Goiás, GO. 1a edição Versão online.

NAIR, P. K. R.. **Na introduction to agroforestry**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1993. 449p.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; HOLANDA JÚNIOR, E. V.; MENEZES, R. Í. Q. Impacto da queimada e de enleiramento de resíduos orgânicos em atributos biológicos de solo sob Caatinga no Semi-Árido nordestino. **Caatinga**, v.22, n.1, p.131-140, janeiro/março de 2009.

SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; MIGUEL, D. L.; FERNANDES, J. C. F.; LOSS, A.; MENEZES, C. E. G.; SILVA, E. M. R. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no Médio Vale do Paraíba do Sul (RJ). R. **Bras. Ci. Solo**, v. 36, págs. 1680-1689, 2012.

SILVA, G. A.; SOUTO, J. S.; ARAUJO, J. L. Atividade microbiana em Luvissolo do Semiárido da Paraíba após a incorporação de resíduos vegetais. **Agropecuária Técnica**, v.27, n.1, p.13–20, 2006.



SNYDER, J.D.; TROFYMOW, J. A. A rapid accurate wet oxidation diffusion procedure for determining organic and inorganic carbon in plant and soil sample. **Comm. SoilSci. Plant Anual**, v. 15, n. 5, págs.587-597, 1984.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. microrganismos e processos microbiológicos como indicadores de qualidade dos solos. **Tópicos Ci. Solo**, v. 2, n. 195-276, 2002.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C. & JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biol Biochem.**, v. 19, págs. 703-707, 1987.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática**. (Monografia – Especialização) Santa Maria: UFSM, CCNE, 2005. 215 p.: il.

VITOUSEK, P.M.& SANFORD, R.L. Nutrient cycling in most tropical Forest. **Annual Review Ecology Science**, v.17, p. 137-167, 1986.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. Nairobi: ICRAF, 1990. 276p.

Received: 12 July 2019

Accepted: 08 September 2019

Published: 01 October 2019