



Universidade do Estado do Pará  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia  
Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais

Auriane Consolação da Silva Gonçalves

**Avaliação dos indicadores químicos e biológicos do solo de cultivos de palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.), no Município de Santa Bárbara do Pará.**

Belém

2017

Auriane Consolação da Silva Gonçalves

**Avaliação dos indicadores químicos e biológicos do solo de cultivos de palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.), no Município de Santa Bárbara do Pará.**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará.

Orientador: Manoel Tavares de Paula  
Coorientadora: Maricely Janette Uria Toro

Belém  
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP),  
Biblioteca do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, UEPA, Belém - PA.

---

**G635a** Gonçalves, Auriane Consolação da Silva

Avaliação dos indicadores químicos e biológicos do solo de cultivos de palma de óleo (*Elaeis guineenses* Jacq.), no Município de Santa Bárbara do Pará. / Auriane Consolação da Silva Gonçalves; Orientador Manoel Tavares de Paula; Coorientador Maricely Janette Uria Toro. -- Belém, 2017.

67 f.: il.; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Belém, 2017.

1. Fertilidade do solo – Santa Bárbara do Pará (PA). 2. Química do solo – Santa Bárbara do Pará (PA). 3. Biologia do solo – Santa Bárbara do Pará (PA). 4. Análise multivariada – Santa Bárbara do Pará (PA). I. Paula, Manoel Tavares. II. Toro, Maricely Janette Uria. III. Título.

---

**CDD 631.422**

Auriane Consolação da Silva Gonçalves

**Avaliação dos indicadores químicos e biológicos do solo de cultivos de palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.), no Município de Santa Bárbara do Pará.**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará.

Data da aprovação: 17/07/2017

Banca examinadora:

\_\_\_\_\_ - Orientador  
Prof. Manoel Tavares de Paula  
Doutor em Ciências Agrárias  
Universidade do Estado do Pará - UEPA

\_\_\_\_\_ - 1º Examinador  
Prof. Heráclito Eugênio Oliveira da Conceição  
Doutor em Agronomia  
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

\_\_\_\_\_ - 2º Examinador  
Profa. Elessandra Laura Nogueira Lopes  
Doutora em Ciências Agrárias  
Universidade Federal do Pará - UFPA

\_\_\_\_\_ - 3º Examinador  
Prof. Werner Damião Morhy Terrazas  
Doutor em Alimentos e Nutrição  
Universidade do Estado do Pará - UEPA

\_\_\_\_\_ - Suplente  
Prof. Altem Nascimento Pontes  
Doutor em Ciências Físicas  
Universidade do Estado do Pará - UEPA

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Manoel Tavares de Paula, por acreditar em mim, pelos ensinamentos e pela orientação. E também por me mostrar que nesse mundo repleto de pessoas ruins, as boas são a maioria.

À minha coorientadora Profa. Dra. Maricely Janete Uria Toro, que sempre me apoiou em todos os momentos, desde a graduação quando fui sua estagiária.

Ao coordenador do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais Prof. Dr. Altem Pontes, por todo apoio e incentivo, e pelo excelente trabalho desenvolvido com os alunos do Mestrado.

Ao Dr. Carlos Bentes, pela disponibilização da área de estudo, na empresa Denpasa, e pelo incentivo à pesquisa.

À banca examinadora (Dr. Heráclito Eugênio, Dra. Elessandra Lopes e Dr. Werner Terrazas), pelas contribuições durante a construção da dissertação.

Às técnicas dos Laboratórios de Química da Universidade do Estado do Pará – CCNT (Claudete, Ilana, Driele e Patrícia), pelo suporte durante os procedimentos analíticos.

Aos colegas do mestrado, especialmente à Indri Silva, Geysiane Silva e Dione Gutierrez, pela amizade construída e por momentos de aprendizado e diversão; e à Nayara Dias, pelo incentivo durante o processo de seleção do mestrado.

Aos professores e colaboradores do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, por tudo o que me ensinaram.

Agradeço especialmente à minha família, por compreender a minha ausência e acreditar em meus sonhos.

Às minhas irmãs (Adriana Noguchi e Alessandra Albuquerque) e ao meu irmão (Alex Gonçalves), que sempre acreditaram em mim.

E principalmente aos meus pais, que em todos os momentos foram meu porto-seguro, me apoiando e me mostrando o caminho correto a seguir, me incentivando a alcançar mais essa vitória.

“Quem não luta pelo futuro que quer, tem que aceitar o futuro que vier”.

**Desconhecido**

## RESUMO

A palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) vem recebendo destacada atenção por seus benefícios econômicos e ambientais, e o sucesso em sua produção está diretamente relacionado ao manejo adequado do solo, em especial dos atributos químicos e biológicos. A presente pesquisa teve como objetivo a avaliação do efeito dos cultivos de palma de óleo, em sequência cronológica, sobre os indicadores químicos e 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  $C_{mic}$  e o  $N_{mic}$  foram maiores no plantio de 5 anos do que nos de 17 e 25 anos, no período seco. A RB foi maior no plantio de 5 anos, indicando a elevada atividade biológica do plantio de menor idade. O  $qCO_2$  foi menor no cultivo de 25 anos, ressaltando a sua maior estabilidade. Os atributos químicos avaliados apresentaram fortes correlações, sendo observadas correlações positivas entre os atributos Ca, Mg, pH e V, e correlações negativas entre estes atributos e o Al e m. Na análise de componentes principais (PCA) e na análise hierárquica de cluster (HCA) houve a formação de três grupos, compostos pelas áreas estudadas, onde foi verificada a forte aproximação entre o plantio de palma de óleo de 5 anos e a floresta secundária, quanto aos atributos químicos, o que demonstra as poucas transformações químicas no solo nos anos iniciais de implantação da palma de óleo. Assim, em comparação à floresta secundária, o plantio de palma de óleo provocou variações mínimas nos atributos químicos e biológicos avaliados, sendo, portanto, essa cultura considerada uma alternativa sustentável para a recuperação de áreas degradadas.

**Palavras-Chave:** Biomassa microbiana. Atributos químicos. Sazonalidade. Análise multivariada.

## ABSTRACT

The oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) has received outstanding attention for its economic and environmental benefits, and the success in its production is directly related to the proper management of the soil, especially of the chemical and biological attributes. The present research had as objective the evaluation of the effect of the oil palm cultivations, in chronological sequence, on the chemical and biological indicators of the soil, in function of the seasonality. Oil palm plantations of 5, 17 and 25 years, and secondary forest of 23 years were evaluated. For most of the variables studied, a significant difference was observed between the collection seasons.  $C_{mic}$  and  $N_{mic}$  were higher in the 5 years planting than in the 17 and 25 years, in the dry season. The RB was higher in the planting of 5 years, indicating the high biological activity of the younger planting. The  $qCO_2$  was lower in the 25 years culture, emphasizing its greater stability. The chemical attributes evaluated presented strong correlations, being observed positive correlations between Ca, Mg, pH and V, and negative correlations between these attributes and Al and m. In the analysis of main components (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA), three groups were formed, composed of the studied areas, where a strong approximation was verified between the 5 years oil palm planting and the secondary forest, regarding the chemical attributes, which demonstrates the few chemical transformations in the soil in the initial years of implantation of the oil palm. Thus, in comparison to the secondary forest, the oil palm plantation caused minimal variations in the chemical and biological attributes evaluated, being, therefore, this culture considered a sustainable alternative for the recovery of degraded areas.

**Keywords:** Microbial biomass. Chemical attributes. Seasonality. Multivariate analysis.



## LISTA DE TABELAS (Artigo 1)

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Tabela 1 | Valores médios das variáveis analisadas ( $C_{org}$ , MO, $N_{tot}$ , C/N) em plantios de palma de óleo e floresta secundária nos períodos seco e chuvoso, no município de Santa Bárbara do Pará.   | 30 |
| Tabela 2 | Valores médios das variáveis microbianas ( $C_{mic}$ , $N_{mic}$ , RB, $qCO_2$ , $qM_{mic}$ , $N_{mic}:N_{tot}$ ) analisadas em plantios de palma de óleo e floresta secundária nos períodos seco e chuvoso, no município de Santa Bárbara do Pará. | 31 |

## LISTA DE TABELAS (Artigo 2)

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Tabela 1 | Valores médios da composição física dos solos em áreas sob plantios de palma de óleo de diferentes idades e floresta secundária, no município de Santa Bárbara do Pará. | 38 |
| Tabela 2 | Valores médios dos atributos químicos dos solos em áreas sob plantios de palma de óleo de diferentes idades e floresta secundária, nos períodos seco e chuvoso.         | 39 |
| Tabela 3 | Matriz de correlação de Pearson.  | 42 |
| Tabela 4 | Componentes extraídas da matriz de dados.   | 44 |
| Tabela 5 | Total de variâncias explicadas na matriz de dados.  | 45 |

## LISTA DE FIGURAS (Artigo 2)

- Figura 1 Gráfico dos *loadings*, PC1 vs PC2. Associação dos atributos químicos do solo nas áreas estudadas, nos períodos seco e chuvoso. 45
- Figura 2 Gráfico dos *scores*, PC1 vs PC2. Associação entre as áreas estudadas em função dos atributos químicos, nos períodos seco e chuvoso. 47
- Figura 3 Dendrograma de agrupamento das áreas estudadas (HCA). 5 (C) – plantio de 5 anos, 17 (C) – 17 anos, 25 (C) – 25 anos, e F (C) – floresta secundária (período chuvoso); 5 (S) – plantio de 5 anos, 17 (S) – 17 anos, 25 (S) – 25 anos, e F (S) – floresta secundária (período seco). 48

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b>   | 12 |
| REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL  | 14 |
| <b>2. ARTIGO 1 - Avaliação dos indicadores biológicos do solo de plantios de palma de óleo (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.), no Município de Santa Bárbara do Pará</b>                       | 17 |
| RESUMO   | 17 |
| ABSTRACT   | 18 |
| INTRODUÇÃO   | 18 |
| MATERIAL E MÉTODOS   | 20 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO   | 22 |
| CONCLUSÃO  | 26 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS   | 27 |
| AGRADECIMENTOS   | 30 |
| <b>3. ARTIGO 2 - Dinâmica dos atributos químicos do solo em cultivos de palma de óleo (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.), em função da sazonalidade, no município de Santa Bárbara do Pará</b> | 32 |
| RESUMO   | 32 |
| ABSTRACT   | 33 |
| INTRODUÇÃO   | 34 |
| MATERIAL E MÉTODOS   | 35 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO   | 38 |
| CONCLUSÃO  | 49 |
| AGRADECIMENTOS   | 50 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS   | 50 |
| <b>4. CONCLUSÃO GERAL</b>  | 55 |
| ANEXO A – Normas da Revista (Artigo 1) - Ciência Rural   | 56 |
| ANEXO B – Normas da Revista (Artigo 2) - Acta Amazonica  | 61 |

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Cultivada no Brasil desde o século XVII, a palma de óleo (*Elaeis guineenses* Jacq.), planta perene de origem africana (MÜLLER; ALVES, 1997), é uma espécie muito adaptada às condições tropicais, sendo capaz de atingir altas produtividades (BORGES et al., 2016), mesmo em solos pobres, como a maioria dos solos Amazônicos, que em geral, apresentam baixa fertilidade natural (SIOLI, 1985; VITOUSEK et al. 2010).

A palma de óleo apresenta diversos benefícios econômicos e ambientais, uma vez que além de estabelecer rapidamente a cobertura arbórea, protegendo o solo contra erosão e contribuindo para a fixação de C, promove a geração de emprego e melhoria da renda de trabalhadores (FURLAN JÚNIOR; MÜLLER, 2004). De acordo com Levermann & Souza (2014), empresas modernas são capazes de criar um emprego direto e dois indiretos em sua cadeia produtiva para cada 10 hectares de palma plantados, fixando, assim, o homem no campo e reduzindo o êxodo rural (HOMMA, 2000; BRITO, 2014).

A produção de palma de óleo tem como principal objetivo a obtenção do óleo de palma, o qual é direcionado para indústria de alimentos, oleoquímica e de biocombustíveis (BASRI et al., 2005; REIJNDERS; HUIJBREGTS, 2008; YAMADA et al., 2010).

Dentre as preocupações relacionadas ao plantio de palma de óleo, a avaliação da qualidade do solo vem recebendo destacada atenção, e a quantificação de alterações nos seus atributos, tem sido amplamente realizada para monitorar a produtividade dos solos (NEVES et al., 2007), uma vez que a qualidade do solo está diretamente relacionada à produtividade, qualidade e quantidade de óleo obtido, que é o principal interesse da agroindústria da palma (BORGES et al., 2016).

Segundo Dantas et al., (2012), a qualidade do solo representa a capacidade deste em atuar positivamente na regulação do fluxo energético em um determinado ecossistema, seja ele natural ou agrícola; desempenhando funções que interferem na produtividade de plantas e animais, mantendo a qualidade do meio ambiente, além de dar suporte às estruturas socioeconômicas e de habitação humana (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; ARAÚJO et al., 2008).

A avaliação da variação dos atributos (indicadores), são importantes para a melhoria do manejo visando à sustentabilidade dos sistemas agrícolas (CUNHA et al., 2012). Essa avaliação deve ser realizada levando-se em consideração o conjunto de indicadores específicos e suas inter-relações, uma vez que se tem verificado que indicadores isolados não são suficientes para explicar o potencial de cultivos em determinado solo (CARNEIRO et al., 2009).

