

NITROGÊNIO INORGÂNICO NO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE PALMA DE ÓLEO EM ARRANJOS AGROFLORESTAIS NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Willen Ramos Santiago¹, Steel Silva Vasconcelos², Neuza Maria da Silva Ferreira², Cleo Marcelo de Araújo Souza², Elaine Rodrigues Santos², Ivanildo Alves Trindade², Osvaldo Ryohei Kato², Carlos José Capela Bispo³

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo avaliar a nitrificação e mineralização do nitrogênio no solo, em sistemas agroflorestais com palma de óleo, associados com a técnica do plantio direto na capoeira, no município de Tomé-Açu (PA). Foram avaliados três sistemas de produção de palma de óleo (Adubadeiras, Biodiverso mecanizado e Biodiverso manual) e uma floresta secundária (Capoeira) como área de referência. A determinação das concentrações de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) foi feita por colorimetria, após extração com KCl 1M. As taxas líquidas de mineralização (TLM) foram calculadas pela diferença entre as concentrações de N-inorgânico ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) antes e após sete dias de incubação. Semelhantemente, as taxas líquidas de nitrificação (TLN) corresponderam às diferenças entre as concentrações iniciais e finais de NO_3^- , após sete dias de incubação. Os sistemas estudados não diferiram significativamente entre si, quanto à concentração de nitrogênio inorgânico no solo ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$). A maior concentração de NH_4^+ foi obtida na Capoeira ($13,59 \pm 1,69 \mu\text{g gsoil}^{-1}$), diferindo significativamente do sistema Biodiverso mecanizado ($10,42 \pm 1,95 \mu\text{g gsoil}^{-1}$), não havendo diferença entre os demais tratamentos. Por outro lado, maior concentração de NO_3^- foi obtida no sistema Biodiverso mecanizado ($5,07 \pm 0,99 \mu\text{g gsoil}^{-1}$), diferindo significativamente do sistema Adubadeiras ($2,63 \pm 1,05 \mu\text{g gsoil}^{-1}$) e da Capoeira ($3,43 \pm 1,13 \mu\text{g gsoil}^{-1}$). Quanto à TLM e TLN, também não houve diferença significativamente entre os tratamentos. Conclui-se que sistemas agroflorestais com palma de óleo não causam mudanças expressivas na dinâmica do nitrogênio inorgânico no solo ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$).

Palavras-chave: amônio, nitrato, floresta secundária, plantio direto na capoeira (PDC).

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the nitrification and mineralization of nitrogen in the soil in agroforestry systems with palm oil, associated with the technique of slash-and-mulch, in Tome-Açu (PA). We evaluated three production systems of palm oil (Enriched monoculture, Biodiverse mechanized and Biodiverse manual) and a secondary forest as reference area. The determination of concentrations of ammonium (NH_4^+) and nitrate (NO_3^-) was made by colorimetry after extraction with 1M KCl. The net mineralization rates (NMR) were calculated as the difference between the concentrations of inorganic-N ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) before and after seven days of incubation. Similarly, net nitrification rates (NNR) corresponded to the differences between initial and final concentrations of NO_3^- , after seven days of incubation. The systems studied did not differ significantly from each other, in relation to N-inorganic in the soil ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$). The highest concentration of NH_4^+ was found in secondary forest ($13.59 \pm 1.69 \mu\text{g gsoil}^{-1}$), differing significantly from the Biodiverse mechanized system ($10.42 \pm 1.95 \mu\text{g gsoil}^{-1}$), with no difference significantly from the other treatments. The highest concentration of NO_3^- was achieved in the mechanized system Biodiverse mechanized ($5.07 \pm 0.99 \mu\text{g gsoil}^{-1}$), differing significantly from the Enriched monoculture system ($2.63 \pm 1.05 \mu\text{g gsoil}^{-1}$) and secondary forest ($3.43 \pm 1.13 \mu\text{g gsoil}^{-1}$). For NMR and NNR did varied among treatments. It is concluded that agroforestry systems with palm oil does not cause significant changes in the dynamics of inorganic nitrogen in the soil ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$).

Keywords: ammonium, nitrate, secondary forest, slash-and-mulch.

¹Universidade Federal Rural da Amazônia, Av. Tancredo Neves s/nº, CEP 66.077-530-Belém-PA, agrowillen@yahoo.com.br

²Embrapa Amazônia Oriental, Endereço Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/nº, CEP: 66.095-100-Belém-PA.

