



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AQUÁTICOS TROPICAIS

JÉSSICA CARNEIRO DE SOUZA

**INFLUÊNCIA DO SISTEMA AGROFLORESTAL CACAU-CABRUCÁ NA
DINÂMICA DE NITROGÊNIO NA SOLUÇÃO DO SOLO EM MICROBACIAS NA
REGIÃO SUL DA BAHIA**

Ilhéus – Bahia

2014

S719 Souza, Jéssica Carneiro de
Influência do sistema agroflorestal cacau-cabruca na
dinâmica de nitrogênio na solução do solo em microbacias
na região sul da Bahia / Jéssica Carneiro de Souza. –
Ilhéus, BA: UESC, 2014.
27 f.: il.

Orientadora: Daniela Mariano Lopes da Silva.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de
Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Sistemas
Aquáticos Tropicais.
Inclui referências.

1. Cacaueiro – Bahia. 2. Solos – Teor de nitrogênio –
Bahia. 3. Solos – Composição. 4. Mata Atlântica. I. Título.

CDD 633.74

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	2
1.INTRODUÇÃO	3
2.OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo geral	5
2.2 Objetivos específicos	5
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	5
3.1 Área de estudo	5
3.2 Coleta e análise dos dados	7
3.3 Análise estatística	8
4.RESULTADOS	8
4.1 Composição física e química do solo.....	8
4.2 Precipitação.....	9
4.3 Concentrações de NID e NOD na solução de solo	11
4.4 Concentrações de N-NH₄⁺ e N- NO₃⁻ no solo	15
4.5 Mineralização e Nitrificação líquida do solo	15
5. DISCUSSÃO	16
6. CONCLUSÃO.....	18
7. REFERÊNCIAS.....	19
8. NORMAS PARA SUBMISSÃO DA REVISTA - Agroforestry System	23

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01- Classificação dos solos correspondentes aos pontos de coleta da floresta e sistema agroflorestal cacau-cabruca	6
FIGURA 02- Composição granulométrica do solo da floresta e do sistema cacau – cabruca	8
FIGURA 03- Precipitação registrada entre setembro/2012 e junho/2013 na área de floresta e sistema cacau – cabruca no sul da Bahia	10
FIGURA 04- Frequência das semanas coletadas entre as classes de chuva nas áreas de floresta e sistema cacau-cabruca no sul da Bahia	10
FIGURA 05- Concentrações semanais de NID e NOD (μM) na solução do solo da Floresta. Letras distintas indicam valores estatisticamente diferentes ($p < 0,05$)	12
FIGURA 06- Concentrações de NID e NOD (μM) na solução do solo na Cabruca. Letras distintas indicam valores estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).	13
FIGURA 07- Média das concentrações das formas de N nas profundidades 15, 45, 90 cm na Floresta. Letras distintas indicam valores estatisticamente diferentes ($p < 0,05$)	14
FIGURA 08- Média das concentrações das formas de N nas profundidades 15, 45, 90 cm no sistema cacau-cabruca. Letras distintas indicam valores estatisticamente diferentes ($p < 0,05$)	14
FIGURA 09- Concentrações de N-NH_4^+ e N-NO_3^- no solo da floresta e do sistema cacau – cabruca.	15
FIGURA 10- Taxas de mineralização e nitrificação líquida no solo da floresta e do sistema cacau – cabruca	15

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Professora Daniela Mariano pela orientação e dedicação desde o momento em que aceitou me orientar.

Às minhas companheiras de campo e laboratório Marilane e Eline, pelo excelente desempenho em nossas coletas. “Faça chuva ou faça sol”, lá estávamos cantando na cabruca! Agradeço pelos nossos momentos de descontração, que foram essenciais em nossas cansativas coletas e análises.

Ao Professor Marcelo Landim pela atenção e esclarecimentos em várias dúvidas.

A minha linda família, mãe, pai, irmãs e sobrinho por compreender minha ausência desde a minha graduação e por todo apoio, conselhos e amor que sempre me dedicaram.

Aos motoristas que nos acompanharam em nossas coletas.

Aos meus amigos que contribuíram compartilhando informações, alegrias e desabafos. Aqueles que eu já conhecia, que conheci, e que chegaram recentemente em minha vida, agradeço a todos pelo carinho e auxílio.

Aos amigos do MS que sempre colaboraram de uma forma especial, mantendo nossos laços de amizades, superando qualquer distancia. Agradeço em especial a minha amiga Rita, por nossas produtivas conversas filosóficas na madrugada!

Minhas lindezas Manu, Talita, Marilane, Helen, Marisa, sou muito grata a vocês! Cada uma sabe a importância em minha vida, e como sou feliz por tê-las conhecido nesse mestrado.

As meninas e meninos da copa, agradeço pela atenção e cafezinhos que não nos deixaram faltar em nossos dias de análises.

A todos os companheiros do SAT, agradeço por compartilhar seus conhecimentos.

Agradeço a UESC, CAPES e INCT TMOcean pelo apoio financeiro.

Influência do sistema agroflorestal cacau-cabruca na dinâmica de nitrogênio na solução do solo em microbacias na região sul da Bahia

Jéssica Carneiro de Souza, Universidade Estadual de Santa Cruz, Daniela Mariano Lopes da Silva Universidade Estadual de Santa Cruz.
jessica_bio05@yahoo.com.br

RESUMO

Na região sul da Bahia grande parte da Mata Atlântica foi ocupada pelo sistema agroflorestal cacau – cabruca, sendo este implantado após a remoção da vegetação de sub-bosque sem alterar o dossel. O objetivo deste trabalho foi determinar a concentração de nitrogênio na solução do solo em duas microbacias, uma com sistema cacau-cabruca e outra com floresta ombrófila, localizadas na região sul da Bahia. As coletas foram realizadas semanalmente durante dois períodos, de setembro a dezembro de 2012 e de abril a junho de 2013 sendo as amostras coletadas através de extratores instalados nas microbacias nas profundidades 15, 45 e 90 cm. As concentrações de nitrato, amônio e nitrito na solução do solo, foram analisadas através da cromatografia iônica, o nitrogênio total por espectrofotometria e as taxas de mineralização e nitrificação líquida no solo pelo método de incubação em laboratório. Das formas de nitrogênio analisadas na solução do solo do sistema cacau - cabruca, o nitrogênio orgânico dissolvido predominou entre as classes de chuva nas três profundidades. Na floresta o nitrato predominou em 15 cm, e o nitrogênio orgânico nas demais profundidades. As maiores taxas de mineralização e nitrificação foram registradas na floresta. Das formas de nitrogênio inorgânico analisadas no solo foram registradas concentrações de amônio superiores a nitrato em ambas as áreas. Baixas concentrações de nitrogênio inorgânico na solução do solo da cabruca estão associadas as baixas taxas de mineralização e nitrificação, sendo assim pode-se concluir que mesmo que alguns trabalhos apontem a eficiência ambiental desse sistema, há diferenças nas concentrações das formas de N entre as áreas de floresta e cabruca.

Palavras-chave: Cacau-cabruca; Solução do solo; Nitrogênio; Mata Atlântica

ABSTRACT

The southern Bahia encompasses one of the most parts of remnant of Atlantic Forest. A large area was occupied by cocoa agroforestry system which is planted under the native forest. The objective of this study was to determine the nitrogen concentration in the soil solution in two watersheds, one with cocoa agroforestry system and other with Atlantic forest remnant, located in the southern Bahia. The study was carried from September to December 2012 and April to June 2013 and the samples were collected weekly with soil solution extractors installed in the depths 15, 45 and 90 cm. The NO_3^- , NH_4^+ , NO_2^- concentrations in soil solution were analyzed by ion chromatography, total N by spectrophotometer and rates of net mineralization and nitrification in soil by the method of incubation in the laboratory. DON was the main form found in cocoa agroforestry system among all rain classes in the three depths. In the forest, nitrate prevail at 15 cm, and DON in other depths. The highest rates of net mineralization and nitrification were recorded in the forest. The concentrations of N-NH_4^+ was greater than N-NO_3^- in soil in both areas. Low DIN concentrations in soil solution in cocoa agroforestry system could be associated with low rates of mineralization and nitrification and therefore it can be concluded that even though some studies showed the efficiency of cocoa agroforestry there were several differences in N forms between forest and "cabruca" areas.

Keywords: Cocoa-agroforestry; Soil solution; Nitrogen; Atlantic Forest

1. INTRODUÇÃO

A vegetação ciliar ou ripária contribui com alguns fatores fundamentais para a estabilidade das bacias, como: atenuação do escoamento direto das chuvas e o pico das cheias, equilíbrio térmico da água, estabilidade das margens, ciclagem de nutrientes, controle da sedimentação, e regulam o fluxo de nutrientes para os riachos, influenciando na qualidade da água (Mulholland 1992).

A cobertura florestal é importante para a manutenção dos recursos naturais, pois exerce um papel essencial no ciclo da água, protege os solos contra o impacto decorrente das chuvas, aumenta a permeabilidade do solo através de suas raízes, reduzindo o escoamento superficial e a consequente perda de nutrientes (Beltrame 1994; Chapin et al 2002). Da água precipitada que chega ao solo, parte é infiltrada e parte escoada superficialmente e em bacias com grande área de cobertura florestal, o volume da água que infiltra é maior que o volume de água perdida (Pinto 1976; Ruhoff e Pereira 2004).