O estudo da variabilidade espacial dos atributos químicos no solo é uma etapa importante na agricultura, sendo considerado um dos fatores essenciais para a obtenção do sucesso na atividade agrícola (ZANÃO JÚNIOR et al., 2010). Desta forma, diversos autores têm quantificado os atributos químicos do solo, sob diferentes usos e manejos com o intuito de identificar aqueles considerados sustentáveis em médio e longo prazos (FRAZÃO et al., 2008).

Em áreas florestais, o contínuo aporte de serrapilheira contribui para a manutenção e elevação do teor de matéria orgânica do solo (BARRETO et al., 2008), mantendo um ambiente propício para a atividade microbiana, a qual exerce papel fundamental na ciclagem de nutrientes e fertilidade do solo, onde os microrganismos atuam como produtores primários, decompositores e armazenadores de carbono em suas biomassas (PULROLNIK, 2009), atuam na produção de enzimas extracelulares (MEDEIROS et al., 2015) com a liberação de nutrientes, e na produção de substâncias estimuladoras do crescimento das plantas (SILVA et al., 2013).

A transformação de áreas florestais para culturas agrícolas promove mudanças nestes ecossistemas, ocasionando alterações nos atributos químicos e biológicos do solo (LIMA et al., 2011). Alterações significativas na biomassa microbiana podem ser detectadas com antecedência quando comparadas às mudanças na matéria orgânica (ROSCOE et al., 2006). Diante disso, a avaliação da biomassa microbiana tem sido proposta como um indicador do estado e das alterações da matéria orgânica do solo e sugerida como uma medida sensível do aumento, ou decréscimo, de sua quantidade (TÓTOLA; CHAER, 2002).

Nesse contexto, o conhecimento sobre fertilidade do solo, quantidade de biomassa microbiana, e sua atividade em plantios de palma de óleo, é de extrema importância para entender as interações existentes entre a cultura e o meio, e garantir a melhoria da qualidade do solo, a partir da obtenção de modelos que forneçam o diagnóstico da fertilidade do solo associado a recomendações de adubação em

diferentes momentos de produção. Assim, a presente pesquisa teve como objetivo o estudo dos atributos químicos do solo e das alterações na dinâmica do carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, em plantios de palma de óleo, com diferentes idades, e floresta secundária, em função da sazonalidade, no município de Santa Bárbara do Pará.

## REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

ARAÚJO, A. S. F. de; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**. Uberlandia, MG. v.23, p.66-67, 2007.

ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, B. B.; MONTEIRO, R. T. R. Responses of soil microbial biomass and activity for practices of organic and conventional farming systems in Piauí state, Brazil. **European Journal of Soil Biology**. v.44, p.225-230, 2008.

BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES; A. C., BARROS, N. F.; FONSECA, S. Atividade Microbiana, Carbono e Nitrogênio da Biomassa Microbiana em plantações de Eucalipto, em sequência de idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.32, p.611-619, 2008.

BASRI, M. W.; ABDULLAH, S. N. A.; ITHNIN, M.; KAMARUDDIN, N. Oil palm. In: **Handbook of Industrial Crops** (eds Chopra VL, Peter KV), Chapter 8, p.335-371. The Haworth Press, Inc., Binghamton, New York, 2005.

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

BRITO, M. Palma no Brasil: a corda está quase no limite. **Agroanalysis**. v.34, n.8, p.25-26, 2014.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S. AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 33, p.147-157, 2009.

CUNHA, E. D. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. D. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, n.1, p.56-63, 2012.

DANTAS, J. A. N.; OLVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ASSIS, C. P. Qualidade de solo sob diferentes usos e manejos no Perímetro Irrigado Jaguaribe/Apodi, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, n.1, p.18-26, 2012.

FRAZÃO, L. A.; PÍCCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de

manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.43, p.641-648, 2008.

FURLAN JÚNIOR, J.; MÜLLER, A. A. **A agricultura familiar e a dendeicultura na Amazônia**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 3p. 2004.

HOMMA, A. K. O. Base para uma política de desenvolvimento da cultura do dendê na Amazônia. In: VIÉGAS, I. J. M.; MÜLLER, A. A. (Ed.). **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. p.11-30, 2000.

LEVERMANN, R. A.; SOUZA, J. P. M. Óleo de palma: o crescimento da indústria global. **Agroanalysis**. v.34, n.8, p.25-26, 2014.

LIMA, S. S.; LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; COSTAS, D. B. Atributos químicos e estoque 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.

MEDEIROS, E. V.; NOTARO, K. A.; BARROS, J. A.; MORAES, W. S.; SILVA, A. O.; MOREIRA, K.A. Absolute and specific enzymatic activities of sandy entisol from tropical dry forest, monoculture and intercropping areas. **Soil and Tillage Research**. v.145, n.1, p.208-215, 2015.

MÜLLER, A. A.; ALVES R. M. **A dendeicultura na Amazônia Brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 44p. 1997.

NEVES, C. M. N. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; CARDOSO, E. L.; MACEDO, R. L. G.; FERREIRA, M. M.; SOUZA, F. S. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do Estado de Minas Gerais. **Scientia Forestalis**. v. 74, p.45-53, 2007.

PULROLNIK, K. **Transformações do Carbono no Solo**. Planaltina – DF: Embrapa Cerrados. 36p. 2009.

REIJNDERS, L.; HUIJBREGTS, M. A. J. Palm oil and the emission of carbon-based greenhouse gases. **Journal of Cleaner Production**. v.16, p.477-482, 2008.

ROSCOE, R., BODDEY, R. M., SALTON, J. C. Sistemas de manejo e material orgânica do solo. In: ROSCOE, R., MERCANTE, F. B., SALTON, J. C. (Ed). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas**: modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. p.17-42, 2006.

SILVA, C. A. D.; MEDEIROS, E. V.; BEZERRA, C. B.; SILVA, W. M. BARROS, J. A. SANTOS, U. J. Interferência da incorporação de matéria orgânica no solo no controle da podridão negra da mandioca, causada por *Scybalidium lignicola*. **Bioscience Journal**, Uberlândia. v.29, n.6, p.1823-1831, 2013.

SIOLI, H. **Amazônia: Fundamentos da Ecologia da maior região de florestas tropicais**. Vozes. Petrópolis.72p. 1985.

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.

VITOUSEK, P. M.; PORDER, S.; HOULTON, B. Z.; CHADWICK, O. A. Terrestrial phosphorus limitation: mechanisms, implications, and nitrogen - phosphorus interactions. **Ecological Applications**. v. 20, p.5-15, 2010.

YAMADA, H.; TANAKA, R.; SULAIMAN, O.; HASHIM, R.; HAMID, Z. A. A.; YAHYA, M. K. A.; KOSUGI, A.; ARAI, T.; MURATA, Y.; NIRASAWA, S.; YAMAMOTO, K.; OHARA, S.; YUSOF, M. N. M.; IBRAHIM, W. A. Old oil palm trunk: a promising source of sugars for bioethanol production. **Biomass and Bioenergy**. v.34, p.1608-1613, 2010.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; CARVALHO-ZANÃO, M. P.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial de atributos químicos em diferentes profundidades em um latossolo em sistema de plantio direto. **Revista Ceres**. v.57, n.3, p.429-438, 2010.



## 2 - 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

Auriane Consolação da Silva Gonçalves<sup>I\*</sup> Manoel Tavares de Paula<sup>II</sup> Maricely Janette Uria Toro<sup>II</sup>

### 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  $C_{mic}$  (286,71  $\mu\text{g/g}$ ) e o  $N_{mic}$  (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 RB também foi maior no plantio de 5 anos, indicando a maior atividade biológica do plantio de menor idade. O  $q\text{CO}_2$  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 floresta secundária, o cultivo de palma de óleo provocou variações mínimas nos atributos avaliados, sendo, portanto, considerado de reduzido impacto ambiental.

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

---

<sup>I\*</sup> Universidade do Estado do Pará (UEPA) Trav. Enéas Pinheiro, nº 2626. CEP: 66095-100. Bairro: Marco, Belém-PA, Brasil. Email: aurianeayama@hotmail.com. Autor para correspondência.

<sup>II</sup> Universidade do Estado do Pará (UEPA), Pará, PA, Brasil.

## 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 secondary forest, oil palm cultivation caused minimal variations in the evaluated attributes, being therefore considered of low environmental impact.

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

## INTRODUÇÃO

A palma de óleo (*Elaeis guineenses* Jacq.) é uma planta perene de origem africana, muito adaptada às condições tropicais, atingindo altas produtividades (BORGES et al., 2016), mesmo em solos com baixa fertilidade natural, como a maioria dos solos Amazônicos (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 objetivou avaliar o efeito dos plantios de palma de óleo, em sequência cronológica, sobre os indicadores biológicos do solo, em função da sazonalidade.

## 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 a *Elaeis guineenses* Jacq., espécie africana e a *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés, espécie americana, também denominada caiaué.

Em cada área foram coletadas, 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).

### Procedimentos Analíticos

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<sub>3</sub>) 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<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 10% ao frasco contendo NaOH 1M, a fim de completar a precipitação do CO<sub>2</sub>, 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).

## Tratamento Estatístico

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 secundária). 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 ( $p \leq 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações médias de  $C_{org}$  e MO 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 aumento nas concentrações de  $C_{org}$  e MO no plantio de 25 anos, provavelmente devido ao acúmulo 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.

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 houve 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 ( $p \leq 0,05$ ), com exceção no plantio de 5 anos. 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  $\mu\text{g g}^{-1}$  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.

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 secundária, 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<sub>2</sub> (ISLABÃO et al., 2016). O plantio de palma que mais se aproximou da floresta secundária quanto à 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 et al. (2016) em estudos sobre a atividade microbiana em sistemas agroflorestais onde a palma de óleo é a cultura principal.

Os resultados do qCO<sub>2</sub>, relação que expressa a quantidade de CO<sub>2</sub> liberado por unidade de C<sub>mic</sub> 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<sub>2</sub>, em ambos os períodos de coleta, indicando a presença de biomassa microbiana mais eficiente quanto ao armazenamento dos compostos orgânicos, ou seja, houve menor liberação de C na forma de CO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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<sub>mic</sub>/C<sub>org</sub> (qM<sub>ic</sub>) 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 as plantas. 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.

## 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 secundária. 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, a qual se estabilizou com o passar do tempo. Desta forma, em comparação com a floresta secundária, o plantio de palma de óleo resultou em variações mínimas nos atributos biológicos estudados. Assim, pôde-se constatar que cultivos de palma de óleo são de reduzido impacto ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 agronômicos 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.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. NewYork, 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**, 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 agroflorestais 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, R. R. et al. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.5, p.1584-1592, 2010.
- 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**, 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 sells. **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**, 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**, v.37, p.29-38, 1934.

## AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Carlos Bentes e à empresa Denpasa, pela disponibilização da área para a condução do experimento, e à equipe técnica do Laboratório de Química da Universidade do Estado do Pará – UEPA – CCNT.

Tabela 1 - Valores médios das variáveis analisadas ( $C_{org}$ , MO,  $N_{tot}$ , 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)     |                |
|--------------------------|----------------------|-------------------------|---------------|----------------|
|                          | P. Seco <sup>1</sup> | P. Chuvoso <sup>1</sup> | P. Seco       | P. Chuvoso     |
| 5 anos                   | 12,3 (1,1) Aa        | 9,9 (0,1) Bb            | 21,1 (1,9) Aa | 17,0 (0,4) Bb  |
| 17 anos                  | 10,1 (0,4) Ab        | 9,9 (0,4) Ab            | 17,4 (0,6) Ab | 17,0 (0,6) Ab  |
| 25 anos                  | 5,9 (0,2) Bc         | 12,1 (0,3) Aa           | 10,2 (0,3) Bc | 20,9 (0,5) Aa  |
| Flor. Sec.               | 14,2 (0,2) Aa        | 12,4 (0,6) Ba           | 24,5 (0,3) Aa | 21,4 (1,1) Ba  |
|                          | $N_{tot}$ (%)        |                         | C/N           |                |
|                          | P. Seco              | P. Chuvoso              | P. Seco       | P. Chuvoso     |
| 5 anos                   | 0,09 (0,1) Ab        | 0,07 (0,1) Bab          | 13,4 (1,1) Aa | 15,0 (0,3) Aa  |
| 17 anos                  | 0,08 (0,1) Ac        | 0,06 (0,1) Bc           | 12,8 (0,7) Ba | 17,1 (0,8) Aa  |
| 25 anos                  | 0,05 (0,1) Bd        | 0,07 (0,1) Ab           | 12,2 (0,7) Ba | 17,0 (0,6) Aa  |
| Flor. Sec.               | 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> 5 anos – plantio de palma de óleo de 5 anos; 17 anos – plantio de palma de óleo de 17 anos; 25 anos - plantio de palma de óleo de 25 anos; Flor. Sec. – floresta secundária; P. seco – período seco; P. chuvoso – período chuvoso;  $C_{org}$  – carbono orgânico total; MO – matéria orgânica;  $N_{tot}$  – nitrogênio total; C/N – relação carbono:nitrogênio.

