

**Avaliação dos indicadores biológicos do solo em plantios de palma de óleo,  
no Município de Santa Bárbara do Pará****Evaluation of the biological indicators of the soil of palm oil plantations in  
the Municipality of Santa Bárbara do Pará**

DOI:10.34117/bjdv6n2-118

Recebimento dos originais: 30/12/2019

Aceitação para publicação: 11/02/2020

**Auriane Consolação da Silva Gonçalves**Doutoranda do programa de pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede  
BIONORTE pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental

Endereço: Trav. Dr. Enéas Pinheiro, SN, Bairro Marco, Belém, Pará, Brasil.

Email: auriane.goncalves@embrapa.br

**Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo**

Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa

Instituição: Museu Paraense Emílio Goeldi

Endereço: Av. Perimetral, 1901, Bairro Terra Firme, Belém, Pará, Brasil.

Email: ruivo@museu-goeldi.br

**Manoel Tavares de Paula**

Doutor em Ciências Agrárias pela Universidade Federal Rural da Amazônia

Instituição: Universidade do Estado do Pará, Campus Belém

Endereço: Trav. Dr. Enéas Pinheiro, 2626, Bairro Marco, Belém, Pará, Brasil.

Email: dpaulamt@hotmail.com

**Rosecélia Moreira da Silva Castro**

Doutora em Ciências Agrárias pela Universidade Federal Rural da Amazônia

Instituição: Museu Paraense Emílio Goeldi

Endereço: Av. Perimetral, 1901, Bairro Terra Firme, Belém, Pará, Brasil.

Email: celitamoreira@hotmail.com

**Orivan Maria Marques Teixeira**Doutorando do programa de pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede  
BIONORTE pela Universidade Federal do Pará

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental

Endereço: Trav. Dr. Enéas Pinheiro, SN, Bairro Marco, Belém, Pará, Brasil.

Email: orivan.teixeira@embrapa.br

**Pedro Moreira de Sousa Junior**

Doutor em Química pela Universidade Federal do Pará  
Instituição: Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema  
Endereço: Avenida Barão de Capanema, SN, Bairro Caixa D' água, Capanema, Pará, Brasil.  
Email: pedro.junior@ufra.edu.br

**Maricely Janette Uria Toro**

Doutora em Química Analítica pela Universidade Estadual Paulista  
Instituição: Universidade do Estado do Pará, Campus Belém  
Endereço: Trav. Dr. Enéas Pinheiro, 2626, Bairro Marco, Belém, Pará, Brasil.  
Email: maryuria12@hotmail.com

**RESUMO**

A qualidade do solo é um dos principais fatores que afetam o plantio da palma de óleo (*Elaeis guineenses* Jacq.), refletindo, na qualidade e quantidade de óleo obtido. Os indicadores biológicos são considerados os atributos mais sensíveis à dinâmica do solo. Este estudo teve como objetivo a avaliação do efeito de plantios de palma de óleo, em sequência cronológica, sobre os indicadores biológicos do solo, em função da sazonalidade. Foram avaliados plantios de palma de óleo de 5, 17 e 25 anos, e floresta secundária de 23 anos. Para a maioria das variáveis estudadas, foi observada diferença significativa entre as épocas de coleta. O carbono da biomassa microbiana,  $C_{mic}$  (286,71  $\mu\text{g/g}$ ) e o nitrogênio da biomassa microbiana,  $N_{mic}$  (32,72  $\mu\text{g/g}$ ) no plantio de 5 anos foram maiores do que nos de 17 e 25 anos, no período seco. A respiração basal (RB) também foi maior no plantio de 5 anos, indicando a maior atividade biológica do plantio de menor idade. O cociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ) foi menor no cultivo de 25 anos (2,84 e 10,62 ( $\mu\text{g}/\mu\text{g/h}$ ) $\times 10^{-4}$ , no período seco e chuvoso, respectivamente) do que nos demais cultivos, ressaltando a maior estabilidade deste plantio. Em comparação à vegetação florestal, o cultivo de palma de óleo provocou perdas mínimas nos atributos avaliados, sendo, portanto, considerado de reduzido impacto ambiental.