A ciclagem de nutrientes nos ecossistemas florestais tropicais pode ser eficiente se a maioria dos nutrientes liberados for rapidamente absorvido pelas raízes, micorrizas, e decompositores, e retido dentro do sistema. Essa ciclagem seria caracterizada por baixas perdas de nutrientes do sistema como um todo (Vitousek 1984).

As características físicas do solo e a topografia do terreno interagem com a chuva, influenciando a concentração e formas químicas nas quais os nutrientes entram nos rios (McClain e Elsenbeer 2001). Para alguns elementos (não voláteis), as vias mais importantes de entrada nos sistemas terrestres são através da precipitação e do intemperismo das rochas, e a rota de saída é via escoamento da água do solo para os riachos (Jordan e Kline 1972).

No solo, parte dos espaços vazios são ocupados por uma solução, sendo essa solução sensível aos efeitos advindos do uso e manejo. As variações de umidade e temperatura em decorrência de mudanças climáticas influenciam os processos físicos, químicos e biológicos do solo, modificando algumas características, tais como: atividade microbológica, teor e composição da matéria orgânica, capacidade de troca catiônica e lixiviação de nutrientes (Miranda et al 2006).

A solução do solo é um importante compartimento do ecossistema, pois é onde parte dos processos químicos do solo ocorrem, sendo este facilmente alterado em decorrência das formas de uso (Marques et al 1996). A composição da solução do solo é resultado de vários processos, como entradas de elementos via precipitação direta e precipitação interna, produção interna de nutrientes por decomposição da matéria orgânica, intemperismo, perdas por absorção biológica de nutrientes ou lixiviação. Cada processo depende de vários fatores, como a profundidade do solo, mobilidade das soluções e exigências nutricionais das plantas. A baixa quantidade de nutrientes disponíveis no solo, e a consequente queda na concentração destes na solução do solo pode ser um indicativo de que esses nutrientes foram absorvidos rapidamente pelas raízes, sendo importante o aporte de nutrientes via precipitação interna e mineralização para suprir essa perda (Laclau et al 2003).

Quando os solos estão desprotegidos os nutrientes são perdidos rapidamente, e processos como a mineralização são alterados, pois esse processo depende da disponibilidade de alguns

nutrientes, matéria orgânica e microorganismos, associados a boas condições abióticas (Vitousek e Sanford 1986).

Os processos que regulam o nitrogênio inorgânico que entra nos rios através do solo podem ser a mineralização do nitrogênio orgânico, a absorção pela vegetação, imobilização de nitrogênio pela comunidade microbiana, e a desnitrificação (Hill e Shackleton 1989). A taxa de conversão de nitrogênio orgânico para amônio e nitrato disponível para biota, controla a disponibilidade de nitrogênio nos solos, sendo este considerado um fator limitante à produtividade de um ecossistema (Vitousek e Sanford 1986). Na solução do solo, os compostos nitrogenados mais complexos são formados por proteínas que não oferecem valor nutricional direto as plantas, porém estes compostos são aproveitados por microorganismos que vivem no solo e sintetizados para os organismos ou permanecem no solo na forma de compostos mais simples, como amônio (Santos e Ribeiro 1975).

Qualquer tipo de uso do solo interfere no ciclo hidrológico, não importando o quanto e como esse uso dependa da água. Estudos realizados em bacias hidrográficas devem considerar suas particularidades e as regiões onde elas se encontram, pois as trocas de energia e matéria são realizadas de acordo com o gradiente fisiográfico característico de cada bacia (Espíndola et al 2000).

Neste contexto, a substituição da cobertura florestal original por atividades agrícolas ou o crescimento desordenado das áreas urbanas pode acarretar sérias mudanças nos processos que ocorrem ao longo de uma bacia. Na região sul da Bahia, o sistema cacau-cabruca (*Theobroma cacao*) ocupou posição de destaque devido sua importância econômica, sendo grande parte da Mata Atlântica dessa região ocupada por esse cultivo. Este sistema é implantado após a remoção da vegetação de sub-bosque sem alterar o dossel, favorecendo a conservação de parte das espécies nativas da floresta.

Muitas espécies da flora, principalmente epífitas, e da fauna, utilizam as cabruças como corredores biológicos, onde vivem e se reproduzem naturalmente, porém essas áreas encontram-se ameaçadas de serem desmatadas devido à crise na cultura do cacau. Após o abandono da cultura essas áreas poderiam ser transformadas em áreas de preservação por regeneração natural ou enriquecimento da floresta, pois há um importante banco de árvores nativas nas cabruças, principalmente de espécies de grande porte, tornando- as áreas com potencial uso para a conservação de espécies arbóreas (Sambuichi 2002, 2006).

Alguns estudos sugerem que este sistema de plantio é sustentável e por manter parte do dossel intacto não acarreta em modificações na estrutura e funcionamento dos sistemas florestais (Barreto et al 2010; Gama-Rodrigues et al 2010; Silva Moço et al 2009). Apesar da produção do cacau – cabruca ter sido reduzida pela “vassoura-de-bruxa” (*Moniliophthora perniciosa*) na década de 1990 esse sistema agroflorestal ainda é muito comum nas áreas de Mata Atlântica na região sul da Bahia (Dawoe et al 2010; Hartemink 2005; Ntiamoah e Afrane 2008), porém pouco se sabe a respeito dos impactos dessa cultura na dinâmica de nitrogênio no solo das bacias hidrográficas, sendo importante compreender as consequências desse sistema sobre a ciclagem de nutrientes das bacias e como elas respondem a essa perturbação.

2.OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Determinar a concentração de nitrogênio na solução do solo em microbacias com sistema agroflorestal cacau-cabruca e floresta ombrófila.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar as concentrações das formas inorgânicas e orgânicas dissolvidas de nitrogênio na solução do solo em três profundidades (15, 45, 90 cm) no sistema agroflorestal cacau-cabruca e floresta ombrófila.
- Verificar a influência do sistema cacau-cabruca na disponibilidade de nitrogênio no solo.
- Avaliar o efeito do sistema cacau-cabruca nas taxas de mineralização e nitrificação líquida do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em duas microbacias, sendo uma em área preservada e outra em uma área de cultivo de cacau-cabruca, localizadas no sul da Bahia. O clima da região é do tipo Af, segundo o sistema de classificação de Köppen, sendo o clima quente e úmido e sem estação seca bem definida. A temperatura média anual é em torno de 24°C e índices pluviométricos superiores a 1.300 mm anuais.

A área preservada é um remanescente de Mata Atlântica, com predomínio de vegetação secundária localizada no Parque Estadual da Serra do Conduru (PESC), situado nos municípios de Ilhéus, Uruçuca e Itacaré. O PESC foi criado pelo Decreto nº 6.227, de 21 de fevereiro de 1997, com aproximadamente 7000 hectares e em 2003 passou a ter área total estimada em 9.275 hectares. (Semarh 2012).

A vegetação constitui-se de um campo nativo, bastante similar às restingas herbáceo-arbustivas, porém com a peculiaridade de estar circundada por floresta ombrófila densa e distante do mar, em altitudes acima de 100 metros do nível do mar (Semarh 2012).

A região do PESC possui uma ampla rede hidrográfica, que associada à limitação do relevo a mecanização, favoreceu a ocupação da terra por propriedades, na maioria, menores que 100 ha. Além disso, há uma facilidade para o abastecimento de água nas propriedades para uso doméstico e agrícola (Semarh 2012).

A formação geológica é predominantemente de rochas pré-cambrianas que formam o substrato cristalino local, recoberto pelos sedimentos terciário-quadernários. Os solos variam de argilo-arenosos a franco-arenosos, além de solos com presença de hidromorfia (Brasil, MMA 2004). O solo na área correspondente as coletas é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico (Figura 01).

A microbacia que apresenta o sistema agroflorestal cacau-cabruca está localizada na Fazenda Santa Cruz (Campus da UESC). Essa área possui declividade em torno de 5% e um sombreamento médio de 70% por cacauzeiros (*Theobroma cacao* L.), jaqueiras (*Artocarpus heterofolia*), cajazeiras (*Spondias lutea*), eritrinas (*Eritrina* sp.), imbaubas (*Cecropia leucocoma*) e jequitibás (*Cariniana* sp.), dentre outras espécies (Argôlo 2009).

Localiza-se na zona fisiográfica e econômica do litoral Sul da Bahia chamada de Região Cacaueira (Faria Filho 2000; Santos 2009). O solo predominante na área corresponde ao Argissolo Vermelho-Amarelo, representado na figura 01, textura média argilosa, e a região encontra-se sob o domínio dos sedimentos terciários do Grupo Barreiras (Fernandes 2008).