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> | $C_{mic}$ ( $\mu\text{g/g}$ ) |                         | $N_{mic}$ ( $\mu\text{g/g}$ )                                   |               |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|---|---------------|
|                          | P. Seco <sup>1</sup>          | P. Chuvoso <sup>1</sup> | P. Seco   | P. Chuvoso    |
| 5 anos                   | 286,7 (4,7) Ab                | 122,3 (2,7) Bb          | 32,7 (0,6) Aa   | 14,0 (1,4) Bc |
| 17 anos                  | 234,8 (3,1) Ac                | 123,3 (7,7) Bb          | 22,2 (1,0) Ab   | 8,5 (0,1) Bd  |
| 25 anos                  | 169,8 (4,9) Ad                | 121,3 (0,1) Bb          | 11,6 (0,6) Bc   | 23,4 (1,1) Ab |
| Flor. Sec.               | 317,1 (5,4) Aa                | 158,1 (3,2) Ba          | 36,7 (1,0) Aa   | 28,9 (2,4) Ba |
|                          | RB ( $\mu\text{g/g/h}$ )      |                         | $qCO_2$ ( $(\mu\text{g}/\mu\text{g}/\text{h}) \times 10^{-4}$ ) |               |
|                          | P. Seco                       | P. Chuvoso              | P. Seco   | P. Chuvoso    |
| 5 anos                   | 0,29 (0,7) Ab                 | 0,33 (0,4) Ab           | 10,0 (1,0) Bb   | 26,9 (1,1) Ab |
| 17 anos                  | 0,24 (0,9) Ab                 | 0,21 (0,3) Ac           | 10,5 (1,8) Bb   | 17,6 (1,6) Ac |
| 25 anos                  | 0,05 (0,2) Bc                 | 0,13 (0,2) Ac           | 2,8 (0,6) Bc  | 10,6 (0,7) Ad |
| Flor. Sec.               | 0,52 (1,0) Ba                 | 0,69 (0,7) Aa           | 16,5 (1,1) Ba   | 43,7 (2,4) Aa |
|                          | $qM_{ic}$ (%)                 |                         | $N_{mic}:N_{tot}$ (%)   |               |
|                          | P. Seco                       | P. Chuvoso              | P. Seco   | P. Chuvoso    |
| 5 anos                   | 2,3 (0,1) Ab                  | 1,2 (0,1) Ba            | 3,2 (0,1) Aab   | 2,1 (0,2) Bb  |
| 17 anos                  | 2,3 (0,1) Ab                  | 1,2 (0,1) Ba            | 2,7 (0,1) Abc   | 1,5 (0,1) Bb  |
| 25 anos                  | 2,9 (0,1) Aa                  | 1,0 (0,1) Bb            | 2,4 (0,1) Bc  | 3,3 (0,1) Aa  |
| Flor. Sec.               | 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> 5 anos – plantio de palma de óleo de 5 anos; 17 anos – plantio de palma de óleo de 17 anos; 25 anos - plantio de palma de óleo de 25 anos; Flor. Sec. – floresta secundária; P. seco – período seco; P. 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.

### **3 - Dinâmica dos atributos químicos do solo em cultivos de palma de óleo no Município de Santa Bárbara do Pará**

Auriane Consolação da Silva GONÇALVES <sup>1</sup> Manoel Tavares DE PAULA <sup>2</sup> Maricely Janette Uria TORO <sup>3</sup>

#### **RESUMO**

O conhecimento sobre a fertilidade do solo em cultivos de palma de óleo é extremamente importante para avaliação da qualidade do solo e para entender as interações existentes entre a cultura e o meio. O objetivo deste estudo foi avaliar os atributos químicos do solo em cultivos de palma de óleo, com diferentes idades, em função da sazonalidade. Foram estudados cultivos de palma de óleo de 5, 17 e 25 anos, e floresta secundária de 23 anos. Os atributos avaliados foram: carbono orgânico total (C), nitrogênio total (N), relação C/N, potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), capacidade de troca de cátions total (CTC T), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC E), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m). Observou-se correlações positivas entre os atributos Ca, Mg, pH e V, e correlações negativas entre estes atributos e o Al e m. Na análise de componentes principais (PCA) e na análise hierárquica de cluster (HCA) houve a formação de três grupos, compostos pelas áreas estudadas. Através destes agrupamentos, verificou-se a aproximação entre o plantio de palma de óleo de 5 anos e a floresta secundária, o que demonstra a semelhança entre estas áreas quanto aos atributos químicos estudados. Assim, os atributos químicos do solo mostraram ser excelentes indicadores para verificação da qualidade do solo sob palma de óleo em comparação à floresta, considerando a aplicação desta cultura como alternativa para a recuperação de áreas degradadas.

**Palavras-Chave:** *Elaeis guineenses* Jacq., análise multivariada, PCA, HCA.



## ABSTRACT

The knowledge about soil fertility in oil palm plantations is extremely important for the evaluation of soil quality and to understand the interactions between the cultivation and the environment. The objective of this study was to evaluate soil chemical attributes in oil palm cultivation, with different ages, as a function of seasonality. Oil palm cultures of 5, 17 and 25 years and secondary forest of 23 years were studied. The attributes evaluated were: total organic carbon (C), total nitrogen (N), C/N ratio, hydrogenation potential (pH), phosphorus (P), potassium (K), sodium (Na), calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminum (Al), potential acidity (H+Al), total cation exchange capacity (CTC T), effective cation exchange capacity (CTC E), base saturation (V) and aluminum saturation (m). Positive correlations were observed between the attributes Ca, Mg, pH and V, and negative correlations between these attributes and Al and m. In the principal components analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA), three groups were formed, composed of the areas under study. Through these groupings, the approximation between the 5-year oil palm planting and the secondary forest was verified, which demonstrates the similarity between these areas regarding the chemical attributes studied. Thus, the chemical attributes of the soil showed to be excellent indicators to verify the quality of the soil under oil palm in comparison to the forest, considering the application of this culture as an alternative for the recovery of degraded areas.

**Key-Works:** *Elaeis guineensis* Jacq., multivariate analysis, PCA, HCA.

---

<sup>1</sup> Universidade do Estado do Pará – UEPA, Trav. Enéas Pinheiro, nº 2626, Marco – Belém – PA, Brasil. Email: auriacayama@hotmail.com.

<sup>2</sup> Universidade do Estado do Pará – UEPA, Belém – PA, Brasil. Email: dpaulamt@hotmail.com.

<sup>3</sup> Universidade do Estado do Pará – UEPA, Belém – PA, Brasil. Email: maryuria12@hotmail.com.

## INTRODUÇÃO

Cultivada no Brasil desde o século XVII, a palma de óleo (*Elaeis guineenses* Jacq.) é uma espécie muito adaptada aos solos Amazônicos, que em sua maioria, apresentam baixa fertilidade natural (Vitousek *et al.* 2010, Borges *et al.* 2016), são ácidos e com baixa capacidade de troca de cátions (Ferreira *et al.* 2006). Nesses solos o manejo da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes exercem papel fundamental na disponibilidade de nutrientes (Barreto *et al.* 2008, Santiago *et al.* 2013).

A preocupação com a qualidade do solo e a quantificação de alterações nos seus atributos é de grande relevância para o monitoramento da produtividade dos solos, visando a melhoria no manejo à sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Neves *et al.* 2007, Cunha *et al.* 2012). Segundo Dantas *et al.* (2012), a qualidade do solo representa a capacidade deste em atuar positivamente na regulação do fluxo energético em um determinado ecossistema, seja ele natural ou agrícola; desempenhando funções que interferem na produtividade de plantas, e mantendo a qualidade do meio ambiente (Araújo e Monteiro 2007; Araújo *et al.* 2008).

O estudo da variabilidade dos atributos químicos no solo é uma etapa importante na agricultura (Zanão Júnior *et al.* 2010). Considerando-se que o conhecimento da fertilidade do solo é um dos fatores primordiais para o sucesso da atividade agrícola, diversos autores têm quantificado os atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos, com o intuito de identificar aqueles considerados sustentáveis em médio e longo prazos (Frazão *et al.* 2008).

Os indicadores químicos retratam parâmetros responsáveis por processos naturais do funcionamento do solo, como a capacidade de troca de cátions (CTC), que representa a quantidade total de cátions retidos na superfície do solo, em condição permutável ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+} + \text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$ ), e atua diretamente na fertilidade do solo; matéria orgânica, que influencia a biomassa microbiana e os valores de CTC total; o pH, que indica a quantidade de

íons hidrogênio ( $H^+$ ) existentes no solo, e atua diretamente na disponibilidade de nutrientes e na CTC efetiva (Ronquim 2010, Aragão *et al.* 2012).

Acredita-se que os fatores ambientais, a quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais depositados sobre o solo podem alterar consideravelmente os parâmetros químicos do solo (Souza *et al.* 2010a). Nesse contexto, o conhecimento sobre fertilidade do solo em cultivos de palma de óleo, é de extrema importância para entender a influência dessa cultura sobre o solo, e garantir a melhoria da produtividade, a partir da obtenção de modelos que forneçam o diagnóstico da fertilidade do solo associado a recomendações de adubação em diferentes momentos de produção, garantindo a maior eficiência no uso de fertilizantes.

Assim, a presente pesquisa teve como objetivo o estudo dos atributos químicos do solo em plantios de palma de óleo, com diferentes idades, em função da sazonalidade, no município de Santa Bárbara do Pará.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de Estudo**

As áreas estudadas localizam-se no município de Santa Bárbara do Pará. O solo dominante na região é o Latossolo Amarelo Distrófico Típico, textura média (Embrapa 2013).

As áreas foram compostas por monocultivos de Palma de Óleo com idades de 5 anos, 17 anos e 25 anos, e floresta secundária, com aproximadamente 23 anos. A espécie presente nas áreas de plantio de palma de óleo é a cultivar BRS Manicoré, que é um híbrido interespecífico entre as espécies *Elaeis guineensis* Jacq., espécie africana, e *Elaeis oleífera* (Kunth) Cortés, espécie americana também conhecida como caiaué.

Em cada área foram coletadas, com auxílio de um trado pedológico, quatro amostras de solo, sendo cada uma composta de três subamostras simples, na profundidade de 0-10 cm, nos

períodos de outubro de 2016 e fevereiro de 2017, período seco e chuvoso, respectivamente. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e enviadas ao laboratório, onde foi realizada a segregação dos fragmentos vegetais das amostras, o destorroamento, a homogeneização e o peneiramento com peneira de 2 mm de malha (Embrapa 2009).

### **Delineamento Experimental**

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso em esquema fatorial 4x2, com quatro repetições, correspondendo a quatro áreas de coleta (plantios de palma de óleo de 5, 17 e 25 anos, e floresta secundária) e dois períodos (outubro de 2016 e fevereiro de 2017).

### **Análises Laboratoriais**

Foi realizada a análise física (granulometria) e a determinação dos atributos químicos do solo das áreas em estudo. Os atributos químicos mensurados foram: potencial hidrogeniônico (pH em água), determinado por potenciometria; cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al), por espectrometria de emissão atômica por plasma de microondas (MP-AES - Agilent Technologies - 4200); sódio (Na) e potássio (K), por extração com  $H_2SO_4+HCl$  e determinação por fotometria de chama (Quimis – Q498M2); fósforo (P), por extração com solução Mehlich 1 (1984), e determinação por espectrofotometria (Biospectro – SP - 220); carbono orgânico total (C), através do método descrito por Walkley-Black (1934); nitrogênio total (N) pelo método Kjeldahl; Acidez potencial (H+Al) por extração com acetato de cálcio a 1N pH 7,0, e titulação com EDTA-Na a 0,025N; de acordo com os procedimentos contidos no Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes (Embrapa 2009).

A partir dos resultados obtidos nas análises químicas do solo, foram calculados os valores de capacidade de troca de cátions total (CTC T), capacidade de troca de cátions efetiva (CTC E), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m).

## **Análises Estatísticas**

Foram examinadas a normalidade dos dados, com o teste lilliefors, e a homocedasticidade das variâncias. Quando os pré-requisitos para a utilização da estatística paramétrica foram atendidos, realizou-se a análise de variância (ANOVA,  $p \leq 0,05$ ), tendo-se como fatores as áreas em estudo (cultivos de palma de óleo com idades de 5 anos, 17 anos e 25 anos, e floresta secundária) e o período de coleta.

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 ( $p \leq 0,05$ ).

Para a verificação dos atributos que mais contribuíram para a explicação das variações observadas e qual o plantio de palma de óleo que mais se aproximou à floresta secundária, quanto às características químicas, nos períodos de coleta estudados, foi utilizada a análise multivariada, com a aplicação das ferramentas: Análise de Componentes Principais (PCA), Correlação de Pearson, Análise Hierárquica de Cluster (HCA) e o Gráfico de Dispersão.

Para a seleção das variáveis que participaram da análise de componentes principais, considerou-se os atributos que apresentaram correlações significativas de no mínimo 95% de confiança, de acordo com o método de seleção de fatores interpretáveis (Thurstone 1947).

Além disso, verificou-se quais componentes obtiveram os maiores percentuais de explicação, descartando-se, assim, as variáveis com maior coeficiente na componente de menor autovalor (variância). Este princípio consiste no fato de que uma componente de menor autovalor é tida como de menor importância, e conseqüentemente, a variável que a domina deve ser de pouca relevância (Mardia *et al.* 1979). As análises estatísticas dos dados foram realizadas com auxílio dos programas SPSS 20 e Excel 2016.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios da composição física (fração granulométrica) do solo em áreas sob plantios de palma de óleo e floresta secundária, no município de Santa Bárbara do Pará, estão presentes na tabela 1.

Tabela 1. Valores médios da composição física dos solos em áreas sob plantios de palma de óleo de diferentes idades e floresta secundária, no município de Santa Bárbara do Pará.

| Área de Estudo <sup>2</sup> | Granulometria (g kg <sup>-1</sup> ) |            |       |        |
|-----------------------------|-------------------------------------|------------|-------|--------|
|                             | Areia Grossa                        | Areia Fina | Silte | Argila |
| 5 anos                      | 348                                 | 431        | 108   | 113    |
| 17 anos                     | 377                                 | 476        | 80    | 67     |
| 25 anos                     | 325                                 | 464        | 118   | 93     |
| Flor. S.                    | 205                                 | 495        | 180   | 120    |

<sup>2</sup> 5 anos - plantio de palma de óleo de 5 anos; 17 anos - plantio de palma de óleo de 17 anos; 25 anos - plantio de palma de óleo de 25 anos; Flor. S - floresta secundária.