³Natura Inovação e Tec. Prod. LTDA, Rod. Anhanguera s/n, km 30,5; Prédio A, Bloco B – 2º andar, CEP: 07.750-000-Cajamar – SP.

Introdução

O nitrogênio (N) é o macronutriente essencial exigido em maior quantidade pelos vegetais e, embora, seja o elemento mais abundante na atmosfera terrestre (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; CANTARELA, 2007), normalmente é o mais limitante à produtividade das plantas (CAMARGO et al., 2008). No solo, a principal fonte desse nutriente é a matéria orgânica (MO), cuja mineralização disponibiliza para as plantas, por meio dos processos oxidativos de amonificação e nitrificação, as formas minerais amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), respectivamente, que são as formas predominantemente absorvidas pelas plantas (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; CANTARELA et al., 2007; CAMARGO et al., 2008).

Na Amazônia, uma importante causa da perda da fertilidade natural em solos agrícolas é o uso inadequado do fogo, particularmente nos sistemas de produção tradicionais, conhecidos como agricultura de corte-e-queima ou agricultura itinerante, amplamente praticados pelos produtores rurais em escala familiar (HOLSCHER et al., 1997; SOMMER et al., 2004). Sistemas alternativos como plantio direto na capoeira (PDC) e sistemas agroflorestais (SAFs), têm sido indicados como opções sustentavelmente viáveis para agricultura familiar na Amazônia (KATO et al., 2004; CASTRO et al., 2009). O PDC ou sistema de corte-e-trituração se caracteriza basicamente por preconizar o corte e a trituração da vegetação secundária (capoeira), em substituição ao uso do fogo, na etapa de preparo da área após a fase de pousio (KATO et al., 2004). Por sua vez, SAFs são arranjos produtivos caracterizados pelo consórcio entre espécies agrícolas, florestais e/ou animais na mesma área, simultânea ou alternadamente (ASSIS JUNIOR et al., 2003).

Desde 2007, estão sendo realizadas pesquisas na Amazônia Oriental, visando avaliar o desempenho socioeconômico e ambiental de modelos de sistemas agroflorestais associados com a técnica do plantio direto na capoeira, tendo a palma de óleo (*Elaeis guineensis*) como principal espécie de valor econômico, contemplando o produtor rural familiar.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a nitrificação e mineralização do nitrogênio em sistemas agroflorestais com palma de óleo, associados com a técnica do plantio direto na capoeira, no município de Tomé-Açu (PA).

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido no município de Tomé-Açu (2° 40' 54" sul e 48° 16' 11" oeste), localizado na Mesorregião Nordeste do Estado do Pará, a 230 km da capital Belém. O clima no município é o tropical quente e úmido, do tipo Ami pela classificação de Köppen, com temperatura média anual de 27,9 °C e precipitação total anual em torno de 2.500 mm, com distribuição mensal irregular, definindo uma estação bastante chuvosa (novembro a julho) e uma menos chuvosa (julho a outubro), e o tipo de solo predominante no município é o Latossolo Amarelo com textura variando de média a argilosa (BAENA & FALESI, 1999).

O experimento foi realizado na unidade demonstrativa 2 (UD 2) do “Projeto dendê: sistemas agroflorestais na agricultura familiar” que visa avaliar o impacto de sistemas agroflorestais com palma de óleo sobre a ciclagem de carbono e nutrientes, qualidade do solo, polinização e biodiversidade, em função da técnica de preparo de área e do arranjo de espécies agrícolas e florestais.

Neste estudo, foram avaliados três sistemas de produção de palma de óleo e uma floresta secundária, como descrito a seguir:

- (a) Sistema Adubadeiras (tratamento T1) – consórcio de palma de óleo com espécies da família Fabaceae (antiga família Leguminosae) com função de adubadeiras, em área preparada mecanicamente, totalizando dois hectares;
- (b) Sistema Biodiverso mecanizado (tratamento T2) – sistema agroflorestal biodiversificado, cujo preparo de área foi realizado mecanicamente, tendo a palma de óleo (principal cultura de valor econômico) consorciada com espécies madeireiras, frutíferas e/ou oleaginosas e plantas com função de adubadeiras, totalizando dois hectares.
- (c) Sistema Biodiverso manual (tratamento T3) – semelhante ao sistema anterior, diferindo apenas pelo preparo da área, que foi realizado manualmente, totalizando dois hectares.
- (d) Capoeira (CAP) – floresta secundária de aproximadamente 13 anos, utilizada como área de referência.