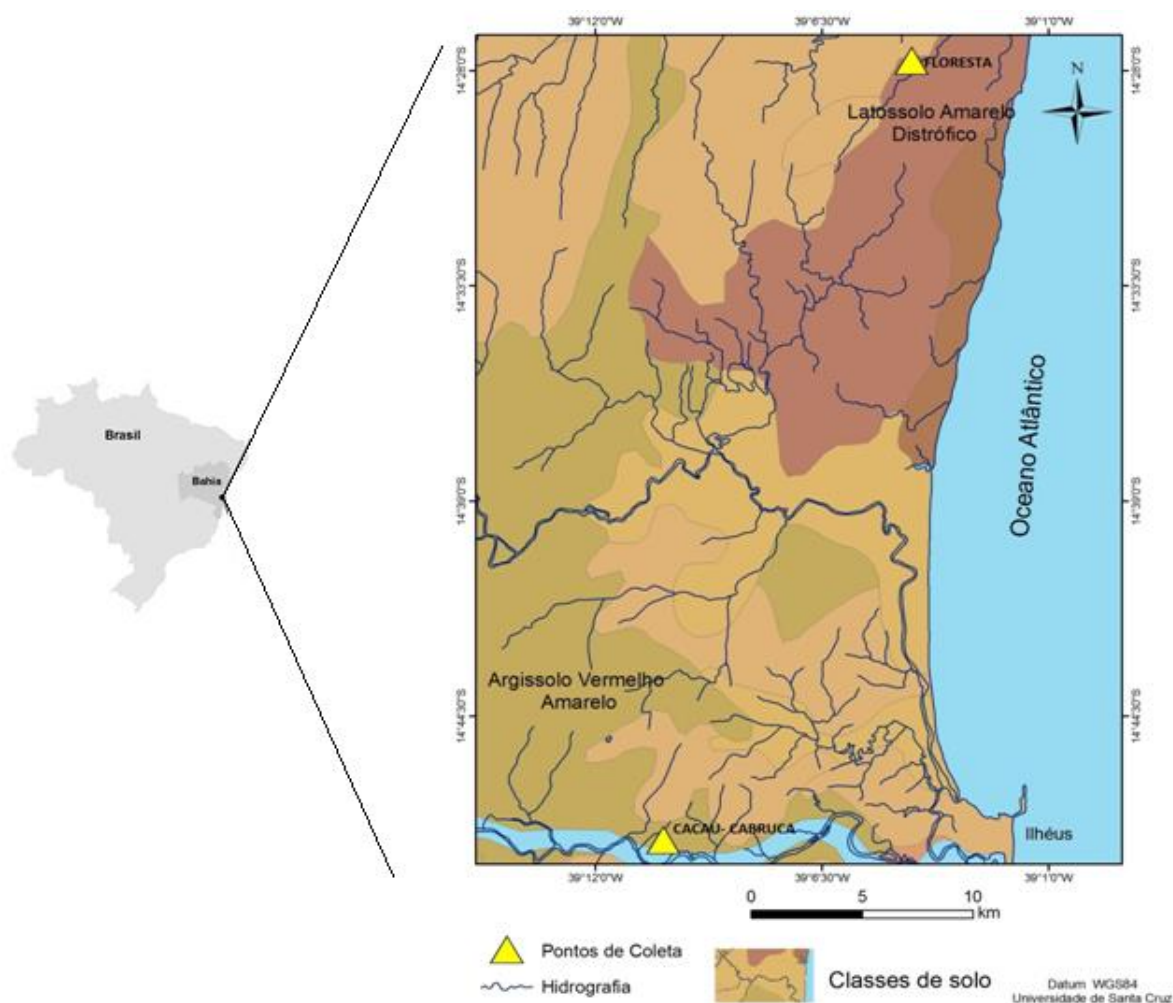


Figura 01: Classificação dos solos correspondentes aos pontos de coleta da floresta e sistema agroflorestal cacau-cabruca, no sul da Bahia.

3.2 Coleta e análise de dados

As coletas foram realizadas semanalmente em dois dias consecutivos, um dia em cada área de estudo, nos períodos entre 25 de setembro a 07 de dezembro de 2012, e entre 02 de abril e 12 de junho de 2013, totalizando 22 coletas na Cabruca e 21 coletas na Floresta.

As amostras de solução do solo foram coletadas através de extratores instalados nas microbacias nas profundidades 15, 45 e 90 cm. Em cada bacia foram instalados 12 extratores, sendo duas réplicas de cada profundidade posicionadas na margem direita e duas na margem esquerda do riacho. A solução do solo foi retirada dos extratores com auxílio de seringa e mangueira, sendo realizada pressão manual, com auxílio de seringa e agulha, anterior a extração. As amostras foram filtradas em filtros de fibra de vidro (0,7 μ m) previamente calcinados a 450°C, acondicionadas em frascos de polietileno de 100 mL e congeladas para posterior análise.

Foram coletadas amostras de solo para caracterização das áreas, nas profundidades com os intervalos de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 cm, utilizando um trado do tipo caneco "3", sendo analisadas as concentrações de P, Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K+, CTC (capacidade de troca iônica), e granulometria do solo. Também foram coletadas tréplicas de amostras de solo na profundidade 0-10cm para determinação das taxas de mineralização e nitrificação líquida.

Procedimento analítico

Solução do solo

As formas de Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID), NO₃⁻, NH₄⁺, NO₂⁻, foram analisadas através da cromatografia iônica (DIONEX ICS 1000). O Nitrogênio Dissolvido Total (NDT) foi analisado por espectrofotometria após digestão da amostra com persulfato de potássio (Grasshoff et al 1983). As formas orgânicas dissolvidas (NOD) foram determinadas pela diferença das formas inorgânicas (NID) e dissolvidos totais (NDT).

Solo

As amostras de solo para caracterização das áreas foram secadas em estufa a 60°C para posterior análise química e granulométrica. Para as análises de P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ foi utilizado o método de extração pela resina trocadora de íons, e Al³⁺ pela extração em KCl 1mol L⁻¹. Quanto a granulometria a areia foi determinada através do método de pesagem e argila por densímetro (com dispersante, sol. hidróxido de sódio e hexametáfosfato de sódio e ou dispersa em água), sendo estas análises realizadas no laboratório da Esalq/USP.

Para determinar as taxas de mineralização e nitrificação líquida foi utilizado o método de incubação de laboratório segundo Piccolo et al (1994) modificado. A extração do solo foi realizada com 50 mL de KCl 2N para aproximadamente 10 g de solo úmido. Estes foram acondicionados em frascos com tampas e após 24 horas foram filtrados em filtro Whatman 42, preservados com 0,1 μ M HgCl e armazenados em frascos âmbar. A extração foi realizada novamente após 5 dias de incubação do solo. As concentrações de NO₃⁻ e NH₄⁺ no extrato do solo foram analisadas por espectrofotometria (Grasshoff et al 1983). Para a determinação da umidade do solo, no mesmo dia da

coleta uma sub amostra de aproximadamente 10g foi separada e secada a 60°C até atingir peso constante.

Para a determinação das taxas, os cálculos foram baseados nas seguintes fórmulas:

$$\text{Mineralização} = (N\text{-NH}_4^+_{t_{n+}} + N\text{-NO}_3^-_{t_{n+}}) - (N\text{-NH}_4^+_{t_0} + N\text{-NO}_3^-_{t_0}) / t_n$$

$$\text{Nitrificação} = (N\text{-NO}_3^-_{t_n} - N\text{-NO}_3^-_{t_0}) / t_n$$

No qual, t_n corresponde ao tempo de incubação (5 dias) e t_0 o tempo inicial (dia da coleta).

3.3 Análise estatística

Os resultados foram submetidos ao teste não paramétrico Kruskal Wallis para a análise de possíveis diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os nutrientes analisados e profundidades, classes de chuva e relação entre os processos de mineralização e nitrificação, com auxílio do software Statística 6.1.

4. RESULTADOS

4.1 Composição física e química do solo

As frações de areia predominaram em ambas as áreas, no entanto, a área da cabruca apresentou maior porcentagem de argila comparada à floresta (Figura 02). As classes de textura do solo foram caracterizadas como médio - arenosa na floresta e como médio - argilosa da cabruca.

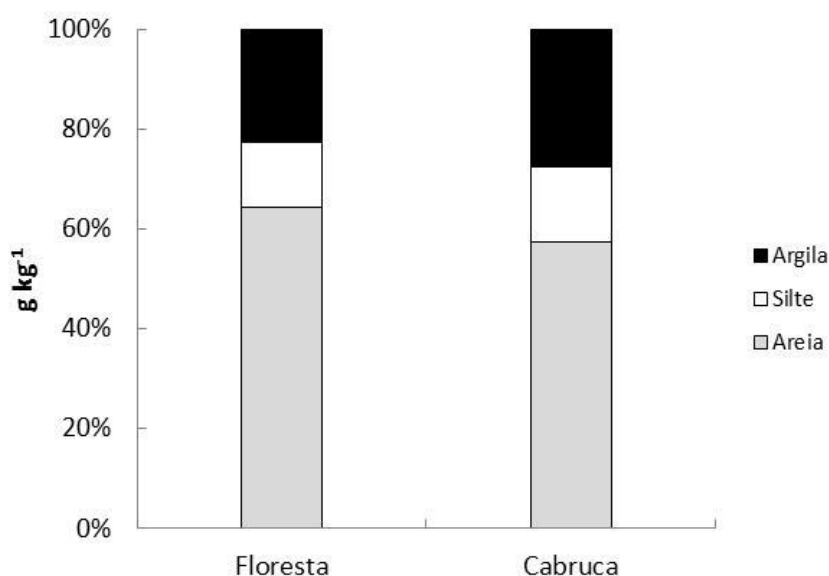


Figura 02: Composição granulométrica do solo da floresta e do sistema cacau – cabruca no sul da Bahia.