**Palavras-Chave:** *Elaeis guineensis* Jacq., carbono microbiano, nitrogênio microbiano, atividade microbiana.

**ABSTRACT**

Soil quality is one of the main factors affecting the planting of the oil palm (*Elaeis guineenses* Jacq.), reflecting on the quality and quantity of oil obtained. Biological indicators are considered the best and most sensitive to soil dynamics. The objective of this study was to evaluate the effect of planting oil palm, in chronological sequence, on soil biological indicators, as a function of pluviometric seasonality. They were oil palm plans of 5, 17 and 25 years, secondary forest of 23 years. For most of the variables studied, a significant difference was observed as collection periods. The microbial C ( $C_{mic}$ ) (286,71  $\mu\text{g/g}$ ) and microbial N ( $N_{mic}$ ) (32,72  $\mu\text{g/g}$ ) in the 5-year planting were higher than in the 17 and 25-year in the dry period. The RB was also higher than in the 5-year planting, indicating a higher activity of planting of minor age. The  $q\text{CO}_2$  was lower in the culture of 25 years (2,84 and 10,62 ( $\mu\text{g}/\mu\text{g/h}$ ) $\times 10^{-4}$ , in the dry and rainy period, respectively) than other culture, emphasizing a greater

stability of this planting. In comparison to the forest vegetation, oil palm cultivation caused minimal losses in the evaluated attributes, being therefore considered of low environmental impact.

**Key words:** *Elaeis guineensis* Jacq., microbial carbon, microbial nitrogen, microbial activity.

## 1 INTRODUÇÃO

A palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) é uma planta perene de origem africana, muito adaptada às condições tropicais, atingindo altas produtividades (BORGES *et al.*, 2016), mesmo em solos pobres, como a maioria dos solos Amazônicos, que em geral, apresentam baixa fertilidade natural (VITOUSEK, 2010). Nesses solos a sustentabilidade dos sistemas está relacionada à capacidade de manter ou aumentar a disponibilidade de nutrientes às plantas através do manejo da matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes (SANTIAGO *et al.*, 2013).

A qualidade do solo é considerada um dos principais fatores que afetam o plantio desta cultura, refletindo, na produção, na qualidade e na quantidade de óleo obtido (BORGES *et al.*, 2016). A avaliação das alterações nos atributos do solo, vem sendo realizada para monitorar a produtividade dos sistemas (ARTUR *et al.*, 2014).

O carbono e o nitrogênio da biomassa microbiana do solo ( $C_{mic}$  e  $N_{mic}$ ), por responderem prontamente às transformações ambientais, têm sido usados como indicadores em estudos do fluxo de C e N, ciclagem de nutrientes e produtividade de plantas, possibilitando a associação da quantidade de nutrientes imobilizados com a produtividade do solo (SILVA *et al.*, 2013a). No entanto, a determinação da biomassa microbiana do solo por si só, não fornece indicações sobre a atividade dos microrganismos, podendo assim haver no solo elevadas quantidades de biomassa inativa, sendo, desta forma, necessária a avaliação simultânea dos atributos que possam medir o seu estado metabólico (MENDES *et al.*, 2012).

Considerando que as taxas de reações químicas das células microbianas sofrem influência direta da temperatura, as análises biológicas e bioquímicas do solo, tais como a biomassa, atividade e população microbiana, são indicadores sensíveis utilizados para monitorar as interações de fatores ambientais sobre o comportamento dos microrganismos do solo (MATTOS *et al.*, 2011). Assim, os microrganismos e seus processos metabólicos são um dos melhores meios para aferição dos impactos ambientais (MAIA *et al.*, 2012).