A partir da análise granulométrica, e separação das frações areia grossa, areia fina, silte e argila, verificou-se que nos solos em estudo houve a predominância a fração areia, e baixos teores de silte e de argila, o que é característico do solo classificado como Latossolo Amarelo Distrófico Típico de textura média (Embrapa 2013).

Segundo Venturieri *et al.* (2010), trata-se de um solo mineral profundo, poroso, de boa aeração e bem drenado, que apresenta como principal característica o horizonte subsuperficial “B” latossólico (Bw), com avançado estágio de intemperização, sendo em geral, constituído por quantidades variáveis de óxidos de ferro e alumínio, e minerais de argila 1:1 (caulinita).

Além disso, de acordo com Embrapa (2006), o Latossolo Amarelo Distrófico Típico de textura média caracteriza-se por apresentar baixa fertilidade química, com elevada acidez, baixo

pH e elevados teores de alumínio trocável. Os valores médios dos atributos químicos analisados no solo em áreas sob plantios de palma de óleo e floresta secundária estão na tabela 2.

Tabela 2. Valores médios dos atributos químicos dos solos em áreas sob plantios de palma de óleo de diferentes idades e floresta secundária, nos períodos seco e chuvoso.

| Área de Estudo <sup>2</sup> | N (%)                                       |               | C (g kg <sup>-1</sup> )                    |                | C/N   |                |
|-----------------------------|---|---------------|--|----------------|---|----------------|
|                             | Seco <sup>1</sup>                           | Chuvoso       | Seco                                       | Chuvoso        | Seco  | Chuvoso        |
| 5 anos                      | 0,09 (0,1) Ab                               | 0,07 (0,1) Bb | 12,26 (1,1) Aa                             | 9,86 (0,1) Bb  | 13,36 (1,1) Aa                              | 14,99 (0,3) Aa |
| 17 anos                     | 0,08 (0,1) Ac                               | 0,06 (0,1) Bc | 10,09(0,4) Ab                              | 9,86 (0,4) Ab  | 12,85 (0,7) Ba                              | 17,07 (0,8) Aa |
| 25 anos                     | 0,05 (0,1) Bd                               | 0,07 (0,1) Ab | 5,88 (0,2) Bc                              | 12,12 (0,3) Aa | 12,24 (0,7) Ba                              | 16,96 (0,6) Aa |
| Flor. S.                    | 0,11 (0,1) Aa                               | 0,08 (0,1) Ba | 14,22 (0,2) Aa                             | 12,44 (0,6) Ba | 13,05 (0,4) Ba                              | 15,30 (0,8) Aa |
|                             | P (mg dm <sup>-3</sup> )                    |               | K (mg dm <sup>-3</sup> )                   |                | Na (mg dm <sup>-3</sup> )                   |                |
| 5 anos                      | 14,20(1,0) Aa                               | 6,45 (0,2) Bb | 35,88 (0,6) Aa                             | 16,36 (0,7) Bc | 9,26 (0,1) Aa                               | 4,89 (0,1) Bc  |
| 17 anos                     | 8,98 (0,2) Ab                               | 6,94 (0,1) Bb | 22,85 (0,6) Bc                             | 25,36 (0,5) Ab | 7,01 (0,1) Bb                               | 10,89 (0,7) Aa |
| 25 anos                     | 16,02 (0,3) Aa                              | 8,32 (0,3) Ba | 15,16 (0,1) Bd                             | 29,73 (0,6) Aa | 4,75 (0,1) Bc                               | 7,21 (0,1) Ab  |
| Flor. S.                    | 5,86 (0,6) Ac                               | 3,45 (0,2) Bc | 28,24 (1,3) Ab                             | 23,04 (0,6) Bb | 10,43 (0,7) Aa                              | 9,78 (0,1) Aa  |
|                             | Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )    |               | Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )   |                | Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )    |                |
| 5 anos                      | 0,10 (0,1) Ab                               | 0,10 (0,1) Ad | 0,15 (0,1) Ab                              | 0,10 (0,1) Ab  | 1,25 (0,1) Ab                               | 1,10 (0,1) Bb  |
| 17 anos                     | 1,65 (0,1) Aa                               | 0,45 (0,1) Bb | 0,40 (0,1) Aa                              | 0,20 (0,1) Ba  | 0,25 (0,1) Bd                               | 0,95 (0,1) Ac  |
| 25 anos                     | 0,22 (0,1) Bb                               | 1,65 (0,1) Aa | 0,25 (0,1) Ab                              | 0,22 (0,1) Aa  | 0,75 (0,1) Ac                               | 0,35 (0,1) Bd  |
| Flor. S.                    | 0,10 (0,1) Bb                               | 0,30 (0,1) Ac | 0,20 (0,1) Ab                              | 0,10 (0,1) Bb  | 1,55 (0,1) Aa                               | 1,30 (0,1) Ba  |
|                             | pH  |               | H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) |                | CTC T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) |                |
| 5 anos                      | 4,25 (0,1) Ac                               | 3,85 (0,1) Bc | 7,05 (0,1) Ab                              | 5,96 (0,2) Bb  | 7,43 (0,1) Ab                               | 6,23 (0,2) Bc  |
| 17 anos                     | 5,05 (0,1) Aa                               | 4,45 (0,1) Bb | 4,29 (0,1) Bc                              | 5,93 (0,1) Ab  | 6,43 (0,2) Ac                               | 6,69 (0,1) Abc |
| 25 anos                     | 4,85 (0,1) Ab                               | 4,70 (0,1) Ba | 4,45 (0,1) Bc                              | 5,01 (0,1) Ac  | 4,98 (0,2) Bd                               | 6,99 (0,1) Aab |
| Flor. S.                    | 3,90 (0,1) Ad                               | 3,75 (0,1) Bc | 8,61 (0,1) Aa                              | 7,00 (0,2) Ba  | 9,03 (0,1) Aa                               | 7,50 (0,2) Ba  |
|                             | CTC E (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) |               | V (%)                                      |                | m (%)                                       |                |
| 5 anos                      | 1,63 (0,1) Ab                               | 1,35 (0,1) Bc | 5,14 (0,4) Ac                              | 4,24 (0,2) Ad  | 76,63 (1,4) Ba                              | 80,69 (0,1) Aa |
| 17 anos                     | 2,39 (0,1) Aa                               | 1,71 (0,1) Bb | 33,20 (1,8) Aa                             | 11,40 (0,5) Bb | 10,64 (1,5) Bc                              | 55,50 (1,3) Ac |
| 25 anos                     | 1,18 (0,1) Bc                               | 2,33 (0,1) Aa | 10,63 (1,2) Bb                             | 28,34 (0,6) Aa | 55,51 (3,5) Ab                              | 15,05 (1,4) Bd |
| Flor. S.                    | 1,97 (0,1) Ab                               | 1,80 (0,1) Bb | 4,63 (0,1) Bc                              | 6,70 (0,2) Ac  | 78,76 (0,4) Aa                              | 72,16 (0,1) Bb |

<sup>1</sup> Média (erro padrão). Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey (<0,05). <sup>2</sup> 5 anos - plantio de palma de óleo de 5 anos; 17 anos - plantio de palma de óleo de 17 anos; 25 anos - plantio de palma de óleo de 25 anos; Flor. S. - floresta secundária; C - carbono orgânico total; N - nitrogênio total; C/N - relação carbono:nitrogênio; P - fósforo; K - potássio; Na - sódio; Ca - cálcio; Mg - magnésio; Al - alumínio; pH - potencial hidrogeniônico; H+Al - acidez potencial; CTC T - capacidade de troca de cátions total; CTC E - capacidade de troca de cátions efetiva; V - saturação por bases e m - saturação por alumínio.

Na avaliação dos atributos, observou-se que no período chuvoso ocorreu redução nos teores de N e C dos solos, exceto no plantio de 25 anos, provavelmente devido à maior acúmulo de material vegetal no solo, proveniente de folhas senescentes, que proporcionou ao plantio de 25 anos teores de C estatisticamente iguais aos da floresta neste período; e maior decomposição da serapilheira, por consequência da chuva, que promoveu aumento no teor de N no solo do plantio de 25 anos (Silva *et al.* 2009). No geral, as concentrações de N e C foram maiores no período seco, e a relação C/N foi menor no mesmo período ( $p \leq 0,05$ ). Estes resultados corroboram com estudos realizados por Santiago *et al.* (2013) com sistemas agroflorestais constituídos de palma de óleo e culturas de adubação verde.

Quanto ao P, foram constatados os maiores teores no plantio de 25 anos, seguido dos plantios de 5 anos, 17 anos e da floresta secundária onde, neste último, foram observados os menores valores, 5,86 e 3,45 mg dm<sup>-3</sup>, nos períodos seco e chuvoso, respectivamente. No geral as concentrações de P apresentaram-se menores no período chuvoso, isto provavelmente devido a maiores perdas por lixiviação, através da percolação no perfil do solo, e ao predomínio da fração areia nos solos, que não favorece a adsorção de P (Resende *et al.* 2007).

Nas áreas em estudo ocorreram variações nos teores de K (Tabela 2), sendo observada a maior concentração no plantio de 5 anos, no período seco (35,88 mg dm<sup>-3</sup>) e a menor no plantio de 25 anos (15,16 mg dm<sup>-3</sup>), no mesmo período. Segundo Vidal-Torrado (2005), este nutriente apresenta alta mobilidade, o que facilita seu transporte, levando a características químicas diferenciadas nas áreas.

No plantio de 25 anos, houve um aumento estatisticamente significativo ( $p \leq 0,05$ ), nos teores de K, Na e Ca (Tabela 2), no período chuvoso, isto ocorreu provavelmente devido à deposição de material vegetal da palma de óleo na superfície do solo, o qual é rico, em especial, em K dentre outros nutrientes, sendo assim as folhas consideradas importantes no ciclo de nutrientes de plantios de palma de óleo adultos (Furlan Junior 2006). No plantio de



17 anos foi verificado o mesmo comportamento para os teores de K e Na, no período chuvoso, ou seja, aumento desses nutrientes no solo.

Quanto aos teores de Al, estes foram elevados em todas as áreas estudadas. Isto está associado aos baixos pHs dos solos, que em geral, apresentaram-se inferiores a 5,05, sendo que na floresta secundária observou-se os menores valores de pH (3,90 e 3,75) nos períodos seco e chuvoso, respectivamente, o que provocou a substituição dos cátions  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  do complexo coloidal de troca por  $\text{H}^+$ Al (Santos *et al.* 2013). Os maiores valores de pH observados nos plantios de 17 anos (no período seco) e 25 anos (no período chuvoso), influenciaram diretamente na disponibilidade de Ca e Mg nos solos, como pode ser observado na Tabela 2.

Além disso, observou-se, em todas as áreas estudadas, uma baixa saturação por bases, independentemente do período de coleta, e isto está relacionado, assim como o alumínio trocável, aos baixos valores de pH, o que é característico do solo da região, que é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico Típico de textura média (Embrapa 2006).

Este tipo de solo por apresentar valores de saturação por bases (V) inferiores a 35%, é classificado como subtrófico (Malavolta 2006), ou seja, um solo de baixa fertilidade, necessitando, assim, de cuidados específicos durante os tratos culturais, já que a baixa V pode indicar a predominância uma elevada saturação por alumínio (m). Segundo Santos *et al.* (2013) e Coringa *et al.* (2012), solos com elevada V são considerados mais férteis, pois nesses solos a maioria das cargas presentes estão retendo mais nutrientes essenciais às plantas do que nutrientes tóxicos.

Quanto à CTC T, foram observados baixos valores nas áreas estudadas (Tabela 2), sendo os maiores presenciados na floresta secundária, a qual apresentou valores médios de 9,03 e 7,50 ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), nos períodos seco e chuvoso, respectivamente. Levando-se em conta que CTC T considera além dos íons  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+$ , a presença dos íons  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ , deve-se destacar a importância da CTC E para a fertilidade do solo. A CTC E foi maior no plantio de 17 anos, no

período seco ( $2,39 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), e no plantio de 25 anos no período chuvoso ( $2,33 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), indicando a maior presença de cátions essenciais para a fertilidade do solo nestes plantios.

Segundo Artur *et al.* (2014) os maiores valores de CTC T normalmente ocorrem em locais onde os teores de MO e argila são elevados, pois estes contribuem com o aumento das cargas negativas, favorecendo assim, a retenção de nutrientes. Além disso a argila, por ser rica em microporos, impede o escoamento da água, dificultando assim a infiltração e retendo a umidade e os nutrientes contidos na solução do solo por mais tempo do que em solos arenosos (Antunes *et al.* 2012).

### Análise de Correlação

Utilizando a matriz de correlação para explicar fatos baseados nas observações, considerou-se as variáveis significativas e o modo como elas se relacionam, através da análise de correlação entre os atributos químicos presentes nos solos das áreas estudadas (Tabela 3).