As maiores concentrações de fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), Soma de bases trocáveis (SB) e Saturação da CTC por bases (V), foram registradas nos primeiros centímetros do solo no sistema cacau – cabruca. Os maiores valores de acidez potencial (H+Al) foram observados no solo da cabruca entre 40-60 e 60-80 cm de profundidade, sendo também observados nessas profundidades os menores valores de pH e V e maiores valores de CTC.

Tabela 01: Características químicas do solo do sistema cacau – cabruca e da floresta no sul da Bahia: Fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), soma de bases trocáveis(SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação da CTC por bases (V).

Floresta	Profundidade(cm)	pH	P (mg.dm-3)	K Ca Mg			H+Al	SB	CTC	V %
				(mmolc.dm-3)						
	0 – 20	4	5	1,8	2	3	71	6	77,5	8
	20 – 40	4,2	3	0,9	<1	<1	52	2,5	54,6	5
	40 – 60	4,5	2	0,6	<1	<1	31	2	32,8	6
	60 – 80	4,7	2	0,7	<1	<1	38	2,1	40,1	5
	80 – 100	5	2	0,7	<1	<1	31	1,8	32,6	6
Cabruca	0 – 20	4,1	12	1,7	11	9	64	21,2	85,5	25
	20 – 40	3,9	3	1,1	<1	2	58	3,9	61,8	6
	40 – 60	3,7	2	0,9	<1	<1	109	2,4	111,3	2
	60 – 80	3,7	3	1,3	2	1	205	4,2	209,3	2
	80 – 100	4	2	0,8	<1	3	98	4,5	102,6	4

4.2. Precipitação

Durante todas as semanas coletadas foram registrados valores de precipitação, variando entre mínima e máxima de 0,1 e 13,5 mm na Cabruca e 0,2 e 8,7 mm na Floresta. Os índices foram semelhantes na maioria das semanas, em ambas as áreas de coleta, como podem ser observados na figura 3. Na cabruca o maior índice foi registrado na semana 4, que correspondeu ao mês de outubro de 2012, e na floresta na semana 22, que correspondeu ao mês de junho de 2013.

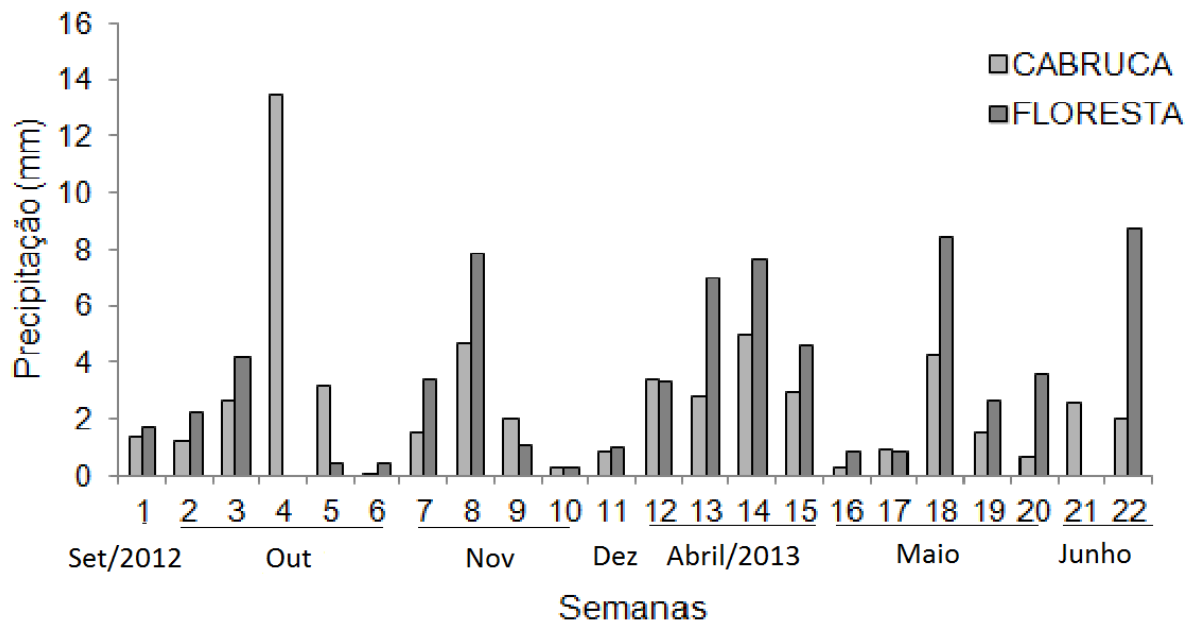


Figura 03: Precipitação registrada entre setembro/2012 e junho/2013 na área de floresta e sistema cacau – cabruca no sul da Bahia.

Os volumes das amostras de solução do solo estão relacionados com o volume de chuvas das semanas coletadas, podendo influenciar na concentração de algumas formas de nitrogênio, portanto foram elaboradas classes de chuva, sendo estas referentes ao volume de chuva dos coletores instalados nas áreas de coleta, representadas na figura 4.

O histograma (figura 4) representa a frequência das semanas coletadas em relação às classes de chuva. Observa-se que na Floresta e na Cabruca a classe que apresenta maior frequência é 0-2 mm. Sendo assim, na maioria das semanas coletadas os índices pluviométricos foram baixos. Na Floresta a classe com menor frequência foi 4-6 mm, e na Cabruca a classe 6-8 mm.

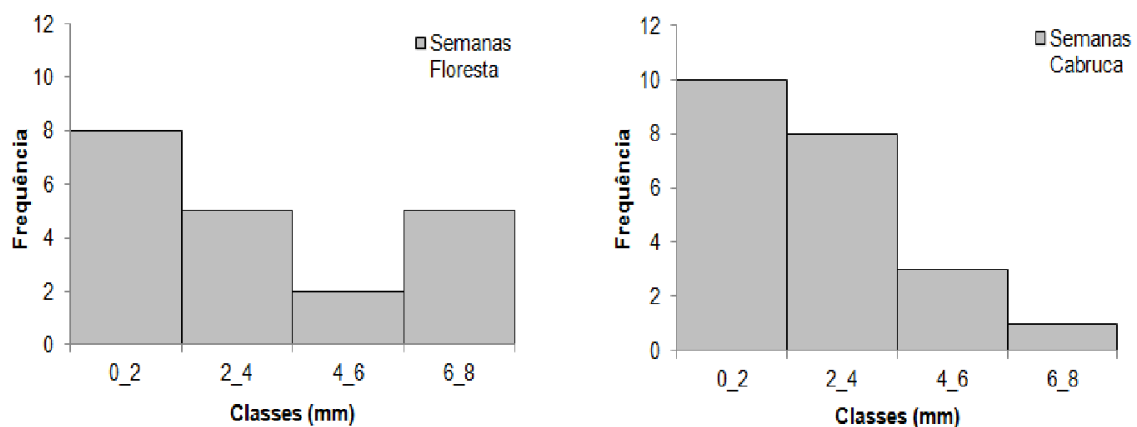


Figura 4: Frequência das semanas coletadas entre as classes de chuva nas áreas de floresta e sistema cacau-cabruca no sul da Bahia

4.3 Concentrações de NID e NOD na solução de solo

Na floresta as concentrações de NO_3^- predominaram apenas na profundidade 15 cm e em todas as classes exceto em 6-8 mm e nas profundidades 45 e 90 cm as concentrações de NOD foram superiores a NID (Figura 5). Pode-se observar que em 45 cm as concentrações de NOD variaram entre as classes, sendo encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as classes 2-4 e 4-6 mm e 2-4 e 6-8 mm.

Quanto as concentrações de NH_4^+ observa-se valores próximos entre as classes na profundidade 15 cm, exceto na classe 4-6. Nas profundidades 45 e 90 cm as menores concentrações de NH_4^+ são observadas na classe 6-8 (figura 5), assim como observado nas concentrações da Cabruca (figura 6).