Nesse contexto, o conhecimento sobre a dinâmica da biomassa microbiana do solo, em plantios de palma de óleo, é de extrema importância para entender as interações entre a

cultura e o meio, e garantir a melhoria no manejo do solo e maior eficiência na produção. Assim, a presente pesquisa teve como objetivo a avaliação do efeito dos plantios de palma de óleo, em sequência cronológica, sobre os indicadores biológicos do solo, em função da sazonalidade.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em áreas de cultivo de Palma de Óleo, pertencentes à empresa Denpasa, e em floresta secundária, localizados no município de Santa Bárbara do Pará. As áreas estudadas foram compostas por plantios de palma de óleo com idades de 5 anos, 17 anos e 25 anos, e floresta secundária de 23 anos. A cultivar presente nas três áreas de plantio de palma de óleo é a BRS Manicoré obtida a partir de hibridação interespecífica entre o dendezeiro *Elaeis guineenses* Jacq., espécie africana e o dendezeiro *Elaeis oleífera* (Kunth) Cortés, espécie americana, também denominada caiaué.

Em cada área foram coletadas, nas entrelinhas dos plantios, com auxílio de um trado pedológico do tipo holandês, quatro amostras de solo, sendo cada uma composta de três subamostras simples, na profundidade de 0-10 cm, nos períodos de outubro de 2016 (período seco) e fevereiro de 2017 (período chuvoso). Na primeira coleta todos os pontos foram georreferenciados e serviram de direcionamento para a segunda coleta conforme os critérios da primeira amostragem.

As amostras de solo coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenadas em caixas térmicas contendo gelo (4°C). No laboratório, realizou-se a segregação dos fragmentos vegetais das amostras, o destorroamento, homogeneização e peneiramento das amostras com peneira de 2mm de malha. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 4x2, com quatro repetições, correspondendo a quatro tratamentos (plantios de 5, 17 e 25 anos e floresta secundária de 23 anos) e dois períodos de coleta de solo (seco e chuvoso).

### 2.1 ANÁLISES

As quantificações de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo ( $C_{mic}$  e  $N_{mic}$ ) foram realizadas pelo método de fumigação-extração descrito por BROOKES *et al.* (1985) e modificado por SILVA *et al.* (2007), no qual a fumigação é realizada com adição de clorofórmio ( $CHCl_3$ ) diretamente ao solo, mantendo o contato por 24 horas, em frasco de vidro hermeticamente fechado e livre de luminosidade. A extração das amostras fumigadas e não-

fumigadas seguiu a relação solo extrator 1:2,5 (50ml de solução de  $K_2SO_4$  (0,5M) para cada 20g de amostra de solo), com posterior agitação em movimento circular horizontal por 30 minutos, seguido de filtragem com papel de filtro quantitativo, faixa azul, 15mm, C42, de acordo com método proposto por TATE *et al.* (1988).

O carbono da biomassa microbiana ( $C_{mic}$ ) foi determinado através da quantificação do carbono nos extratos fumigados e não-fumigados, de acordo com o método de WALKLEY-BLACK (1934), e utilizando-se o fator de correção de  $K_c$  0,33 (SPARLING & WEST, 1988). Enquanto que o nitrogênio microbiano ( $N_{mic}$ ) foi determinado nos extratos através da quantificação do nitrogênio dos extratos fumigados e não-fumigados pelo método de Kjeldahl (BROOKES *et al.*, 1985), e com fator de correção de  $K_N$  0,54 (BROOKES *et al.*, 1985).

A Respiração basal do solo (RBS) foi determinada através da quantificação do  $CO_2$  liberado durante a incubação do solo em sistema fechado (JENKINSON & POWLSON, 1976). O solo foi mantido por 9 dias em frasco de vidro fechado e livre de luminosidade, contendo um frasco menor com 10ml de NaOH 1M. Após o período de incubação, adicionou-se 2ml de  $BaCl_2$  10% ao frasco contendo NaOH 1M, a fim de completar a precipitação do  $CO_2$ , e procedeu-se a titulação com HCl 0,5M, utilizando fenolftaleína a 1% como indicador.

O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) foi calculado a partir da relação entre RBS e  $C_{mic}$ , segundo método proposto por (ANDERSON & DOMSCH, 1993); e o quociente microbiano ( $qM_{ic}$ ) foi obtido pela relação entre o carbono da biomassa microbiana ( $C_{mic}$ ) e o carbono orgânico total ( $C_{org}$ ) (SPARLING, 1992). O carbono orgânico total ( $C_{org}$ ) e matéria orgânica (MO) foram quantificados através do método descrito por WALKLEY-BLACK (1934); e o nitrogênio total ( $N_{tot}$ ) pelo método Kjeldahl (BROOKES *et al.*, 1985).