Antes da implantação dos sistemas, a cobertura vegetal consistia de uma floresta secundária de aproximadamente dez anos. O preparo das áreas ocorreu entre setembro e outubro de 2007 e o plantio da palma de óleo foi realizado entre fevereiro e março de 2008. Em todos os sistemas de produção realizou-se o corte e a trituração da vegetação (floresta secundária) mantendo sobre o solo a vegetação triturada, com função de cobertura morta (*mulch*). Nos sistemas Adubadeiras e Biodiverso mecanizado a trituração foi realizada mecanicamente, sem o revolvimento do solo, por meio de um protótipo de triturador denominado “Tritucap” (DENICH et al., 2004), enquanto que no sistema Biodiverso manual o preparo da área foi realizado por meio de motosserra, facão e machado.

Em março de 2011, foram coletadas 40 (quarenta) amostras simples de solo, na profundidade de 0-10 cm, em cada tratamento. As amostras foram destorroadas, homogeneizadas e misturadas para formar amostras compostas. Cada amostra composta foi obtida a partir de quatro amostras simples, totalizando dez amostras compostas por tratamento. Após peneiramento (malha 2 mm), a umidade das amostras foi corrigida para atingir 50% da capacidade de retenção de água.

A determinação das concentrações de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) foi feita por colorimetria, após extração com KCl 1 M (adição de 100 ml da solução de KCl em 20g de solo, seguida de agitação em agitador horizontal por duas horas). As taxas líquidas de mineralização (TLM) foram calculadas pela diferença entre as concentrações de N-inorgânico ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) antes e após sete dias de incubação. Semelhantemente, as taxas líquidas de nitrificação (TLN) corresponderam às diferenças entre os teores iniciais e finais de NO_3^- , após sete dias de incubação.

Análise estatística

A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk e o efeito dos tratamentos sobre as variáveis estudadas foi avaliado pela análise de variância (ANOVA) unifatorial, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Resultados e Discussão

Os sistemas estudados não diferiram significativamente entre si quanto à concentração de nitrogênio inorgânico no solo ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) ($P = 0,552$), cujos valores foram $15,15 \pm 3,03$; $15,49 \pm 2,29$; $15,83 \pm 3,29$ e $16,74 \pm 1,92$ $\mu\text{g g solo}^{-1}$ (média \pm desvio-padrão), nos sistemas Adubadeiras, Biodiverso mecanizado, Biodiverso manual e Capoeira, respectivamente. Devido ao maior número e diversidade de plantas fixadoras de nitrogênio, esperava-se que os sistemas Biodiversos diferissem significativamente de todos os demais.

Em todos os tratamentos, as concentrações de NH_4^+ foram significativamente superiores às de NO_3^- (Figura 1). Semelhantemente, Verchot et al. (2008), ao avaliarem as concentrações de nitrogênio inorgânico no solo em pousio (2,5 anos), enriquecido com espécies da família Fabaceae, em sistemas agroflorestais sucessionais no nordeste paraense (Igarapé-Açu), observaram que em todos os tratamentos as concentrações de NO_3^- foram significativamente menores que a de NH_4^+ (período chuvoso).

A predominância de cargas negativas nas camadas superficiais nos solos tropicais e a baixa interação química do NO_3^- com os minerais do solo fazem com que este nutriente esteja sujeito a lixiviação para as camadas mais profundas do solo, podendo atingir águas superficiais (CANTARELA, 2007). Assim, a adsorção de NH_4^+ no complexo coloidal diminui as perdas desse composto por lixiviação. Neste trabalho, considerando que as amostras foram coletadas no período chuvoso (março de 2011), presumivelmente, as perdas de NO_3^- por lixiviação foram significativamente superiores que as de NH_4^+ .

Além disso, o preenchimento do espaço poroso do solo pode provocar aumentos consideráveis nas taxas de desnitrificação, uma vez que este processo ocorre a partir de 60% de saturação do espaço poroso do solo com água, acentuando-se a partir de 80% (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). A maior concentração de amônio no solo também pode ser explicada pelo fato de o nitrato ser a forma predominante consumida tanto por plantas como microorganismos no solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Observa-se um padrão inverso quanto às concentrações de NH_4^+ e de NO_3^- nos tratamentos Biodiverso mecanizado e Capoeira. A maior concentração de NH_4^+ foi obtida na Capoeira ($13,59 \pm 1,69$ $\mu\text{g g solo}^{-1}$), diferindo significativamente ($P = 0,008$) do sistema Biodiverso mecanizado ($10,42 \pm 1,95$ $\mu\text{g g solo}^{-1}$), não havendo diferença entre os demais tratamentos (Figura 1). Por outro lado, a maior concentração de NO_3^- foi obtida no sistema Biodiverso mecanizado ($5,07 \pm 0,99$ $\mu\text{g g solo}^{-1}$)