Tabela 3. Matriz de correlação de Pearson.

|      | C | N     | C/N  | pH   | P    | K    | Na   | Ca   | Mg    | Al     | H+Al  | CTC T | CTC E | V      | m      |
|------|---|-------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|
| C    | 1 | ,88** | ,22  | -,55 | -,57 | ,73* | ,62  | ,02  | -,29  | ,50    | ,76*  | ,96** | ,55   | -,12   | ,18    |
| N    |   | 1     | -,26 | -,45 | -,30 | ,64  | ,49  | -,11 | -,09  | ,54    | ,77*  | ,91** | ,44   | -,17   | ,26    |
| C/N  |   |       | 1    | -,17 | -,54 | ,16  | ,32  | ,24  | -,36  | -,08   | -,02  | ,08   | ,22   | ,12    | -,16   |
| pH   |   |       |      | 1    | ,60  | -,06 | -,37 | ,69  | ,87** | -,89** | -,82* | -,57  | ,30   | ,79*   | -,83*  |
| P    |   |       |      |      | 1    | ,04  | -,42 | -,06 | ,34   | -,31   | -,40  | -,52  | -,36  | ,06    | -,12   |
| K    |   |       |      |      |      | 1    | ,59  | ,15  | -,04  | ,19    | ,44   | ,66   | ,49   | ,07    | -,05   |
| Na   |   |       |      |      |      |      | 1    | -,18 | -,21  | ,52    | ,64   | ,71*  | ,28   | -,24   | ,24    |
| Ca   |   |       |      |      |      |      |      | 1    | ,71   | -,85** | -,62  | -,15  | ,82*  | ,98**  | -,97** |
| Mg   |   |       |      |      |      |      |      |      | 1     | -,74*  | -,59  | -,26  | ,53   | ,81*   | -,80*  |
| Al   |   |       |      |      |      |      |      |      |       | 1      | ,93** | ,63   | -,40  | -,90** | ,93**  |
| H+Al |   |       |      |      |      |      |      |      |       |        | 1     | ,86** | -,07  | -,70   | ,74*   |
| CTCT |   |       |      |      |      |      |      |      |       |        |       | 1     | ,44   | -,25   | ,31    |
| CTCE |   |       |      |      |      |      |      |      |       |        |       |       | 1     | ,75*   | -,70   |
| V    |   |       |      |      |      |      |      |      |       |        |       |       |       | 1      | -,99** |
| m    |   |       |      |      |      |      |      |      |       |        |       |       |       |        | 1      |

\*\* Correlação é significativa a nível 0,01.

\* Correlação é significativa a nível 0,05.

Na matriz de correlação de Pearson verificou-se, a um nível de confiança de 99%, correlações significativas entre os elementos: C, N, pH, Ca, Mg, Al, H+Al, CTC T, V e m.

O C se correlacionou com o N e com a CTC T, com valores de correlação (r) iguais a 0,88 e 0,96, respectivamente. Enquanto que o N além da correlação com o C, apresentou correlação positiva com a CTC T (r: 0,91). A m se correlacionou negativamente com os atributos Ca e V (r: -0,97 e -0,99) e positivamente com o Al (r: 0,93). O Ca apresentou correlações significativas, positiva com V (r: 0,98) e negativa com Al e m (r: -0,85 e -0,97). Resultados semelhantes foram observados por Soria (2014) em estudos sobre atributos físico-químicos de diferentes tipos de solos, onde foram verificadas correlações positivas entre Ca e V (r: 0,68) e negativas entre Ca e os atributos Al e m (r: -0,33 e -0,30) a 99% de confiança.

Foram observadas ainda na matriz de correlação de Pearson, correlações positivas entre a CTC T e os atributos C, N e H+Al (r: 0,96, 0,91 e 0,86). O H+Al além de apresentar correlação com a CTC T, também se correlacionou com o Al, com valor de r de 0,93; enquanto que para o Al foi verificada correlação positiva com a m (r: 0,93) e negativa com a V (r: -0,90) e com o pH (r: -0,89). O pH se correlacionou com o Mg (r: 0,87), e o Mg apresentou correlação significativa somente com o pH. A V apresentou correlação positiva com o Ca (r: 0,98), e negativa com Al (r: -0,90) e m (r: -0,99). A correlação positiva observada entre a V e o Ca, foi maior que a encontrada por Souza *et al.* (2010) em estudo sobre a avaliação de atributos químicos do solo de plantio de cana-de-açúcar, onde verificou-se correlações positivas significativas a 99% de confiança entre a V e o Ca (r: 0,74), pH (r: 0,68) e Mg (r: 0,54).

### **Componentes Principais (PCA)**

Na análise de componentes principais, considerando os critérios de seleção descritos por Thurstone (1947) e Mardia *et al.* (1979), foram utilizadas como variáveis significativas os atributos: C, N, pH, K, Na, Ca, Mg, Al, H+Al, CTC T, CTC E, V e m; os quais fizeram parte

das componentes CP1 e CP2. Na tabela 4 estão presentes as variáveis selecionadas e suas respectivas componentes. A primeira componente (CP1) é formada pelos atributos: pH, Na, Ca, Mg, Al, H+Al, CTC T, V e m, e a segunda (CP2) é constituída por C, N, K e CTC E.

Tabela 4. Componentes extraídas da matriz de dados.

| Atributos | Componentes   |              |
|-----------|---------------|--------------|
|           | CP1           | CP2          |
| C         | 0,622         | <u>0,748</u> |
| N         | 0,610         | <u>0,671</u> |
| pH        | <u>-0,909</u> | 0,127        |
| K         | 0,321         | <u>0,740</u> |
| Na        | <u>0,564</u>  | 0,496        |
| Ca        | <u>-0,770</u> | 0,593        |
| Mg        | <u>-0,767</u> | 0,369        |
| Al        | <u>0,984</u>  | -0,126       |
| H+Al      | <u>0,962</u>  | 0,229        |
| CTC T     | <u>0,714</u>  | 0,678        |
| CTC E     | -0,289        | <u>0,933</u> |
| V         | <u>-0,846</u> | 0,521        |
| m         | <u>0,876</u>  | -0,465       |

A análise de componentes principais, contendo os parâmetros selecionados, e classificados por área de estudo e por sazonalidade, descreveu um modelo multivariado, no qual foram obtidos dois autovalores, superiores a um (Tabela 5).

Segundo Fleck *et al.* (1998), quanto maior o autovalor, maior é sua capacidade de resumir as variáveis e, portanto, maior possibilidade de os fatores (eixos principais saídos de uma PCA) serem importantes. Um autovalor inferior a um indica que o eixo sintetiza menos dados que uma variável isolada.

Tabela 5. Total de variâncias explicadas na matriz de dados.

| Componentes | Autovalores Iniciais |            |            | Soma das extrações |            |            |
|-------------|----------------------|------------|------------|--------------------|------------|------------|
|             | Total                | %Variância | %Acumulada | Total              | %Variância | %Acumulada |
| 1           | 7,159                | 55,070     | 55,070     | 7,159              | 55,070     | 55,070     |
| 2           | 4,193                | 32,252     | 87,322     | 4,193              | 32,252     | 87,322     |
| 3           | 0,650                | 5,001      | 92,323     |                    |            |            |
| 4           | 0,530                | 4,074      | 96,397     |                    |            |            |
| 5           | 0,422                | 3,250      | 99,646     |                    |            |            |
| 6           | 0,039                | 0,303      | 99,949     |                    |            |            |
| 7           | 0,007                | 0,051      | 100,000    |                    |            |            |

Através da tabela 5, verifica-se que os fatores obtidos explicam um total de 87,32 % das variâncias para duas componentes principais, sendo que a primeira componente explica 55,07% das variâncias, enquanto que a segunda componente explica 32,25%.

A análise de componentes principais (PCA) dos atributos químicos, dispersos em cada componente, expressa através do gráfico dos *loadings*, está representada na Figura 1.

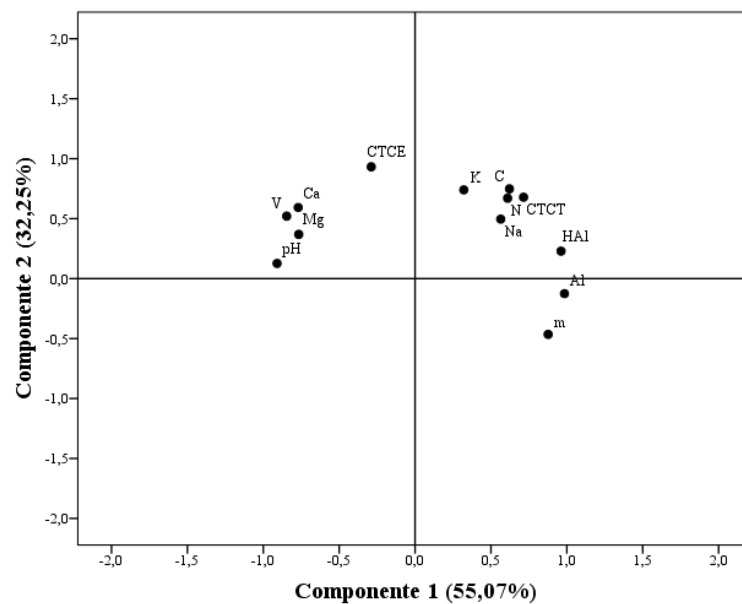


Figura 1. Gráfico dos *loadings*, PC1 vs PC2. Associação dos atributos químicos do solo nas áreas estudadas, nos períodos seco e chuvoso.

Através da figura 1 é possível verificar que os atributos Ca, Mg, pH, V e CTC E, encontram-se agrupados, indicando que tais atributos estão fortemente relacionados, e influenciam uns nos outros, ou seja, os teores de Ca e Mg, estão condicionados aos valores pH, assim como a CTC E e a V estão ligadas aos teores de Ca e Mg.

Em pesquisa realizada sobre os atributos físico-químicos de solos de diferentes ambientes de produção de cana de açúcar, Soria (2014) observou correlações positivas significativas, a 1% de probabilidade, entre o pH e os atributos Ca, Mg e V. Dalchiavon *et al.* (2013) estudando os atributos químicos de um Argissolo Vermelho Distrófico verificou correlações significativas positivas (99% de confiança) entre os atributos Ca e Mg ( $r: 0,62$ ).

Observa-se ainda através do gráfico dos *loadings* (Figura 1) a proximidade entre as variáveis Al, H+Al e m, demonstrando a forte associação, o que é confirmado pela correlação de Pearson (Tabela 3), onde estes atributos apresentaram elevadas correlações positivas significativas.

No gráfico dos *loadings* verifica-se também a distância entre o grupo de variáveis Ca, Mg, pH, V e CTC E, e os atributos Al, H+Al e m, indicando a correlação negativa entre estes grupos. Em estudos realizados sobre a variabilidade espacial de atributos físico-químicos do solo e seus efeitos na produtividade de algodoeiro, Sana *et al.* (2014) evidenciou correlações negativas entre H+Al e os atributos Ca, Mg, pH e V.

Através da PCA para áreas estudadas, gráfico dos *scores* (Figura 2), verificou-se a formação de três agrupamentos, correspondentes a: grupo I (plantio de palma de óleo de 17 anos no período seco e de 25 anos no período chuvoso), grupo II (plantio de palma de óleo de 5 anos no período seco, floresta secundária no período seco e floresta secundária no período chuvoso) e grupo III (plantio de palma de óleo de 5 anos no período chuvoso, de 17 anos no período chuvoso e de 25 anos no período seco).

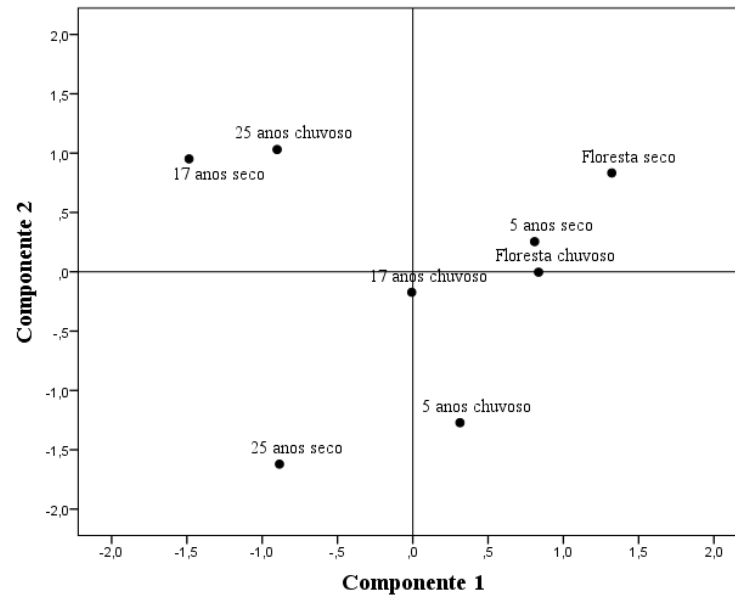


Figura 2. Gráfico dos *scores*, PC1 vs PC2. Associação entre as áreas estudadas em função dos atributos químicos, nos períodos seco e chuvoso.

A formação das associações entre as áreas estudadas, visualizadas no gráfico dos *scores*, está condicionada às correlações existentes entre as variáveis (atributos químicos), como pode ser observado do gráfico dos *loadings* (Figura 1), na tabela de correlação de Pearson (Tabela 3) e na tabela de médias (Tukey) (Tabela 2).

### **Análise Hierárquica de Cluster (HCA)**

Buscando reforçar as informações contidas nos agrupamentos presentes na análise de componentes principais, entre as áreas estudadas (Figura 2), com a finalidade de verificar qual plantio de palma de óleo mais se aproximou à floresta secundária quanto às características químicas avaliadas, realizou-se a Análise Hierárquica de Cluster, e obteve-se a formação do dendrograma (Figura 3).