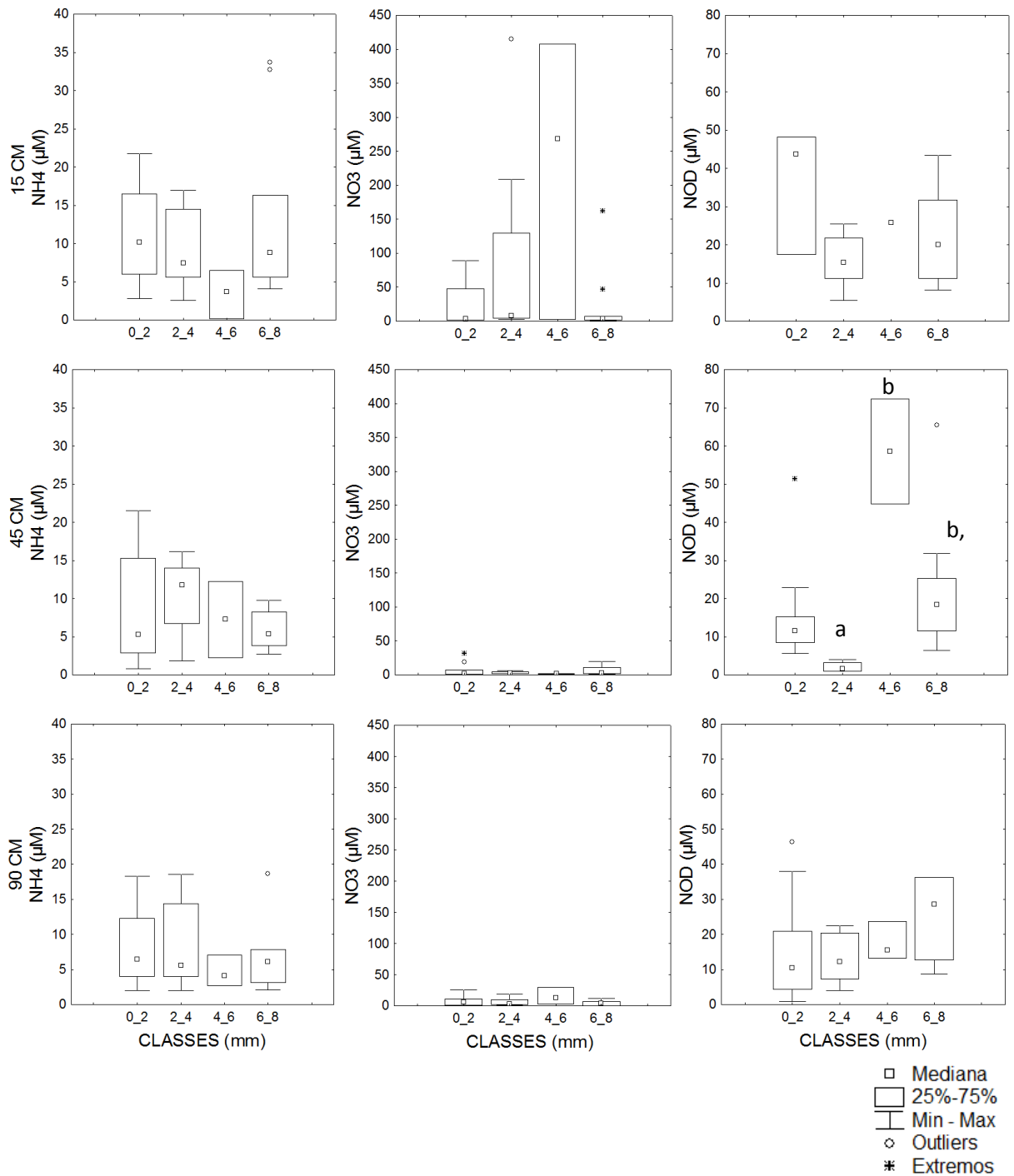


Figura 05: Concentrações semanais de NID e NOD (μM) na solução do solo da Floresta, por classe de chuva. Letras distintas indicam valores estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

Das formas de nitrogênio analisadas na solução do solo da Cabruca, NOD foi a forma predominante entre as classes de chuva nas três profundidades. Comparando as concentrações de NID entre as classes, na classe 6-8 mm pode-se observar as menores concentrações de NH_4^+ nas três profundidades e maiores concentrações na classe 0-2 mm ($p < 0,05$), exceto em 90 cm. Isso mostra que as concentrações mais elevadas, na sua maioria, são observadas nas semanas com os menores índices pluviométricos (Figura 6).

As concentrações de NO_3^- foram menores que NH_4^+ nos primeiros 15 cm nas 4 classes de chuva, em 45 cm foram superiores à NH_4^+ nas classes 2-4 e 4-6 mm e em 90 cm as concentrações de NO_3^- apresentaram valores próximos entre as classes. Para cada forma de nitrogênio não foram encontradas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as classes de chuva.

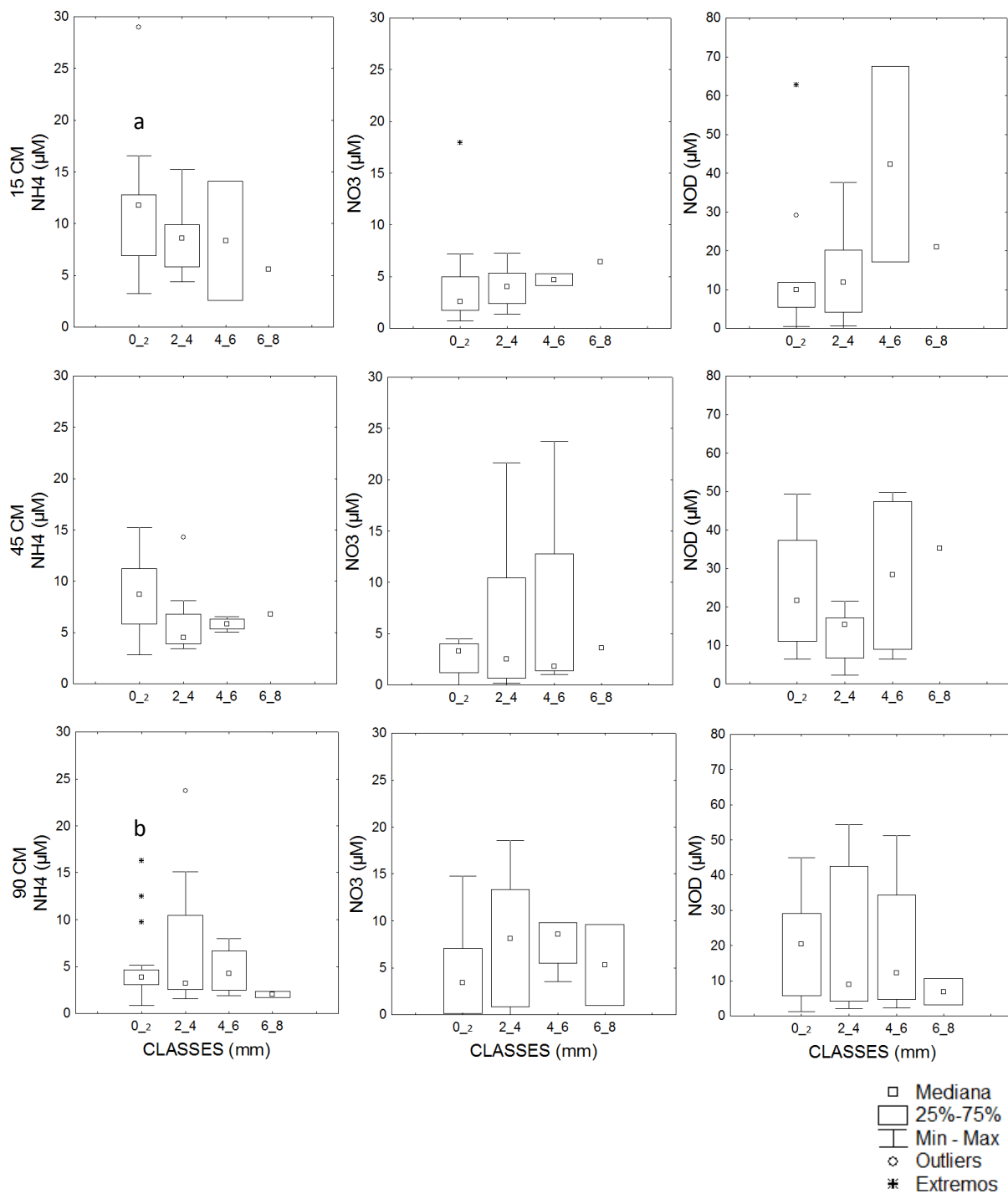


Figura 06: Concentrações de NID e NOD (μM) na solução do solo na Cabruca por classe de chuva. Letras distintas indicam valores estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

Comparando as concentrações das formas de NID na solução do solo entre as áreas de estudo, observa-se que as médias das concentrações de NH_4^+ são similares entre as áreas nas três profundidades. Quanto a NO_3^- as maiores concentrações foram observadas na floresta (Figuras 07 e 08). Foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as profundidades nas concentrações de NO_3^- na floresta e NH_4^+ na cabruca, na qual suas concentrações diminuem com o aumento da profundidade.

Na floresta a maior média das concentrações de NID e NOD foi observada em 15 cm, predominando o NO_3^- . No sistema cacau-cabruca as concentrações de NOD foram superiores a NID, registrando a maior média em 45 cm havendo um decréscimo em 90 cm.