## 2.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Primeiramente, foram examinadas a normalidade dos dados, com o teste lilliefors, e a homocedasticidade das variâncias. Quando os critérios para a utilização do teste paramétrico foram atendidos, os dados foram submetidos a análise de variância fatorial axb (ANOVA,  $p \leq 0,05$ ), tendo-se como fatores o período de coleta e a área em estudo (plantios de palma de óleo e floresta). Em casos onde os pressupostos para a realização do teste paramétrico não foram atendidos, realizou-se a transformação logarítmica dos dados. Quando as médias diferiram significativamente, a 95% de confiança, estas foram comparadas pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As concentrações médias de  $C_{org}$  e MO no solo foram maiores na floresta secundária, provavelmente porque os solos presentes nessas áreas são menos perturbados do que os que estão sob plantio (Tabela 1). Além disso, na floresta secundária foi verificada a diminuição dos teores de MO e de  $C_{org}$  no período chuvoso em comparação com o período seco ( $p \leq 0,05$ ) resultado este que corrobora com o estudo realizado por MELZ & TIAGO (2009) em um parque natural, onde também foi observada a diminuição nos teores destes atributos, neste período.

Por outro lado, no período chuvoso houve um aumento nas concentrações de  $C_{org}$  e MO no plantio de 25 anos, provavelmente devido ao aumento da deposição de material vegetal no solo e maior decomposição da serapilheira por consequência da chuva (SILVA *et al.*, 2009), que proporcionou ao plantio de 25 anos teores de  $C_{org}$  e MO estatisticamente iguais ao da floresta neste período (Tabela 1). No plantio de 5 anos observou-se redução nos valores de MO e  $C_{org}$  no período chuvoso ( $p \leq 0,05$ ). Enquanto que no plantio de 17 anos, não foram observadas diferenças significativas entre os períodos para estes atributos.

Tabela 1 - Valores médios das variáveis analisadas ( $C_{org}$ , MO,  $N_{tot}$ , relação C/N) em plantios de palma de óleo e floresta secundária, nos períodos seco e chuvoso, no município de Santa Bárbara do Pará.

Tratamentos <sup>2</sup>	$C_{org}$ (g/Kg)		MO (g/Kg)	
	Seco <sup>1</sup>	Chuvoso <sup>1</sup>	Seco	Chuvoso
P5	12,3 (1,1) Aa	9,9 (0,1) Bb	21,1 (1,9) Aa	17,0 (0,4) Bb
P17	10,1 (0,4) Ab	9,9 (0,4) Ab	17,4 (0,6) Ab	17,0 (0,6) Ab
P25	5,9 (0,2) Bc	12,1 (0,3) Aa	10,2 (0,3) Bc	20,9 (0,5) Aa
FS	14,2 (0,2) Aa	12,4 (0,6) Ba	24,5 (0,3) Aa	21,4 (1,1) Ba
	$N_{tot}$ (%)		C/N	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
P5	0,09 (0,1) Ab	0,07 (0,1) Bab	13,4 (1,1) Aa	15,0 (0,3) Aa
P17	0,08 (0,1) Ac	0,06 (0,1) Bc	12,8 (0,7) Ba	17,1 (0,8) Aa
P25	0,05 (0,1) Bd	0,07 (0,1) Ab	12,2 (0,7) Ba	17,0 (0,6) Aa
FS	0,11 (0,1) Aa	0,08 (0,1) Ba	13,0 (0,4) Ba	15,30 (0,8) Aa

<sup>1</sup> Média (erro padrão). Médias com letras iguais, maiúsculas em uma mesma linha e minúsculas nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

<sup>2</sup> P5 – plantio de palma de óleo de 5 anos; P17 – plantio de palma de óleo de 17 anos; P25 - plantio de palma de óleo de 25 anos; FS – floresta secundária; Seco – período seco; Chuvoso – período chuvoso;  $C_{org}$  – carbono orgânico total; MO – matéria orgânica;  $N_{tot}$  – nitrogênio total; C/N – relação carbono:nitrogênio.