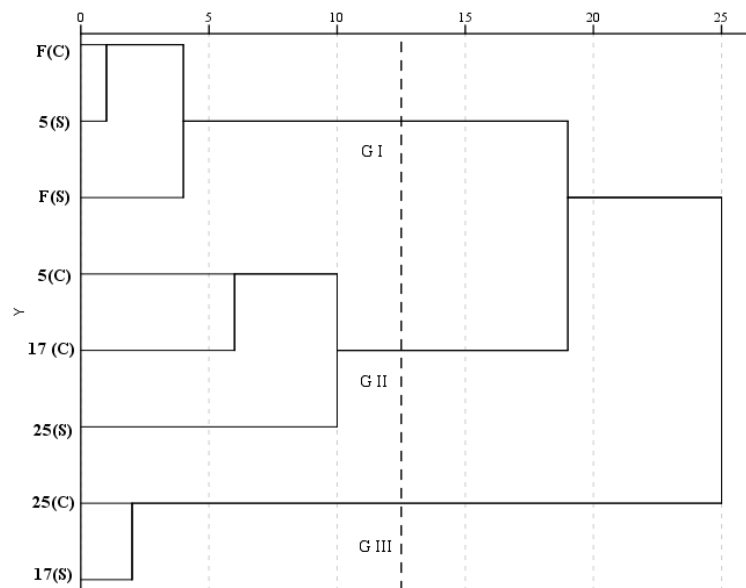


Figura 3. Dendrograma de agrupamento das áreas estudadas (HCA). 5 (C) – plantio de 5 anos, 17 (C) – 17 anos, 2 (C) – 25 anos, e F (C) – floresta secundária (período chuvoso); 5 (S) – plantio de 5 anos, 17 (S) – 17 anos, 25 (S) – 25 anos, e F (S) – floresta secundária (período seco).

No dendrograma (Figura 3) observa-se a presença de três grandes grupos, formados em função da semelhança das concentrações médias dos atributos investigados (GI, GII e GIII), representando os mesmos agrupamentos gerados no gráfico dos *scores* (Figura 2), confirmando, assim, as semelhanças entre as áreas agrupadas.

Desta forma, observa-se que o plantio de palma de óleo de 5 anos no período seco aproximou-se da floresta secundária, tanto no período seco como no chuvoso, enquanto que o plantio de 25 anos no período chuvoso apresentou características químicas semelhantes às do plantio de 17 anos no período seco. Além disso, houve a formação de dois grupos menores nos agrupamentos GI e GII, demonstrando a similaridade entre o plantio de palma de óleo de 5 anos no período seco e a floresta secundária no período chuvoso, e entre o plantio de 5 anos no



período chuvoso e o plantio de 17 anos no período chuvoso; e isto confirma os resultados obtidos através do teste de Tukey e da Análise de Componentes Principais.

## **CONCLUSÃO**

Os indicadores químicos analisados apresentaram diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) em função da sazonalidade, e entre as áreas estudadas.

A avaliação da matriz de dados que retratou os atributos químicos do solo de plantios de palma de óleo de diferentes idades e floresta secundária, apresentou fortes correlações positivas entre os atributos cálcio (Ca), magnésio (Mg), potencial hidrogeniônico (pH) e saturação por bases (V), e correlações negativas entre estes atributos e o alumínio (Al) e saturação por alumínio (m).

Na aplicação da análise de componentes principais (PCA) e na análise hierárquica de cluster (HCA) foram observados resultados similares, havendo a formação de três grupos distintos constituídos pelas áreas estudadas, demonstrando a semelhança, quanto aos atributos químicos, entre o plantio de palma de óleo de 5 anos e a floresta secundária, independentemente da sazonalidade.

Assim, a avaliação dos atributos químicos do solo, realizada em plantios de palma de óleo e em floresta secundária, mostrou-se um excelente indicador para verificação da qualidade do solo sob plantios de palma de óleo, considerando a aplicação desta cultura como alternativa para a recuperação de áreas degradadas.

## AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Carlos Bentes e à empresa Denpasa, pela disponibilização da área para a condução do experimento, à equipe dos Laboratórios de Química da Universidade do Estado do Pará – UEPA – CCNT, pelo apoio técnico, e aos Drs. Pedro Moreira e Orivan Teixeira, pelo auxílio no tratamento estatístico dos dados analíticos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antunes, P.D.; Figueiredo, L.H.A.; Silva, J.F.; Kondo, M.K.; Santos-Neto, J.A. dos; Figueiredo, M.A.P. 2012. Caracterização físico-química de micro-relevo de montículos "murundus" na região de Janaúba no norte de Minas Gerais. *Geonomos*, 20: 81-85.
- Aragão, D.V.D.; Carvalho, C.J.R. D.; Kato, O.R.; Araújo, C.M.D.; Santos, M.T.P.D.; Júnior, M.M. 2012. Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no Nordeste Paraense. *Acta Amazonica*, 42: 11-18.
- Araújo, A.S.F. de; Monteiro, R.T.R. 2007. Indicadores biológicos de qualidade do solo. *Bioscience Journal*, 23: 66-67.
- Araújo, A.S.F.; Santos, B.B.; Monteiro, R.T.R. 2008. Responses of soil microbial biomass and activity for practices of organic and conventional farming systems in Piauí state, Brazil. *European Journal of Soil Biology*, 44: 225-230.
- Artur, A.G.; Oliveira, D.P.; Costa, M.C.; Romero, R.E.; Silva, M.V.; Ferreira, T.O. 2014. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18: 141-149.

- Barreto, P.A.B.; Gama-Rodrigues, E.F.; Gama-Rodrigues, A.C., Barros, N.F.; Fonseca, S. 2008. Atividade Microbiana, Carbono e Nitrogênio da Biomassa Microbiana em plantações de Eucalipto, em sequência de idades. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32: 611-619.
- Borges, A.J.; Collicchio, E.; Campos, G.A. 2016. A cultura da palma de óleo (*Elaeis guineenses* Jacq.) no Brasil e no mundo: aspectos agrônômicos e tecnológicos - uma revisão. *Revista Liberato*, 17: 01-118.
- Coringa, E. de A.O.; Couto, E.G.; Perez, X.L.O.; Torrado, P.V. 2012. Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense. *Acta Amazonica*, 42: 19-28.
- Cunha, E.D.Q.; Stone, L.F.; Ferreira, E.P.D.B.; Didonet, A.D.; Moreira, J.A. 2012. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16: 56-63.
- Dalchiavon, F.C.; Carvalho, M.P.; Andrade, F.G.; Montanari, R.; Andreotti, M. 2013. Produtividade da cana-de-açúcar e definição de zonas específicas de manejo do solo. *Semina: Ciência Agrárias*, 34: 2077-2088.
- Dantas, J.A.N.; Oliveira, T.S.; Mendonça, E.S.; Assis, C.P. 2012. Qualidade de solo sob diferentes usos e manejos no Perímetro Irrigado Jaguaribe/Apodi, CE. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16: 18–26.
- EMBRAPA. 2006. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Centro Nacional de Pesquisa do Solo, Embrapa Solos, Rio de Janeiro. 306p.
- EMBRAPA. 2009. *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes*. 2 ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF. 627p.
- EMBRAPA. 2013. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3.ed. Brasília. 353p.
- Ferreira, S.J.F.; Luizão, F.J.; Miranda, S.A.F.; Silva, M.D.; Vital, A.R.T. 2006. Nutrientes na solução do solo em floresta de terra firme na Amazônia Central submetida à extração seletiva de madeira. *Acta Amazonica*, 36: 59-68.

- Fleck, M.P.A.; Bourde, M.C. 1998. Método de simulação e escolha de fatores na análise dos principais componentes. *Revista Saúde Pública*, 32: 267-72.
- Frazão, L.A.; Píccolo, M.C.; Feigl, B.J.; Cerri, C.C.; Cerri, C.E.P. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43: 641-648.
- Furlan Júnior, J. 2006. *Dendê: manejo e uso dos subprodutos e dos resíduos*. Embrapa Amazônia Oriental. Documento 246, Belém 40p.
- MALAVOLTA, E. 2006. *Manual de Nutrição Mineral de Plantas*. Editora Agronômica Ceres. 638p.
- Mardia, K.V.; Kent, J.T.; Bibby, J.M. 1979. *Multivariate analysis*. Academic Press, London. 521p.
- Neves, C.M.N.N.; Silva, M.L.N.; Curi, N.; Cardoso, E.L.; Macedo, R.L.G.; Ferreira, M.M.; Souza, F.S. 2007. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do Estado de Minas Gerais. *Scientia Forestalis*, 74: 45-53.
- Resende, M.; Curi, N.; Rezende, S.B. de; Corrêa, G.F. 2007. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. 5ªed. rev. Editora UFLA, 322p.
- Ronquim, C.C. 2010. *Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais*. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 8. Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas. 1ªed. 26p.
- Sana, R.S., Anghinoni, I., Brandão, Z.N., Holzschuh, M.J. 2014. Variabilidade espacial de atributos físico-químicos do solo e seus efeitos na produtividade do algodoeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18: 994-1002.
- Santiago, W.R.; Vasconcelos, S.S.; Kato, O.R.; Bispo, C.J.C.; Rangel-Vasconcelos, L.G.T. Castellani, D.C. 2013. Nitrogênio mineral e microbiano do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia oriental. *Acta Amazônica*, 43: 395-406.

- Santos, F. A. S.; Mariano, R. S. R.; Pierangeli, M. A. P.; Souza, C. A.; Bampi, A. C. 2013. Atributos químicos e físicos de solos das margens do Rio Paraguai. *Ambiente e Água*, 8: 239-249.
- Silva, C.J.; Lobo, F.A.; Bleich, M.E.; Sanches, L. 2009. Contribuição de folhas na formação da serapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. *Acta Amazonica*, 33: 591-600.
- Soria, J.E. 2014. *Correlações lineares e espaciais entre atributos físico-químicos de solos de diferentes ambientes de produção de cana-de-açúcar no noroeste do Estado de São Paulo*. Universidade Estadual Paulista. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo. 97p.
- Souza, E.D.; Costa, S.E.V.G.A.; Anghinoni, I.; Lima, C.V.S. Carvalho, P.C.F.; Martins, A.P. 2010a. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34: 79-88.
- Souza, Z.M.; Cerri, D.G.P.; Colet, M.J.; Rodrigues, L.H.A.; Magalhães, P.S.G.; Mandoni, R.J.A. 2010b. Análise dos atributos do solo e da produtividade da cultura de cana-de-açúcar com o uso da geoestatística e árvore de decisão. *Ciência Rural*, 40: 840-847.
- Thurstone, L.L. 1947. *Multiple factor analysis*. University of Chicago Press, Chicago. 22p.
- Venturieri, A.; Monteiro, M. de A.; Menezes, C.R.C. 2010. *ZEE: zoneamento ecológico-econômico da zona Oeste do Estado do Pará*. Embrapa Amazônia Oriental, Secretaria de Estado de Projetos Estratégicos, Belém, Pará. 386p.
- Vidal-Torrado, P.; Lepsch, I.F.; Castro, S.S. 2005. Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. In: Vidal-Torrado, P.; Alleoni, L.

- R.F.; Cooper, M.; Silva, A.P.; Cardoso, E.J.; Prochnow, L.I. (org.). *Tópicos em Ciência do Solo*. v.4. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, Minas Gerais. p.145-192.
- Vitousek, P.M.; Porder, S.; Houlton, B.Z.; Chadwick, O.A. 2010. Terrestrial phosphorus limitation: mechanisms, implications, and nitrogen - phosphorus interactions. *Ecological Applications*, 20: 5-15.
- Walkley, A.; Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37: 29-38.
- Zanão Júnior, L.A.; Lana, R.M. Q.; Carvalho-Zanão, M.P.; Guimarães, E.C. 2010. Variabilidade espacial de atributos químicos em diferentes profundidades em um latossolo em sistema de plantio direto. *Revista Ceres*, 57: 429-438.

#### 4. CONCLUSÃO GERAL

Os atributos químicos do solo e as variações na dinâmica da biomassa microbiana, em plantios de palma de óleo e em floresta secundária, mostraram ser excelentes indicadores para verificação da qualidade do solo.

As correlações e as associações observadas na análise multivariada, levando em consideração os atributos químicos e as áreas estudadas, evidenciaram as poucas modificações químicas no solo após a implantação da cultura da palma de óleo.

Em comparação à floresta secundária, o plantio de palma de óleo apresentou pequena variação nos atributos químicos e biológicos dos solos, sendo observadas semelhanças entre o plantio de palma de óleo e a floresta secundária.

Desta forma, o cultivo de palma de óleo é uma alternativa sustentável para o desenvolvimento regional pelo seu potencial na recuperação de áreas degradadas e pela sua importância na geração de emprego e renda.

## ANEXO A - Normas da Revista (Artigo 1) – Revista Ciência Rural

**Normas para publicação**

**1. CIÊNCIA RURAL** - Revista Científica do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria publica artigos científicos, revisões bibliográficas e notas referentes à área de Ciências Agrárias, que deverão ser destinados com exclusividade.

**2. Os artigos científicos, revisões e notas** devem ser encaminhados via eletrônica e editados **preferencialmente em idioma Inglês**. Os encaminhados em Português poderão ser traduzidos após a 1ª rodada de avaliação para que ainda sejam revisados pelos consultores ad hoc e editor associado em rodada subsequente. Entretanto, caso **não traduzidos** nesta etapa e se **aprovados** para publicação, terão que ser **obrigatoriamente traduzidos para o Inglês** por empresas credenciadas pela Ciência Rural e obrigatoriamente terão que apresentar o certificado de tradução pelas mesmas para seguir tramitação na CR.