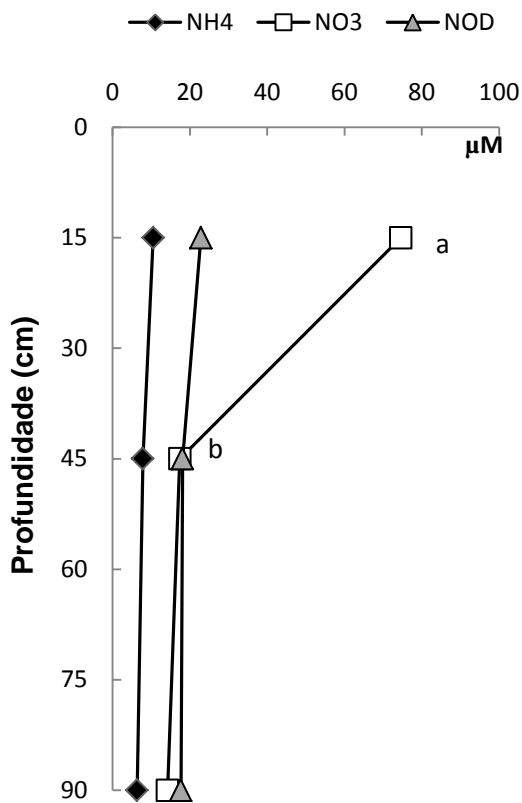


Figura 07: Média das concentrações das formas de N nas profundidades 15, 45, 90 cm na Floresta. Letras distintas indicam valores estatisticamente diferentes ($p < 0,05$)

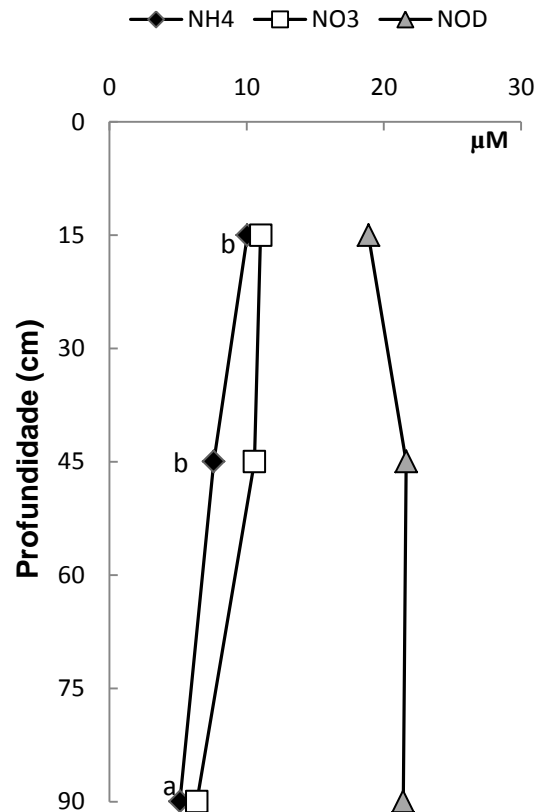


Figura 08: Média das concentrações das formas de N nas profundidades 15, 45, 90 cm na Cabruca. Letras distintas indicam valores estatisticamente diferentes ($p < 0,05$)

4.4 Concentrações de N-NH_4^+ e N-NO_3^- no solo

Das formas de N inorgânico analisadas no solo, pode-se observar na figura 09, que N-NH_4^+ predominou tanto na floresta como na cabruca, sendo encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as concentrações de N-NH_4^+ e N-NO_3^- em ambas as áreas.

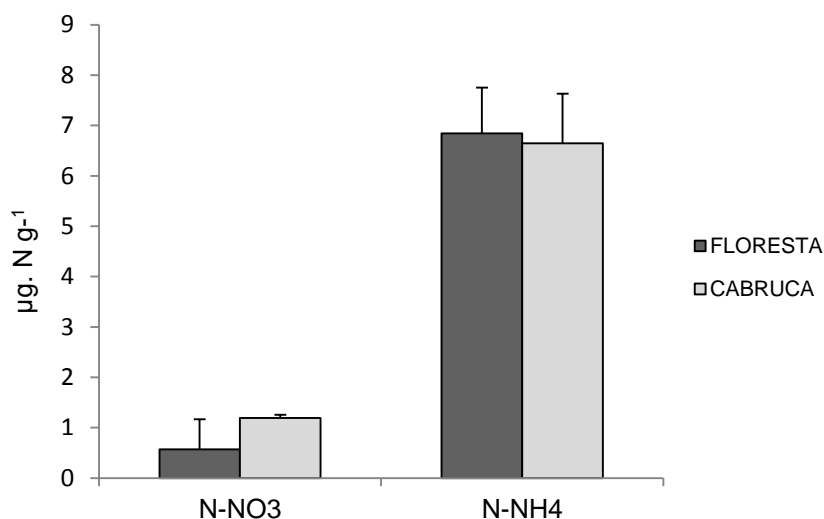


Figura 09: Concentrações de N-NH_4^+ e N-NO_3^- no solo da Cabruca e Floresta no sul da Bahia

4.5 Mineralização e Nitrificação líquida do solo

As maiores taxas de mineralização e nitrificação foram registradas na floresta comparadas ao sistema cacau – cabruca, sendo encontrada diferença significativa ($p < 0,05$) entre as taxas de mineralização das duas áreas. Pode-se observar que na floresta a taxa de mineralização foi superior a nitrificação, porém na cabruca foi observado o inverso, predominando a nitrificação (Figura 10).

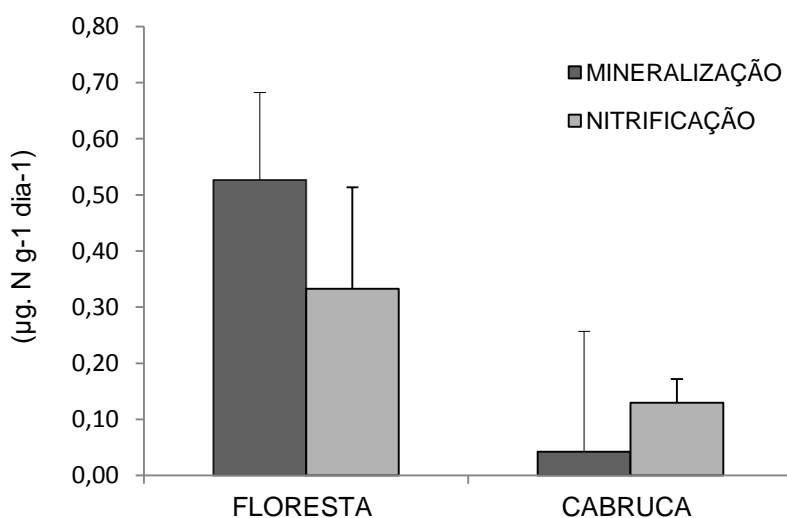


Figura 10: Taxas de mineralização e nitrificação líquida no solo do sistema cacau – cabruca e floresta no sul da Bahia

5. DISCUSSÃO

Das formas de nitrogênio analisadas NOD foi predominante no sistema cacau – cabruca e NO_3^- na floresta. O predomínio da forma inorgânica NO_3^- como observado na floresta, pode ser resultado da transferência de minerais e matéria orgânica da serapilheira que ocorre nos primeiros centímetros do solo, sendo este, portanto, um dos fatores que favorecem as maiores concentrações de NO_3^- na solução do solo nos primeiros 15 cm. Solos tropicais são altamente intemperizados, ácidos, com altas concentrações de alumínio trocável o que lhes confere baixa fertilidade e alta perda de nutrientes por lixiviação. Neste caso, a decomposição da matéria orgânica tem papel fundamental na fertilidade do solo, aumentando a CTC e liberando nutrientes essenciais para a vegetação como P, K, Na, Mg e N (Barreto et al 2006).

Quando o solo apresenta condições favoráveis, como boa drenagem e aerobiose, propicia o desenvolvimento de organismos aeróbios possibilitando a oxidação de amônio a nitrito, que por sua vez é oxidado a nitrato. Baixas concentrações de nitrito e amônio e elevadas concentrações de nitrato, são característicos de florestas tropicais, na qual não há limitação de nitrogênio para o processo de nitrificação (Neill et al 1995; Neu, 2005; Peterson et al 2001).

A nitrificação é um importante processo que influencia na composição química da solução do solo, principalmente nas camadas superiores do solo. Nas camadas mais profundas, a atividade biológica torna-se limitada influenciando nos processos de mineralização e nitrificação, ocorrendo um decréscimo nas concentrações de nitrogênio nessas camadas (Ranger et al 2001). Este padrão pode ser observado na floresta, na qual as concentrações de NID na solução do solo, principalmente de NO_3^- , diminuem com o aumento da profundidade. Sudduth et al (2013) observaram que em bacias hidrográficas não impactadas, a vegetação contribui significativamente para a remoção do nitrato nos ecossistemas, registrando diminuição das concentrações de nitrato do solo abaixo da zona de enraizamento.

As menores concentrações de NO_3^- na solução do solo no sistema cacau- cabruca comparadas à floresta, podem estar relacionadas com o esgotamento de alguns nutrientes essenciais ao longo do tempo. Nos sistemas agroflorestais cacau- cabruca, que são antigos, a serapilheira que é uma das principais fontes de nutrientes para os ecossistemas, não é suficiente para suprir essa perda (Dawoe et al 2010; Selle 2007; Vitousek 1982). Embora não tenha sido realizada análise da serapilheira nesse trabalho, vale ressaltar que os nutrientes da solução do solo estão relacionados a qualidade da matéria orgânica resultante da decomposição da serapilheira (Curvelo et al 2009). Dawoe et al (2010) constataram que a decomposição pode diminuir após a conversão de florestas para sistemas de cacau semelhantes à cabruca.