Quanto aos teores de  $N_{tot}$  dos solos em estudo, foi verificado o mesmo comportamento observado para os atributos  $C_{org}$  e MO, ou seja, no período chuvoso ocorreu redução nas concentrações deste atributo, exceto no plantio de 25 anos, onde, neste período, ocorre a maior deposição de material vegetal provenientes das folhas senescentes, que após decomposição aumentam os teores de N no solo. Em média, a concentração de  $N_{tot}$  foi maior no período seco, enquanto que a relação C/N diminuiu neste período ( $p \leq 0,05$ ). Em estudos realizados com sistemas agroflorestais constituídos de palma de óleo e culturas de adubação verde, SANTIAGO *et al.* (2013) verificaram aumento nas concentrações de  $C_{org}$  e  $N_{tot}$ , e redução na relação C/N, na época seca, evidenciando a maior elevação nas concentrações de  $N_{tot}$  do que nas de  $C_{org}$  dos solos.

O aumento nas concentrações de  $N_{tot}$  na época seca ocorreu, provavelmente, devido ao acúmulo de matéria orgânica no solo da época chuvosa para a seca. A diminuição da relação C/N do solo no período seco indica a predominância de mineralização, ou seja, maior tendência à decomposição da matéria orgânica, promovendo a disponibilidade de nutrientes, dentre eles o nitrogênio. Com relação ao fator idade dos plantios de palma de óleo, a relação C/N não foi determinante para a diferenciação em comparação com a floresta secundária.

Quanto aos indicadores biológicos do solo, observou-se que para todas as áreas estudadas os valores de  $C_{mic}$  permaneceram no intervalo considerado normal, com proporção de células microbianas vivas contendo carbono (C-microbiano, em  $\mu\text{g/g}$  de solo) na ordem de 1 a 5 % do carbono orgânico total ( $C_{org}$ ) (JENKINSON & LADD, 1981), indicando que os plantios promoveram condições propícias à presença dos microrganismos, independentemente do período estudado (Tabela 2).

No período seco o  $C_{mic}$  foi estatisticamente maior em todas áreas estudadas ( $p \leq 0,05$ ). Este comportamento também foi observado em estudos realizados por VASCONCELOS *et al.* (2005), com solo sob vegetação secundária de diferentes idades; e segundo estes autores, a relação inversa entre  $C_{mic}$  e a umidade do solo pode estar relacionada a eventos de chuvas anteriores à coleta do período seco, que possivelmente estimularam o crescimento microbiano. No período chuvoso, não foi verificada diferença significativa entre os plantios de palma de óleo com diferentes idades quanto ao atributo  $C_{mic}$  ( $p > 0,05$ ), no entanto, no período seco todas as áreas diferiram entre si, sendo que a floresta secundária apresentou a maior concentração, seguida dos plantios de 5 anos, 17 anos e 25 anos.

Quanto ao  $N_{mic}$ , a proporção de células microbianas vivas contendo nitrogênio, em condições normais, é de 1 a 6% do nitrogênio total ( $N_{tot}$ ) (JENKINSON & LADD, 1981), o

que foi observado na presente pesquisa em todas as áreas estudadas, independentemente do período de coleta. Em média, o  $N_{mic}$  apresentou comportamento semelhante ao do  $C_{mic}$ , ou seja, também houve redução deste atributo no período chuvoso. Somente no plantio de 25 anos verificou-se o aumento do  $N_{mic}$ , provavelmente devido ao aumento da concentração de  $N_{tot}$  deste cultivo no período chuvoso. Segundo GORHAN & ZARIN (2001), o aumento da umidade do solo pode promover a elevação das taxas de mineralização de N, o que explica a redução dos valores de  $N_{mic}$  no período chuvoso, uma vez que neste período provavelmente havia menor imobilização do N na biomassa microbiana.