**Empresas credenciadas:**

- American Journal Express (<http://www.journalexpress.com/>)
- Bioedit Scientific Editing (<http://www.bioedit.co.uk/>)
- BioMed Proofreading (<http://www.biomedproofreading.com>)
- Edanz (<http://www.edanzediting.com>)
- Editage (<http://www.editage.com.br/>) 10% discount for CR clients. Please inform Crural10 code.
- Enago (<http://www.enago.com.br/forjournal/>) Please inform CIRURAL for special rates.
- GlobalEdico (<http://www.globaledico.com/>)
- JournalPrep (<http://www.journalprep.com>)
- Paulo Boschcov ([paulo@bridgetextos.com.br](mailto:paulo@bridgetextos.com.br), [bridge.textecn@gmail.com](mailto:bridge.textecn@gmail.com))
- Proof-Reading-Service.com (<http://www.proof-reading-service.com/pt/>)

**As despesas de tradução serão por conta dos autores.** Todas as linhas deverão ser numeradas e paginadas no lado inferior direito. O trabalho deverá ser digitado em tamanho A4 210 x 297mm com, no máximo, 25 linhas por página em espaço duplo, com margens superior, inferior, esquerda e direita em 2,5cm, fonte Times New Roman e tamanho 12. O máximo de páginas será **15 para artigo científico, 20 para revisão bibliográfica e 8 para nota, incluindo tabelas, gráficos e figuras**. Figuras, gráficos e tabelas devem ser disponibilizados ao final do texto e individualmente por página, sendo que não poderão ultrapassar as margens e **nem estar com apresentação paisagem**.

**3. O artigo científico** (Modelo .doc, .pdf) **deverá conter os seguintes tópicos:** Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Introdução com Revisão de Literatura; Material e Métodos; Resultados e Discussão; Conclusão e Referências; Agradecimento(s) e Apresentação; Fontes de Aquisição; Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética**



**institucional já na submissão.** Alternativamente pode ser enviado um dos modelos ao lado (Declaração Modelo Humano, Declaração Modelo Animal).

**4. A revisão bibliográfica** (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)) **deverá conter os seguintes tópicos:** Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Introdução; Desenvolvimento; Conclusão; e Referências. Agradecimento (s) e Apresentação; Fontes de Aquisição e Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão.** Alternativamente pode ser enviado um dos modelos ao lado (Declaração Modelo Humano, Declaração Modelo Animal).

**5. A nota** (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)) **deverá conter os seguintes tópicos:** Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Texto (sem subdivisão, porém com introdução; metodologia; resultados e discussão e conclusão; podendo conter tabelas ou figuras); Referências. Agradecimento (s) e Apresentação; Fontes de Aquisição e Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão.** Alternativamente pode ser enviado um dos modelos ao lado (Declaração Modelo Humano, Declaração Modelo Animal).

**6.** O preenchimento do campo "**cover letter**" deve apresentar, obrigatoriamente, as seguintes informações em inglês, **exceto** para artigos **submetidos em português** (lembrando que preferencialmente os artigos devem ser submetidos em inglês).

- a) What is the major scientific accomplishment of your study?
- b) The question your research answers?
- c) Your major experimental results and overall findings?
- d) The most important conclusions that can be drawn from your research?
- e) Any other details that will encourage the editor to send your manuscript for review?

Para maiores informações acesse o seguinte [tutorial](#).

**7.** Não serão fornecidas separatas. Os artigos encontram-se disponíveis no formato pdf no endereço eletrônico da revista [www.scielo.br/cr](http://www.scielo.br/cr).

**8.** Descrever o título em português e inglês (caso o artigo seja em português) - inglês e português (caso o artigo seja em inglês). Somente a primeira letra do título do artigo deve ser maiúscula exceto no caso de nomes próprios. Evitar abreviaturas e nomes científicos no título. O nome científico só deve ser empregado quando estritamente necessário. Esses devem aparecer nas palavras-chave, resumo e demais seções quando necessários.

**9.** As citações dos autores, no texto, deverão ser feitas com letras maiúsculas seguidas do ano de publicação, conforme exemplos: Esses resultados estão de acordo com os reportados por MILLER & KIPLINGER (1966) e LEE et al. (1996), como uma má formação congênita (MOULTON, 1978).

**10.** Nesse [link](#) é disponibilizado o **arquivo de estilo** para uso com o software **EndNote** (o EndNote é um software de gerenciamento de referências, usado para gerenciar bibliografias ao escrever ensaios e artigos).

11. As Referências deverão ser efetuadas no estilo ABNT (NBR 6023/2000) conforme normas próprias da revista.

11.1. Citação de livro:

JENNINGS, P.B. **The practice of large animal surgery**. Philadelphia: Saunders, 1985. 2v.

TOKARNIA, C.H. et al. (Mais de dois autores) **Plantas tóxicas da Amazônia a bovinos e outros herbívoros**. Manaus: INPA, 1979. 95p.

11.2. Capítulo de livro com autoria:

GORBAMAN, A. A comparative pathology of thyroid. In: HAZARD, J.B.; SMITH, D.E. **The thyroid**. Baltimore: Williams & Wilkins, 1964. Cap.2, p.32-48.

11.3. Capítulo de livro sem autoria:

COCHRAN, W.C. The estimation of sample size. In: \_\_\_\_\_. **Sampling techniques**. 3.ed. New York: John Willey, 1977. Cap.4, p.72-90.

TURNER, A.S.; McILWRAITH, C.W. Fluidoterapia. In: \_\_\_\_\_. **Técnicas cirúrgicas em animais de grande porte**. São Paulo: Roca, 1985. p.29-40.

11.4. Artigo completo:

O autor deverá acrescentar a url para o artigo referenciado e o número de identificação DOI (Digital Object Identifiers), conforme exemplos abaixo:

MEWIS, I.; ULRICHS, CH. Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Stored Product Research**, Amsterdam (Cidade opcional), v.37, p.153-164, 2001. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00016-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00016-3)>. Acesso em: 20 nov. 2008. doi: 10.1016/S0022-474X(00)00016-3.

PINTO JUNIOR, A.R. et al (Mais de 2 autores). Response of *Sitophilus oryzae* (L.), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and *Oryzaephilus surinamensis* (L.) to different concentrations of diatomaceous earth in bulk stored wheat. **Ciência Rural**, Santa Maria (Cidade opcional), v. 38, n. 8, p.2103-2108, nov. 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782008000800002](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000800002)>. Acesso em: 25 nov. 2008. doi: 10.1590/S0103-84782008000800002.

11.5. Resumos:

RIZZARDI, M.A.; MILGIORANÇA, M.E. Avaliação de cultivares do ensaio nacional de girassol, Passo Fundo, RS, 1991/92. In: JORNADA DE PESQUISA DA UFSM, 1., 1992, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria : Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa, 1992. V.1. 420p. p.236.

**11.6.** Tese, dissertação:

COSTA, J.M.B. **Estudo comparativo de algumas características digestivas entre bovinos (Charolês) e bubalinos (Jafarabad)**. 1986. 132f. Monografia/Dissertação/Tese (Especialização/ Mestrado/Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.

**11.7.** Boletim:

ROGIK, F.A. **Indústria da lactose**. São Paulo: Departamento de Produção Animal, 1942. 20p. (Boletim Técnico, 20).

**11.8.** Informação verbal:

Identificada no próprio texto logo após a informação, através da expressão entre parênteses. Exemplo: ... são achados descritos por Vieira (1991 - Informe verbal). Ao final do texto, antes das Referências Bibliográficas, citar o endereço completo do autor (incluir E-mail), e/ou local, evento, data e tipo de apresentação na qual foi emitida a informação.

**11.9.** Documentos eletrônicos:

MATERA, J.M. **Afecções cirúrgicas da coluna vertebral: análise sobre as possibilidades do tratamento cirúrgico**. São Paulo: Departamento de Cirurgia, FMVZ-USP, 1997. 1 CD.

GRIFON, D.M. Arthroscopic diagnosis of elbow displasia. In: WORLD SMALL ANIMAL VETERINARY CONGRESS, 31., 2006, Prague, Czech Republic. **Proceedings...** Prague: WSAVA, 2006. p.630-636. Acessado em 12 fev. 2007. Online. Disponível em: <http://www.ivis.org/proceedings/wsava/2006/lecture22/Griffon1.pdf?LA=1>

UFRGS. **Transgênicos**. Zero Hora Digital, Porto Alegre, 23 mar. 2000. Especiais. Acessado em 23 mar. 2000. Online. Disponível em: <http://www.zh.com.br/especial/index.htm>

ONGPHIPHADHANAKUL, B. Prevention of postmenopausal bone loss by low and conventional doses of calcitriol or conjugated equine estrogen. **Maturitas**, (Ireland), v.34, n.2, p.179-184, Feb 15, 2000. Obtido via base de dados MEDLINE. 1994-2000. Acessado em 23 mar. 2000. Online. Disponível em: <http://www.Medscape.com/server-java/MedlineSearchForm>

MARCHIONATTI, A.; PIPPI, N.L. Análise comparativa entre duas técnicas de recuperação de úlcera de córnea não infectada em nível de estroma médio. In: SEMINARIO LATINOAMERICANO DE CIRURGIA VETERINÁRIA, 3., 1997, Corrientes, Argentina. **Anais...** Corrientes: Facultad de Ciencias Veterinarias - UNNE, 1997. Disquete. 1 disquete de 31/2. Para uso em PC.

**12.** Desenhos, gráficos e fotografias serão denominados figuras e terão o número de ordem em algarismos arábicos. A revista não usa a denominação quadro. As figuras devem ser disponibilizadas individualmente por página. Os desenhos figuras e gráficos (com largura de no máximo 16cm) devem ser feitos em editor gráfico sempre em qualidade máxima com pelo menos 300 dpi em extensão .tiff. As tabelas devem conter a palavra tabela, seguida do número de ordem em algarismo arábico e não devem exceder uma lauda.

13. Os conceitos e afirmações contidos nos artigos serão de inteira responsabilidade do(s) autor(es).
14. Será obrigatório o cadastro de todos autores nos metadados de submissão. O artigo não tramitará enquanto o referido item não for atendido. Excepcionalmente, mediante consulta prévia para a Comissão Editorial outro expediente poderá ser utilizado.
15. Lista de verificação (Checklist .doc, .pdf).
16. Os artigos serão publicados em ordem de aprovação.
17. Os artigos não aprovados serão arquivados havendo, no entanto, o encaminhamento de uma justificativa pelo indeferimento.
18. Em caso de dúvida, consultar artigos de fascículos já publicados antes de dirigir-se à Comissão Editorial.
19. Todos os artigos encaminhados devem pagar a taxa de tramitação. Artigos reencaminhados (**com decisão de Reject and Rsubmit**) deverão pagar a taxa de tramitação novamente. Artigos arquivados por **decurso de prazo** não terão a taxa de tramitação reembolsada.
20. Todos os artigos submetidos passarão por um processo de verificação de plágio usando o programa “Cross Check”.

## ANEXO B – Normas da Revista (Artigo 2) – Acta Amazonica

### Normas para publicação

#### Diretrizes para Autores

Como parte do processo de submissão, os autores devem verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. Submissões que não estejam de acordo com as normas são devolvidas aos autores.

1. O tamanho máximo de um arquivo individual deve ser 2 MB.
2. O manuscrito deve ser acompanhado de uma carta de submissão indicando que: a) os dados contidos no trabalho são originais e precisos; b) que todos os autores participaram do trabalho de forma substancial e estão preparados para assumir responsabilidade pública pelo seu conteúdo; c) a contribuição apresentada à Revista não foi previamente publicada e nem está em processo de publicação, no todo ou em parte em outro veículo de divulgação. A carta de submissão deve ser carregada no sistema da Acta Amazonica como "documento suplementar".
3. **Os manuscritos devem ser escritos em inglês.** A veracidade das informações contidas numa submissão é de responsabilidade exclusiva dos autores.
4. A extensão máxima para artigos e revisões é de 30 páginas (ou 7500 palavras, excluindo a folha de rosto), dez páginas (2500 palavras) para Notas Científicas e cinco páginas para outros tipos de contribuições.
5. Os manuscritos formatados conforme as Instruções aos Autores são enviados aos editores associados para pré-avaliação. Neste primeiro julgamento são levados em consideração a relevância científica, a inteligibilidade do manuscrito e o escopo no contexto amazônico. Nesta fase, contribuições fora do escopo da Revista ou de pouca relevância científica são rejeitadas. Manuscritos aprovados na pré-avaliação são enviados para revisores (pelo menos dois), especialistas de instituições diferentes daquelas dos autores, para uma análise mais detalhada.
6. A aprovação dos manuscritos está fundamentada no conteúdo científico e na sua apresentação conforme as Normas da Revista.
7. Os manuscritos que necessitam correções são encaminhados aos autores para revisão. A versão corrigida deve ser encaminhada ao Editor, via sistema da Revista, no prazo de DUAS semanas. Uma carta de encaminhamento deve ser também carregada no sistema da Revista, detalhando as correções efetuadas. Nessa carta, recomendações não incorporadas ao manuscrito devem ser explicadas. Todo o processo de avaliação pode ser acompanhado no endereço, <http://mc04.manuscriptcentral.com/aa-scielo>.
8. Seguir estas instruções para preparar e carregar o manuscrito:

a. Folha de rosto (Title page): Esta página deve conter o título, nomes (com último sobrenome em maiúscula), endereços institucionais completos e endereço eletrônico do autor correspondente. Os nomes das instituições não devem ser abreviados. Usar um asterisco (\*) para indicar o autor correspondente.