diferindo significativamente do sistema Adubadeiras ($2,63 \pm 1,05 \mu\text{g g solo}^{-1}$; $P < 0,001$) e da Capoeira ($3,43 \pm 1,13 \mu\text{g g solo}^{-1}$; $P = 0,003$) (Figura 1). Isso pode evidenciar que o processo de oxidação do nitrogênio amoniacal por bactérias nitrificantes seja maior no sistema Biodiverso mecanizado, ainda que em condições de laboratório, não tenha havido diferença significativa entre os tratamentos quanto às taxas líquidas de mineralização e nitrificação ($P = 0,903$ e $P = 0,884$ respectivamente) (Figuras 2). Presumivelmente o tempo de sete dias de incubação foi insuficiente para discriminar diferenças significativas entre os tratamentos.

Observa-se que o preparo da área, mecanizada ou manual, não ocasionou diferenças significativas entre os sistemas de produção de palma de óleo, quanto às variáveis analisadas neste estudo (Figura 1 e 2).

Conclusão

Os sistemas agroflorestais com palma de óleo não causaram mudanças expressivas na dinâmica do nitrogênio inorgânico no solo ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$).

O preparo da área, mecanizado ou manual, não alteraram a dinâmica do nitrogênio inorgânico no solo.

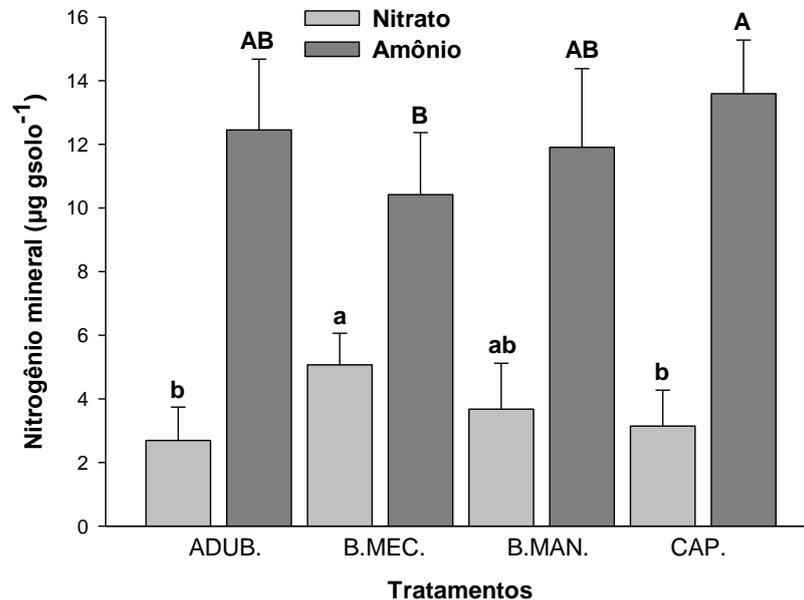


Figura 1. Concentração (média \pm desv. pad.) de nitrogênio inorgânico no solo nos tratamentos Adubadeiras (ADUB.), Biodiverso mecanizado (B.MEC), Biodiverso manual (B.MAN.) e Capoeira (CAP.), no município de Tomé-Açu (PA). Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). (n = 10; n B.MAN = 5).