Tabela 2 - Valores médios das variáveis microbianas ( $C_{mic}$ ,  $N_{mic}$ , RB,  $qCO_2$ ,  $qM_{ic}$ ,  $N_{mic}:N_{tot}$ ) analisadas nos plantios de palma de óleo e floresta secundária nos períodos seco e chuvoso, no município de Santa Bárbara do Pará.

Tratamentos <sup>2</sup>	$C_{mic}$ ( $\mu\text{g/g}$ )		$N_{mic}$ ( $\mu\text{g/g}$ )	
	Seco <sup>1</sup>	Chuvoso <sup>1</sup>	Seco	Chuvoso
P5	286,7 (4,7) Ab	122,3 (2,7) Bb	32,7 (0,6) Aa	14,0 (1,4) Bc
P17	234,8 (3,1) Ac	123,3 (7,7) Bb	22,2 (1,0) Ab	8,5 (0,1) Bd
P25	169,8 (4,9) Ad	121,3 (0,1) Bb	11,6 (0,6) Bc	23,4 (1,1) Ab
FS	317,1 (5,4) Aa	158,1 (3,2) Ba	36,7 (1,0) Aa	28,9 (2,4) Ba
	RB ( $\mu\text{g/g/h}$ )		$qCO_2$ ( $(\mu\text{g}/\mu\text{g}/\text{h}) \times 10^{-4}$ )	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
P5	0,29 (0,7) Ab	0,33 (0,4) Ab	10,0 (1,0) Bb	26,9 (1,1) Ab
P17	0,24 (0,9) Ab	0,21 (0,3) Ac	10,5 (1,8) Bb	17,6 (1,6) Ac
P25	0,05 (0,2) Bc	0,13 (0,2) Ac	2,8 (0,6) Bc	10,6 (0,7) Ad
FS	0,52 (1,0) Ba	0,69 (0,7) Aa	16,5 (1,1) Ba	43,7 (2,4) Aa
	$qM_{ic}$ (%)		$N_{mic}:N_{tot}$ (%)	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
P5	2,3 (0,1) Ab	1,2 (0,1) Ba	3,2 (0,1) Aab	2,1 (0,2) Bb
P17	2,3 (0,1) Ab	1,2 (0,1) Ba	2,7 (0,1) Abc	1,5 (0,1) Bb
P25	2,9 (0,1) Aa	1,0 (0,1) Bb	2,4 (0,1) Bc	3,3 (0,1) Aa
FS	2,2 (0,1) Ab	1,3 (0,1) Ba	3,5 (0,1) Aa	3,6 (0,4) Aa

<sup>1</sup> Média (erro padrão). Médias com letras iguais, maiúsculas em uma mesma linha e minúsculas nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

<sup>2</sup> P5 – plantio de palma de óleo de 5 anos; P17 – plantio de palma de óleo de 17 anos; P25 – plantio de palma de óleo de 25 anos; FS – floresta secundária; Seco – período seco; Chuvoso – período chuvoso;  $C_{mic}$  – carbono da biomassa microbiana do solo;  $N_{mic}$  – nitrogênio da biomassa microbiana do solo; RB – respiração basal do solo;  $qCO_2$  – quociente metabólico;  $qM_{ic}$  – quociente microbiano;  $N_{mic}:N_{tot}$  – relação nitrogênio microbiano:nitrogênio total do solo.

No que diz respeito à relação  $N_{mic}:N_{tot}$ , os plantios de palma de óleo e a floresta secundária foram pouco eficientes quanto à imobilização de nitrogênio pela biomassa microbiana, tanto no período seco quanto no chuvoso, observando-se um percentual médio abaixo de 4%. Este resultado pode estar relacionado aos baixos valores de relação C/N, que demonstram a maior mineralização de nitrogênio do que incorporação à biomassa.