Curvelo et al (2009) registraram maiores concentrações de N tanto na serapilheira quanto na solução do solo em uma área de floresta, comparada à uma área de cacau – cabruca. Comportamento semelhante foi observado em áreas de silvicultura onde as concentrações das formas inorgânicas foram inferiores na solução do solo comparadas à floresta. Esse fato pode estar relacionado à baixa quantidade de nutrientes disponíveis no solo, e baixos níveis de nutrientes liberados através do intemperismo dos minerais do solo, ressaltando a importância do aporte de

nutrientes por mineralização da serapilheira para os ecossistemas, principalmente em silviculturas, na qual a serapilheira é escassa (Laclau et al 2003).

Baixas taxas de mineralização nas áreas de cacau-cabruca podem estar relacionadas com as baixas taxas da ciclagem biogeoquímica das folhas do cacauzeiro, apresentando baixa qualidade nutricional nas folhas decíduas, sendo essas um constituinte da matéria orgânica decomposta e mineralizada (Gama-Rodrigues e Miranda 1991). O nitrogênio absorvido pelas plantas, através da solução do solo, na forma de NO_3^- ou NH_4^+ , é incorporado à biomassa e posteriormente retorna ao solo via serapilheira, sendo os nutrientes foliares um meio alternativo de caracterizar a disponibilidade de nutrientes em florestas tropicais (Larcher 2000; Vitousek 1984).

A taxa de nitrificação registrada na floresta neste estudo, foi semelhante às taxas observadas por Silva (2012), nessa mesma área, na qual foram registradas médias entre 0,26 - 1,67 $\mu\text{g. N g}^{-1}$ dia⁻¹. Piccolo et al (1994) e Neill et al (1995, 1997, 1999) em estudos comparando área de floresta com pastagem, registraram maiores taxas de mineralização e nitrificação na floresta, concluindo que quando a floresta é convertida em pasto, as mudanças que ocorrem nessas taxas refletem na biogeoquímica do nitrogênio e na fertilidade da pastagem ao longo do tempo. Essas taxas nas pastagens tendem a diminuir com a idade dos pastos, como as pastagens mais velhas passaram a dominar as regiões desmatadas na Amazônia, a ciclagem de N total nos solos dessa região tende a diminuir (Neill et al 1999). No sistema cacau- cabruca também foram observadas diferenças entre as taxas de mineralização e nitrificação comparadas com as taxas da floresta, podendo ser um indicativo de que as concentrações também diminuiriam ao longo do tempo, sendo este um sistema antigo na região sul da Bahia.

Solos argilosos com elevadas concentrações de carbono orgânico total apresentam altas taxas de nitrificação e mineralização. Baixas taxas desses processos foram registradas em pastagens na região amazônica, na qual há o predomínio de solos argilosos, sugerindo que outros fatores influenciaram as concentrações de nitrogênio no solo depois da criação da pastagem (Neill et al 1997). No presente estudo, baixas taxas de nitrificação e mineralização também foram registradas no sistema cacau – cabruca, embora o solo da região seja caracterizado por Argissolo, considerado um solo fértil devido ao elevado teor de argila. O solo da área de cabruca apresentou maior teor de argila comparado à floresta e maiores concentrações de alguns nutrientes importantes para a fertilidade como P, Ca^{2+} e Mg^{2+} , além de alta acidez potencial (H+Al) e saturação por bases. A elevação dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} nesse sistema, pode indicar o uso de corretivos que são utilizados para redução da acidez e aumento da fertilidade (Chepote et al 2005). Dessa forma, é provável que a fertilidade do solo no sistema de cacau - cabruca seja mantida pela aplicação desses corretivos. Diferenças entre áreas preservadas e sistemas de cacau, também foram observadas em latossolos em uma microbacia do Rio Una (sul da Bahia) que apresentaram maiores concentrações de saturação por bases, Ca^{2+} e Mg^{2+} na área de cacau (Barreto et al 2006).

Quanto às formas inorgânicas de nitrogênio na superfície do solo, observa-se que as concentrações de N-NH_4^+ foram superiores a N-NO_3^- , sendo este resultado registrado em outros estudos em florestas tropicais (Piccolo et al 1994; Silva 2005; Silva 2012). As concentrações de N-NH_4 no solo foram similares entre as áreas, porém a taxa de mineralização líquida na floresta foi

superior à cabruca. Sendo assim, pode-se inferir que as condições que favorecem esse processo, como atividades microbianas associadas às condições ambientais como, temperatura, umidade, aeração podem não estar sendo eficientes no sistema cacau - cabruca, refletindo na disponibilidade de NH_4^+ no ecossistema. Zaia et al (2012) registraram em Latossolo na região sul da Bahia, menores taxas desses processos na cabruca comparada a uma floresta natural, porém o sistema cacau – cabruca apresentou grande capacidade em armazenar C orgânico, N total, biomassa microbiana, e N mineralizável o que contribui para melhorar a qualidade do solo.

A umidade do solo pode ser um controlador importante das formas de nitrogênio inorgânico e das taxas de mineralização e imobilização do N do solo. O processo de amonificação geralmente é menos sensível a ambientes com solos mais secos comparados à nitrificação (Al-Ismaily 2004). Períodos de seca podem favorecer a mineralização do N e conseqüentemente as concentrações de amônio seriam mais elevadas (Peterjohn e Correll 1984; Luizão et al 1992; Neill et al 1995). No presente estudo pode-se observar que as concentrações de amônio foram mais elevadas nas semanas correspondentes a menor classe de chuva (0-2 mm).

AL-Ismaily (2004) em um estudo com umidade do solo observou que em solos mais úmidos as concentrações de NH_4^+ são inferiores quando comparadas em solos secos. Nos tratamentos com baixa umidade foram observadas baixas taxas de nitrificação, resultando no acúmulo de NH_4^+ no solo, elevando as concentrações de NH_4^+ na solução do solo, como observado no presente estudo nas semanas menos chuvosas.

6. CONCLUSÃO

- Na floresta as concentrações de NO_3^- apresentaram-se elevadas nos primeiros 15 cm do solo devido os processos de nitrificação.
- Em profundidades mais elevadas a diminuição das atividades biológicas e a retirada dos nutrientes pelas plantas diminuem as concentrações de N na solução do solo.
- Baixas concentrações de NID na solução do solo no sistema cacau – cabruca estão associadas às baixas taxas de mineralização e nitrificação, sendo estes processos dependentes de boas condições do ambiente, como temperatura, umidade, aeração e qualidade da matéria orgânica, associadas às atividades microbianas.
- Foram observadas diferenças nas concentrações das formas de N entre as áreas de floresta e cabruca.

7. REFERÊNCIAS

- Al-ismaily S, (2004) Nitrogen mineralization of manure-amended soil: effects of salinity and moisture content. Dissertation of PHD, University of Arizona
- Argôlo LMH (2009) Avaliação de genótipos de *Heliconia spp.* sob cultivo a pleno sol e cabruca. Dissertação de mestrado. UESC
- Barreto PAB, Gama-Rodrigues EF, Fontes AG, Polidoro JC, Machado RCR, Baliga VC (2010) Distribution of oxidizable organic C fractions in soils under cacao agroforestry systems in Southern Bahia, Brazil. *Agroforest Syst* 81: 213–220
- Barreto AC, Lima FHS, Freire MBGS, Araújo QR, Freire FJ (2006) Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. *Revista Caatinga* 19: 415-425
- Beltrame AV (1994) Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação. UFSC, Florianópolis
- Brasil, Ministério do Meio Ambiente (2004) Revisão do Zoneamento Ecológico- Econômico: APA Costa de Itacaré-Serra Grande. Instituto de Estudos Sócio - Ambientais do Sul da Bahia
- Chapin FS III, Matson PA, Mooney HA (2002) Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer
- Chepote RE, Sodrê GA, Reis EL, Pacheco RG, Marrocos PCL Serôdio MHCF, Valle RR (2005) Recomendações de corretivos e fertilizantes na cultura do cacau no sul da Bahia - 2ª aproximação. CEPLAC/CEPEC pp36
- Curvelo K, Calasans NA, Lobão DE, Sodrê GA, Pereira JM, Marrocos PCL, Barbosa JW, Valle RR (2009) Aporte de nutrientes na serapilheira e na água do solo em cacau-cabruca, floresta secundária e pastagem. *Agrotrópica* 21: 55-64
- Dawoe EK, Isaac ME, Quashie-as J (2010) Litterfall and litter nutrient dynamics under cocoa ecosystems in lowland humid Ghana. *Plant Soil* 330: 55–64
- Espíndola ELG, Vila JSV, Marinelli CE, Abdon MM (2000) A bacia hidrográfica do Rio Monjolinho. Rima, São Carlos - SP
- Faria Filho AF (2000) Zoneamento do meio físico como subsídio ao planejamento agroecológico no município de Ilhéus – Bahia. Monografia, UESC

Fernandes CAS (2008) Avaliação da qualidade do solo em áreas de cacau cabruca, mata e policultivo no sul da Bahia. Dissertação de mestrado, UESC