**Carregar este arquivo selecionando a opção: "Title page"**

b. Corpo do manuscrito (main document). O corpo do manuscrito deve ser organizado da seguinte forma: Título, Resumo, Palavras-Chave, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Bibliografia Citada, Legendas de figuras e Tabelas. Além do “main document” em inglês, o manuscrito deve ter “Título, Resumo e Palavras-chave” em português ou espanhol.

**Carregar este arquivo como "Main document".**

c. Figuras. São limitadas a sete em artigos. Cada figura deve ser carregada em arquivo separado e estar em formato gráfico (JPG ou TIFF). Deve ser em alta qualidade e com resolução de 300 dpi. Para ilustrações em bitmap, utilizar 600 dpi.

**Carregar cada um destes arquivos como "Figure".**

d. Tabelas. São permitidas até cinco tabelas por artigo. Utilizar espaço simples e a função "tabela" para digitar a tabela. As tabelas devem ser inseridas ao final do corpo do manuscrito (main document), após as legendas das figuras.

9. As Notas Científicas são redigidas separando os tópicos: Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão e Conclusões em parágrafos, mas sem incluir os títulos das seções. Os outros tópicos da Nota Científica devem seguir o formato do artigo completo. São permitidas até três figuras e duas tabelas. Carregar as diferentes partes do manuscrito como descrito no Item 8.

10. Nomes dos autores e endereço institucional completo, incluindo endereço electrónico DEVEM ser cadastrados no sistema da Revista no ato da submissão.

11. IMPORTANTE: Os manuscritos não formatados conforme as Normas da Revista NÃO são aceitos para publicação.

**FORMATO E ESTILO**

12. Os manuscritos devem ser preparados usando editor de texto (e.g. doc ou docx), utilizando fonte "Times New Roman", tamanho 12 pt, espaçamento duplo, com margens de 3 cm. As páginas e as linhas devem ser numeradas de forma contínua. Para tabelas ver Item 8d.

13. Título. Justificado à esquerda, com a primeira letra maiúscula. O título deve ser conciso evitando-se o uso de nomes científicos.

14. Resumo. Deve conter até 250 palavras (150 palavras no caso de Notas Científicas). Iniciar o Resumo com uma breve introdução, logo a seguir informar os objetivos de forma clara. De forma sucinta informar a metodologia, os resultados e as conclusões enfatizando aspectos importantes do estudo. O resumo deve ser autossuficiente para a sua compreensão. Os nomes

científicos das espécies e demais termos em latim devem ser escritos em itálico. Siglas devem ser evitadas nesta seção; porém, se necessárias, o significado deve ser incluído. Não utilizar referências bibliográficas no resumo.

15. Palavras-chave. Devem ser em número de quatro a cinco. Cada palavra-chave pode conter dois ou mais termos. Porém, não devem ser repetidas palavras utilizadas no título.

16. Introdução. Enfatizar o propósito do trabalho e fornecer, de forma sucinta, o estado do conhecimento sobre o tema em estudo. Especificar claramente os objetivos ou hipóteses a serem testados. Esta seção não deve exceder de 35 linhas. Não incluir resultados ou conclusões e não utilizar subtítulos na Introdução. Encerrar esta seção com os objetivos.

17. Material e Métodos. Esta seção deve ser organizada cronologicamente e explicar os procedimentos realizados, de tal modo que outros pesquisadores possam repetir o estudo. O procedimento estatístico utilizado deve ser descrito nesta seção. O tipo de análise estatística aplicada aos dados deve ser descrita. Procedimentos-padrão devem ser apenas referenciados. As unidades de medidas e as suas abreviações devem seguir o Sistema Internacional e, quando necessário, deve constar uma lista com as abreviaturas utilizadas. Equipamento específico utilizado no estudo deve ser descrito (modelo, fabricante, cidade e país de fabricação, entre parênteses). Por exemplo: "A fotossíntese foi determinada usando um sistema portátil de trocas gasosas (Li-6400, Li-Cor, Lincoln, NE, USA)". Material testemunho (amostra para referência futura) deve ser depositado em uma ou mais coleções científicas e informado no manuscrito. NÃO utilizar sub-subtítulos nesta seção. Utilizar negrito, porém não itálico ou letras maiúsculas para os subtítulos.

18. Aspectos éticos e legais. Para estudos que exigem autorizações especiais (e.g. Comitê de Ética/Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP, IBAMA, SISBIO, CNPq, CNTBio, INCRA/FUNAI, EIA/RIMA, outros) informar o número do protocolo e a data de aprovação. É responsabilidade dos autores o cumprimento da legislação específica relacionada a estes aspectos.

19. Resultados. Os resultados devem apresentar os dados obtidos com o mínimo julgamento pessoal. Não repetir no texto toda a informação contida em tabelas e figuras. Não apresentar a mesma informação (dados) em tabelas e figuras simultaneamente. Não utilizar sub-subtítulos nesta seção. Algarismos devem estar separados de unidades. Por exemplo, 60 °C e NÃO 60° C, exceto para percentagem (e.g., 5% e NÃO 5 %).

**Unidades:** Utilizar unidades e símbolos do Sistema Internacional e simbologia exponencial. Por exemplo,  $\text{cmol kg}^{-1}$  em vez de  $\text{meq}/100\text{g}$ ;  $\text{m s}^{-1}$  no lugar de  $\text{m/s}$ . Use espaço no lugar de ponto entre os símbolos:  $\text{m s}^{-1}$  e não  $\text{m.s}^{-1}$ ; use “-” e não “-” para indicar número negativo. Por exemplo: -2 no lugar de -2. Use  $\text{kg}$  e não  $\text{Kg}$ ;  $\text{km}$  no lugar de  $\text{Km}$ .

20. Discussão. A discussão deve ter como alvo os resultados obtidos. Evitar mera especulação. Entretanto, hipóteses bem fundamentadas podem ser incorporadas. Apenas referências relevantes devem ser incluídas.

21. Conclusões. Esta seção (um parágrafo) deve conter uma interpretação sucinta dos resultados e uma mensagem final que destaque as implicações científicas do trabalho.

22. Agradecimentos devem ser breves e concisos. **Incluir agência(s) de fomento.** NÃO abreviar nomes de instituições.

23. Bibliografia Citada. Pelo menos 70% das referências devem ser artigos de periódicos científicos. As referências devem ser preferencialmente dos últimos 10 anos, evitando-se exceder 40 citações. Esta seção deve ser organizada em ordem alfabética e deve incluir apenas citações mencionadas no manuscrito. Para referências com mais de dez autores, relacionar os seis primeiros seguido de *et al.* Nesta seção, o título do periódico NÃO deve ser abreviado. Observar os exemplos abaixo:

**a) Artigos de periódicos:**

Villa Nova, N.A.; Salati, E.; Matsui, E. 1976. Estimativa da evapotranspiração na Bacia Amazônica. *Acta Amazonica*, 6: 215-228.

**Artigos de periódicos que não seguem o sistema tradicional de paginação:**

Ozanne, C.M.P.; Cabral, C.; Shaw, P.J. 2014. Variation in indigenous forest resource use in Central Guyana. *PLoS ONE*, 9: e102952.

**b) Dissertações e teses:**

Ribeiro, M.C.L.B. 1983. *As migrações dos jaraquis (Pisces: Prochilodontidae) no rio Negro, Amazonas, Brasil.* Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 192p.

**c) Livros:**

Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. 1980. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach.* 2da ed. McGraw-Hill, New York, 633p.

**d) Capítulos de livros:**

Absy, M.L. 1993. Mudanças da vegetação e clima da Amazônia durante o Quaternário. In: Ferreira, E.J.G.; Santos, G.M.; Leão, E.L.M.; Oliveira, L.A. (Ed.). *Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia.* v.2. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, p.3-10.

**e) Citação de fonte eletrônica:**

CPTEC, 1999. Climanalise, 14: 1-2 ([www.cptec.inpe.br/products/climanalise](http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise)). Acesso em 19/05/1999.

**f) Citações com mais de dez autores:**

Tseng, Y.-H.; Kokkotou, E.; Schulz, T.J.; Huang, T.L.; Winnay, J.N.; Taniguchi, C.M.; *et al.* 2008. New role of bone morphogenetic protein 7 in brown adipogenesis and energy expenditure. *Nature*, 454:1000-1004.

24. Citações de referências no texto. As referências devem seguir ordem cronológica. Para duas ou mais referências do mesmo ano citar conforme a ordem alfabética. Exemplos:



**a) Um autor:**

Pereira (1995) ou (Pereira 1995).

**b) Dois autores:**

Oliveira e Souza (2003) ou (Oliveira e Souza 2003).

**c) Três ou mais autores:**

Rezende *et al.* (2002) ou (Rezende *et al.* 2002).

**d) Citações de anos diferentes (ordem cronológica):**

Silva (1991), Castro (1998) e Alves (2010) ou (Silva 1991; Castro 1998; Alves 2010).

**e) Citações no mesmo ano (ordem alfabética):**

Ferreira *et al.* (2001) e Fonseca *et al.* (2001); ou (Ferreira *et al.* 2001; Fonseca *et al.* 2001).

**FIGURAS**

25. Fotografias, desenhos e gráficos devem ser de alta resolução, em preto e branco com alto contraste, numerados sequencialmente em algarismos arábicos. NÃO usar tonalidades de cinza em gráficos de dispersão (linhas ou símbolos) ou gráficos de barra. Em gráfico de dispersão usar símbolos abertos ou sólidos (círculos, quadrados, triângulos ou losangos) e linhas em preto (contínuas, pontilhadas ou tracejadas). Para gráfico de barra, usar barras pretas, bordas pretas, barras listradas ou pontilhadas. Na borda da área de plotagem utilizar uma linha contínua e fina, porém NÃO usar uma linha de borda na área do gráfico. Em figuras compostas cada uma das imagens individuais deve ser identificada com uma letra maiúscula posicionada no canto superior direito, dentro da área de plotagem.

26. Evitar legendas desnecessárias na área de plotagem. Nos títulos dos eixos ou na área de plotagem NÃO usar letras muito pequenas (< tamanho 10 pt). Nos eixos usar marcas de escala internas. NÃO usar linhas de grade horizontais ou verticais, exceto em mapas ou ilustrações similares. O significado das siglas utilizadas deve ser descrito na legenda da figura. Cada eixo do gráfico deve ter o seu título e a unidade. Evitar muitas subdivisões nos eixos (cinco a seis seriam suficientes). Em mapas incluir escala e pelo menos um ponto cardeal.

27. As figuras devem ser elaboradas de forma compatível com as dimensões da Revista, ou seja, largura de uma coluna (8 cm) ou de uma página 17 cm e permitir espaço para a legenda. As ilustrações podem ser redimensionadas durante o processo de produção para adequação ao espaço da Revista. Na figura, quando for o caso, a escala deve ser indicada por uma barra (horizontal) e, se necessário, referenciadas na legenda da figura. Por exemplo, barra = 1 mm.

28. Citação de figuras no texto. As figuras devem ser citadas com letra inicial maiúscula, na forma direta ou indireta (entre parêntesis). Por exemplo: Figura 1 ou (Figura 1). Na legenda, a figura deve ser numerada seguida de ponto antes do título. Por exemplo: "Figura 1. Análise...". Definir na legenda o significado de símbolos e siglas usados. Figuras devem ser autoexplicativas.

29. Figuras de outras autorias. Para figuras de outras autorias ou publicadas anteriormente, os autores devem informar explicitamente no manuscrito que a permissão para reprodução foi concedida. Carregar no sistema da Revista (não para revisão), como documento suplementar, o comprovante outorgado pelo detentor dos direitos autorais.

30. Adicionalmente às figuras inseridas no sistema em formato TIFF ou JPG, os gráficos preparados usando Excel ou SigmaPlot podem ser carregados como arquivos suplementares (selecionando a opção Not for review).

31. Ilustrações coloridas. Fotografias e outras ilustrações devem ser preferencialmente em preto e branco. Ilustrações coloridas são aceitas, mas o custo de impressão é por conta dos autores. Sem custo para os autores, podem ser usadas ilustrações em preto e branco na versão impressa e coloridas na versão eletrônica. Nesse caso, isso deve ser informado na legenda da figura. Por exemplo, adicionando a sentença: " this figure is in color in the electronic version". Esta última informação é para os leitores da versão impressa.

Os autores podem ser convidados a enviar uma fotografia colorida, para ilustrar a capa da Revista. Nesse caso, não há custos para os autores.

## **TABELAS**

32. As tabelas devem ser organizadas e numeradas sequencialmente com algarismos arábicos. A numeração e o título (legenda) devem estar em posição superior à tabela. A tabela pode ter notas de rodapé. O significado das siglas e dos símbolos utilizados na tabela (cabeçalhos, etc.) devem ser descritos no título. Usar linhas horizontais acima e abaixo da tabela e para separar o cabeçalho do corpo da tabela. Não usar linhas verticais.

33. As tabelas devem ser elaboradas em editor de texto (e.g. doc ou docx) e não devem ser inseridas no texto como imagem (e.g. no formato JPG).

34. A citação das tabelas no texto pode ser na forma direta ou indireta (entre parêntesis), por extenso, com a letra inicial maiúscula. Por exemplo: Tabela 1 ou (Tabela 1). Na legenda, a tabela deve ser numerada seguida de ponto antes do título: Por exemplo: "Tabela 1. Análise...". Tabelas devem ser autoexplicativas.



Universidade do Estado do Pará  
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais –Mestrado  
Tv. Enéas Pinheiro, 2626, Marco, Belém-PA, CEP: 66095-100  
[www.uepa.br/paginas/pcambientais](http://www.uepa.br/paginas/pcambientais)