A atividade microbiana, representada pela respiração basal (RB) e pelo quociente metabólico ( $qCO_2$ ), variou nas áreas em estudo (Tabela 2). A RB que é a soma de todas as funções metabólicas nas quais compostos orgânicos são convertidos a  $CO_2$  (SILVA *et al.*, 2013b), foi maior na floresta, independentemente do período de coleta, indicando maior atividade da microbiota, possivelmente estimulada pela disponibilidade constante de material vegetal, e pela elevada atividade biológica da floresta, onde a decomposição de matéria orgânica, por bactérias e fungos promove a liberação de  $CO_2$  (ISLABÃO *et al.*, 2016). O plantio de palma que mais se aproximou da floresta secundária quanto ao quesito RB foi o de 5 anos, o que é explicado pela intensa atividade microbiana nos anos iniciais de cultivo. Por outro lado, os menores valores de respiração basal ocorreram no plantio de 25 anos, que foi considerado o plantio mais estável e menos ativo biologicamente.

Em geral, os valores médios de RB estão próximos aos resultados encontrados por SILVA (2016) em estudos sobre a atividade microbiana em sistemas agroflorestais onde a palma de óleo é a cultura principal.

Os resultados do  $qCO_2$ , relação que expressa a quantidade de  $CO_2$  liberado por unidade de  $C_{mic}$  em função do tempo (ALVES *et al.*, 2011), diferiram em função da época de coleta, apresentando menores valores no período seco em todas as áreas estudadas (Tabela 2). O plantio de 25 anos, apresentou menor  $qCO_2$ , em ambos os períodos de coleta, indicando a presença de biomassa microbiana mais eficiente quanto ao armazenamento dos compostos orgânicos, ou seja, considerando o teor de carbono orgânico total de cada área, houve menor liberação de C na forma de  $CO_2$  e maior incorporação de C aos tecidos microbianos, e, como consequência, a promoção de um ambiente mais estável.

Por outro lado, o aumento estatisticamente significativo do  $qCO_2$  no período chuvoso, indicou a menor capacidade de incorporação do C ao tecido microbiano, devido a uma possível condição de estresse (TÓTOLA & CHAER, 2002), como pode ser observado na relação  $C_{mic}/C_{org}$  ( $qM_{ic}$ ) que também reduziu neste período. Segundo ROSCOE *et al.* (2006) uma alta taxa de respiração pode ser interpretada como característica desejável quando se considera que a decomposição dos resíduos orgânicos irá disponibilizar nutrientes para a planta. Assim, a

análise da taxa de respiração deve ser realizada com cautela, e deve levar em consideração a importância da incorporação de C à biomassa microbiana e a necessidade da mineralização de nutrientes para disposição às plantas.

Quanto ao  $qM_{ic}$ , que representa a relação  $C_{mic}/C_{org}$ , e em condições normais varia de 1 a 4 % (JAKELAITIS *et al.*, 2008), observou-se que apesar de ter ocorrido redução nos valores deste atributo no período chuvoso, estes apresentaram-se iguais ou superiores a 1% (Tabela 2), indicando que os solos das áreas em estudo contêm microrganismos eficientes quanto à utilização dos compostos orgânicos (SILVA *et al.*, 2010), independentemente do período de coleta.

#### 4 CONCLUSÃO

As variáveis analisadas foram altamente influenciadas pela sazonalidade, a qual promoveu diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre os períodos de coleta para todos os atributos.

A implantação de cultivos de palma de óleo promoveu a manutenção e/ou incremento dos teores médios de MO e  $C_{org}$  do solo do período seco para o chuvoso nos plantios em estudo. Os indicadores  $C_{mic}$  e  $N_{mic}$  foram os mais sensíveis para prever a influência dos plantios de palma de óleo sobre o solo, em comparação com a floresta. Estes indicadores modificaram-se tanto por influência sazonal quanto pelas diferenças de idades dos plantios.

A floresta secundária e o plantio de 5 anos foram considerados os mais ativos biologicamente, apresentando elevados valores de RB, enquanto que o plantio de 25 anos foi o mais estável, com menores valores de RB e de  $qCO_2$ . Nos primeiros anos de implantação da palma de óleo, houve redução na biomassa microbiana no período seco, porém, no período chuvoso, ocorreu a estabilização desta com o passar do tempo. Desta forma, em comparação com a vegetação florestal, o plantio de palma de óleo resultou em perdas mínimas nos atributos químicos e biológicos estudados. Assim, pôde-se constatar que cultivos de palma de óleo são de reduzido impacto ambiental.