Gama-Rodrigues AC, Miranda RCC (1991) Efeito da chuva na liberação de nutrientes do folheto num agrossistema de cacau do sul da Bahia. *Pesq Agropec Bras* 26: 1345-1350

Gama-Rodrigues EF, Nair PKR, Nair VD, Gama-Rodrigues AC, Baligar VC, Machado RCR (2010) Carbon Storage in Soil Size Fractions Under Two Cacao Agroforestry Systems in Bahia, Brazil. *Environ Manag* 45: 274–283

Grasshoff K, Erhardt M, Kremling K (1983) *Methods of seawater analysis*. Weinheim, Verlag Chemie

Hartemink AE (2005) Nutrient stocks, nutrient cycling, and soil changes in cocoa ecosystems: A review. *Adv Agron* 86: 227–253

Hill AR, Shackleton M (1989) Soil N mineralization and nitrification in relation to nitrogen solution chemistry in a small forested watershed. *Biogeochemistry* 8: 167-184

Jordan CF, Kline JR (1972) Mineral cycling: some basic concepts and their application in a tropical rain forest. *Annu Rev Ecol Syst* 3: 33-50

Laclau JP, Ranger J, Nzila JD, Bouillet JP, Deleporte P (2003) Nutrient cycling in a clonal stand of Eucalyptus and an adjacent savanna ecosystem in Congo 2. Chemical composition of soil solutions. *Forest Ecol and Manag* 180:527–544

Larcher W. (2000) *Ecofisiologia Vegetal*. E. P. U., São Paulo

Luizão RC, Bonde TA, Rosswall T (1992) Seasonal variation of soil microbial biomass – the effect of clearfelling a tropical rainforest and establishment of pasture in the central Amazon. *Soil Biol and Biochem* 24: 805-813

Marques R, Ranger J, Gelhaye D, Pollier B, Ponette Q, Goedert O (1996) Comparison of chemical composition of soil solutions collected by zero-tension plate lysimeters with those from ceramic-cup lysimeters in a forest soil. *Eur. J. Soil Sci* 3: 407–417

Miranda J, Costa LM, Ruiz HA, Einloft R (2006) Composição química da solução de solo sob diferentes coberturas vegetais e análise de carbono orgânico solúvel no deflúvio de pequenos cursos de água. *R. Bras. Ciência do Solo* 30: 633-647

McClain ME, Elsenbeer H (2001) Terrestrial Inputs to Amazon Streams and Internal Biogeochemical Processing In: McClain ME, Victoria RL, Richey JE (Ed.) The biogeochemistry of the amazon basin. Oxford, University Press. pp 185- 208

Mulholland PJ (1992) Regulation of nutrient concentrations in a temperate forest stream: Roles of upland, riparian, and in stream processes. *Limnology and oceanography* 37: 1512 – 1526

Neill C, Piccolo MC, Steudler PA, Melillo JM, Feigl BJ, Cerri CC (1995) Nitrogen dynamics in soils forests and active pasture in the western Brazilian Amazon Basin. *Soil Biol and Biochem* 27: 1167-1175

Neill C, Piccolo MC, Cerri CC, Steudler PA, Melillo JM, Brito M (1997) Net nitrogen mineralization and net nitrification rates in soils following deforestation for pasture across the southwestern Brazilian Amazon Basin landscape. *Oecologia* 110: 243-252

Neill C, Piccolo MC, Melillo JM, Steudler PA, Cerri CC (1999) Nitrogen dynamics in Amazon forest and pasture soil measured by ¹⁵N pool dilution. *Soil Biol and Biochem* 31: 567-572

Neu V (2005) Influencia da cobertura vegetal na ciclagem de nutrientes via solução do solo na região de Manaus – AM Dissertação de Mestrado ESALQ/USP

Ntiamoah A, Afrane G (2008) Environmental impacts of cocoa production and processing in Ghana: life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production* 16:1735-1740

Peterjohn WT and Correll DL (1984) Nutrient Dynamics in an Agricultural Watershed: Observations on the Role of A Riparian Forest. *Ecology* 65: 1466-1475

Peterson BJ, Wollheim WM, Mulholland PJ, Webster JR, Meyer JL, Tank JL, Marti E, Bowden WB, Valett HM, Hershey AE, McDowell WH, Dodds WK, Hamilton SK, Gregory S, Morrall DD (2001) Control of Nitrogen Export from Watersheds by Headwater Streams. *Science* 292: 86

Pinto NLS, et. al (1976) *Hidrologia Básica*. Edgar Blucher Ltda, São Paulo

Piccolo MC, Neill C, Cerri, CC (1994) Net nitrogen mineralization and net nitrification along a tropical forest-to-pasture chronosequence. *Plant and Soil* 162: 61-70

Ranger J, Marques R, Jussy JH (2001) Forest soil dynamics during stand development assessed by lysimeter and centrifuge solutions. *Forest Ecol and Manag* 144: 129 – 145

Ruhoff AL, Pereira RS (2004) Gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas: Representações computacionais do ciclo hidrológico em Sistemas de Informações Geográficas Geosul 19: 185-205

Sambuichi RHR (2002) Fitossociologia e diversidade de espécies arbóreas em cabruca (Mata Atlântica raleada sobre plantação de cacau) na região sul da Bahia, Brasil. Acta bot. bras 16: 89-101

Sambuichi RHR (2006) Estrutura e dinâmica do componente arbóreo em área de cabruca na região cacauzeira do sul da Bahia, Brasil. Acta bot. bras 20: 943-954

Santos A, Ribeiro MNG (1975) Nitrogênio na água do solo do ecossistema Campina Amazônica. Acta Amazonica. 5: 173-182

Santos MLS (2009) Estabelecimento e crescimento de mudas de *Euterpe edulis* em três ambientes florestais. Dissertação de mestrado, UESC

Selle GL (2007) Nutrient cycling in forest ecosystems. Review Article. Biosci. J. Uberlândia 23: 29-39

Semarh (2012) Parque Estadual da Serra do Conduru: importância do Parque Estadual da Serra do Conduru <<http://www.semarh.ba.gov.br/conteudo.aspx?s=PESERRAC&p=PARQUEST>> Acessado em 04 de Março de 2012

Silva DML (2005) Dinâmica de nitrogênio em microbacias do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo

Silva LP (2012) Dinâmica de nitrogênio em microbacias em remanescentes de Mata Atlântica (Itacaré-Uruçuca/Ba). Dissertação de mestrado, UESC

Silva Moço M K, Gama-Rodrigues EF, Gama-Rodrigues AC, Machado RCR, Baligar VC (2009) Soil and litter fauna of cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. Agroforest Syst 76: 27–138

Sudduth EB, Perakis SS, Bernhardt ES (2013) Nitrate in watersheds: Straight from soils to streams? Journal of geophysical research: Biogeosciences 118: 1–12 doi:10.1002/jgrg.20030, 2013

Vitousek PM (1982) Nutrient cycling, and use efficiency. The American Naturalist 4: 553-572

Vitousek PM (1984) Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forest. Ecology 65: 285–29

Vitousek PM, Sanford R L (1986) Nutrient cycling in Moist Tropical Forest. Annu Rev Ecol Syst 17: 137-167

Zaia, FC, Gama-Rodrigues AC, Gama-Rodrigues EF, Moço MKS, Fontes AG, Machado RCR, Baligar VC (2012) Carbon, nitrogen, organic phosphorus, microbial biomass and N mineralization in soils under cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. *Agroforest Syst* 86:197–212

8. NORMAS PARA SUBMISSÃO DA REVISTA - Agroforestry System

Instructions for Authors

Manuscript submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times.

Title Page

The title page should include:

The name(s) of the author(s)

A concise and informative title The affiliation(s) and address(es) of the author(s) The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

TEXT FORMATTING

Manuscripts should be submitted in Word.

Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text. Use italics for emphasis. Use the automatic page numbering function to number the pages. Do not use field functions. Use tab stops or other commands for indents, not the space bar. Use the table function, not spreadsheets, to make tables. Use the equation editor or MathType for equations. Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables. Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols. Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

SCIENTIFIC STYLE

Please always use internationally accepted signs and symbols for units (SI units).

SCIENTIFIC STYLE

Genus and species names should be in italics.

REFERENCES

Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990). This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996). This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999).

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list. Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work.

Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted: Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 965:325–329

Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med.* doi:10.1007/s001090000086

Book

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

Book chapter

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

Online document

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

Dissertation

Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure*. Dissertation, University of California

TABLES

All tables are to be numbered using Arabic numerals.

Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.

For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.

Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.

Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

ARTWORK AND ILLUSTRATIONS GUIDELINES

For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

Electronic Figure Submission

Supply all figures electronically.

Indicate what graphics program was used to create the artwork. For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable. Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files. Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Halftone Art

Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc. If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves. Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

Combination Art

Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc. Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

Color art is free of charge for online publication. If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent. If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions. Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts). Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt). Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label. Avoid effects such as shading, outline letters, etc. Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

All figures are to be numbered using Arabic numerals. Figures should always be cited in text in consecutive numerical order. Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.). If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file. Figure captions begin with the term **Fig.** in bold type, followed by the figure number, also in bold type. No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption. Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs. Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

When preparing your figures, size figures to fit in the column width. For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm. For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware) Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements) Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1