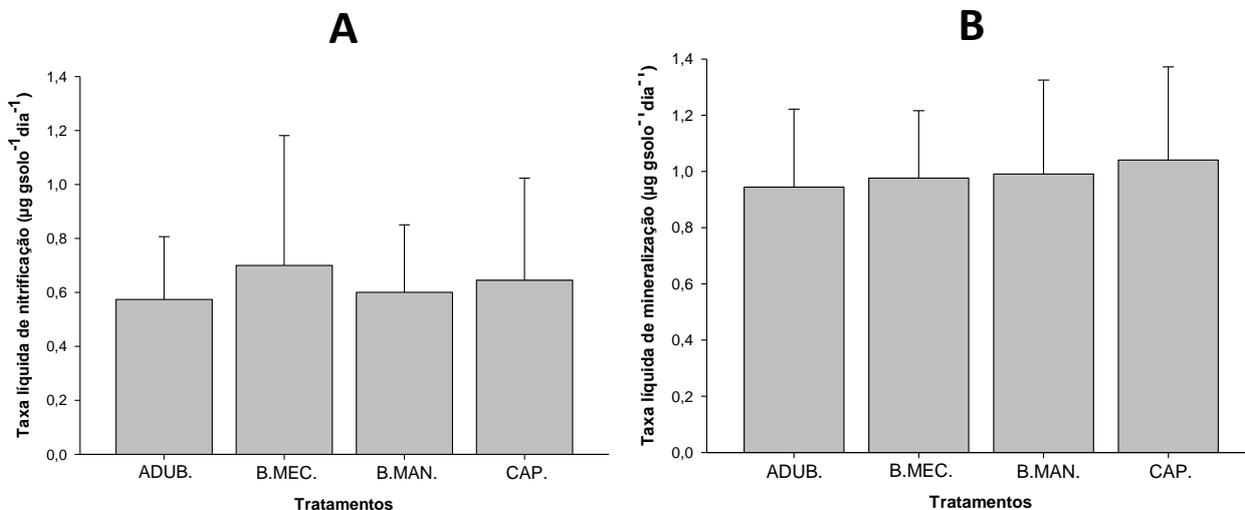


Figura 2. Taxas líquidas de nitrificação (A) e mineralização do nitrogênio (B) (média \pm desv. pad.) nos tratamentos Adubadeiras (ADUB.), Biodiverso mecanizado (B.MEC), Biodiverso manual (B.MAN.) e Capoeira (CAP.), no município de Tomé-Açu (PA). (n = 10; n B.MAN = 5).

Agradecimentos

Ao “Projeto dendê: sistemas agroflorestais na agricultura familiar” executado pela Embrapa Amazônia Oriental em parceria com a Natura Inovação e Tec. Prod. LTDA e Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (CAMTA), com apoio da Financiadora de Projetos e Pesquisa (FINEP).

Ao engenheiro florestal Ernesto Suzuki, por disponibilizar sua propriedade rural para execução do Projeto.

Referências

ASSIS JUNIOR, S. L.; ZANUNCIO, J. C.; KASUYA, M. C. M.; COUTO, L.; MELIDO, R. C. N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Revista Árvore**, v. 27, p.35-41, 2003.

BAENA, A. R. C.; FALESI, I. C. **Avaliação do potencial químico e físico dos solos sob diversos sistemas de uso da terra na Colônia Agrícola de Tomé-Açu, Estado do Pará**. Belém: EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 1999. 23 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 18.).

CAMARGO, F. A. O.; SILVA, L. S.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds) **Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª Ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.7-18.

CANTARELA, H. Nitrogênio. In: Novais, R. F., ALVAREZ, V. H. V., BARROS, N. F., FONTES, R. L. F., CANTARUTTI, R. B., NEVES, J. C. L. (Eds.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.375-470.

CASTRO, A. P.; FRAXE, T. J. P.; SANTIAGO, J. L.; MATOS, R. B.; PINTO, I. C. Os sistemas agroflorestais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 2, p.279-288, 2009

DENICH, M.; VIELHAUER, K.; KATO, M. S. D. A.; BLOCK, A.; KATO, O. R.; SÁ, T. D. D. A.; LUCKE, W.; VLEK, P. L. G. Mechanized land preparation in forest-based fallow systems: The experience from Eastern Amazonia. **Agroforestry Systems**, v. 61, p.91-106, 2004.

HOLSCHER, D.; MOLLER, R. F.; DENICH, M.; FOLSTER, H. Nutrient input-output budget of shifting agriculture in eastern Amazonia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 47, p.49-57, 1997.

KATO, O. R.; KATO, M. D. S. A.; SÁ, T. D. D. A.; FIGUEIREDO, R. D. O. Plantio direto na capoeira. **Ciência e Ambiente**. v. 29, p.99-111, 2004.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos no solo. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. 2ª Ed. Lavras: Editora Ufla, 2006. p.313-405.

VERCHOT, L. V.; BRIENZA JÚNIOR, S.; OLIVEIRA, V. C. de; MUTEKI, J. K.; CATTÂNIO, J. H.; DAVIDSON, E. A. Fluxes of CH₄, CO₂, NO, and N₂O in an improved fallow agroforestry system in eastern Amazonia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 126, p.113–121, 2008.

SOMMER, R.; VLEK, P. L. G.; SÁ, T. D. D.; VIELHAUER, K.; COELHO, R. D. R.; FOLSTER, H. Nutrient balance of shifting cultivation by burning or mulching in the Eastern Amazon - evidence for subsoil nutrient accumulation. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 68, p.257-271, 2004.