#### REFERÊNCIAS

ALVES, T.D.S. et al. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, 2011.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> (qCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environment conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, p. 393-395, 1993.

ARTUR, A.G. et al. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 141-149, 2014.

BORGES, A.J. et al. A cultura da palma de óleo (*Elaeis guineenses* Jacq.) no Brasil e no mundo: aspectos agrônômicos e tecnológicos - uma revisão. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 17, n. 27, p. 01-118, 2016.

BROOKES, P.C. et al. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 17, p. 837-842, 1985.

GORHAN, A.M.; ZARIN, D.J. Seasonal changes C:N ratios and mineralization in Young secondary forests in Eastern Amazonia. In: **LBA MEETING**. Atlanta, 2001.

ISLABÃO, G.O. et al. Carbono da biomassa e atividade microbiana em solos cultivados com morango no município de Turuçu/RS. Disponível em: <<http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CA/CA/00507.pdf>>. Acesso em 02 novembro de 2016.

JAKELAITIS, A. et al. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, p. 118 - 127, 2008.

JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-I. Fumigation with chloroform. **Soil Biology and Biochemistry**. v. 8 p.167-177, 1976.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil: Measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.M. **Soil Biochemistry**. 5.ed. New York, M Decker. p.415-471. 1981.

MAIA, P. R. et al. Reciclagem de nutrientes da palha de sorgo e atributos biológicos do solo na Amazônia oriental. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 05, p. 518-527, 2012.

MATTOS, M.L.T. et al. Atividade de microrganismos do solo em diferentes períodos de cultivo do arroz irrigado. **Circular Técnica**, Pelotas, v. 126, n. 1, p. 1-5, 2011.

MELZ, E.M.; TIAGO, P.V. Propriedades físico-químicas e microbiológicas do solo de um Parque em Tangará da Serra, MT, uma área de transição entre Amazônia e Cerrado. **Acta Amazonica**. v. 39, n 04, p. 829-834, 2009.

MENDES, I.C. et al. Biological functioning of brazilian cerrado soils under different vegetation types. **Plant and Soil**, v.359, p. 183-195, 2012.

ROSCOE, R.; et al. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas Conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**, 2006.

SANTIAGO, W.R. et al. Nitrogênio mineral e microbiano do solo em sistemas agrofloretais com palma de óleo na Amazônia oriental. **Acta Amazonica**. v. 43, p.395-406, 2013.

SILVA, E.E. et al. Determinação do nitrogênio da biomassa do solo (BMS-N). **Comunicado Técnico**. Embrapa. Seropédica, RJ. 2007.

SILVA, C.J. et al. Contribuição de folhas na formação da serapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, v. 33. p. 591-600, 2009.

SILVA, C.A.D. et al. Interferência da incorporação de matéria orgânica no solo no controle da podridão negra da mandioca, causada por *Scytalidium lignicola*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p.1823-1831, 2013a.

SILVA, J.M. et al. Mineralização de vermicompostos estimada pela respiração microbiana. **Revista Verde, Pombal**, PB, v. 8, n. 4, p. 132-135, 2013b.

SILVA, C.M. et al. Variação temporal do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v. 46. p. 1– 12, 2016.

SPARLING, G.P.; WEST, A.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Calibration *in situ* using microbial respiration and <sup>14</sup>C labeled cells. **Soil Biology and Biochemistry**. v.20, p.337-343, 1988.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal Soil Research**, v.30, p.195-207, 1992.

TATE, K.R. et al. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Effects of experimental variables and some different calibration procedures. **Soil Biology and Biochemistry**. v.20, p.329-335, 1988.

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

VASCONCELOS, L.G.T.R. et al. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana de um solo sob vegetação secundária de diferentes idades na Amazônia oriental. **Revista Ciências Agrárias**. Belém, v. 44, p. 49-63, 2005.

VITOUSEK, P.M. et al. Terrestrial phosphorus limitation: mechanisms, implications, and nitrogen - phosphorus interactions. **Ecological Applications**, v. 20. p. 5–15, 2010.

WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Baltimore, v.37, p.29-38, 1934.