



MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI  
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS – PPGCA

JOELMA DEZINCOURT DIAS

DINÂMICA DO AMÔNIO E NITRATO EM SOLOS  
CONSORCIADOS COM PLANTIOS DE PARICÁ (*Schizolobium  
Amazonicum*) EM AURORA DO PARA, PARÁ

BELÉM-PA  
2008

JOELMA DEZINCOURT DIAS

DINÂMICA DO AMÔNIO E NITRATO EM SOLOS  
CONSORCIADOS COM PLANTIOS DE PARICÁ (*Schizolobium  
Amazonicum*) EM AURORA DO PARÁ, PARÁ

Dissertação apresentada para a  
obtenção do grau de mestre em Ciências  
Ambientais, pelo Instituto de Geociências  
da Universidade Federal do Pará em  
convênio com o Museu Paraense Emílio  
Goeldi e EMBRAPA Amazônia Oriental.  
Área de concentração: Ecossistema e  
Uso da terra.

Orientador: Dr. Cláudio José Reis de  
Carvalho

BELÉM-PA  
2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)  
Biblioteca Geól. Rdº Montenegro G. de Montalvão

---

Dias, Joelma Dezincourt

D541d Dinâmica do Amônio e Nitrato em Solos Consorciados com Plantios de Paricá (*Schizolobium Amazonicum*) em Aurora do Para, Pará/ Joelma Dezincourt Dias. – 2008

78 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emilio Goeldi e EMBRAPA, Belém, 2008.

Orientador, Cláudio José Reis de Carvalho.

1. Biogeoquímica. 2. Paricá. 3. Amônio. 4. Nitrato. 5. Tramontina. 6. Aurora do Pará (PA). I. Universidade Federal do Pará. II. Carvalho, Cláudio José Reis de, Orientador III. Título.

CDD 20º ed.:574.5222098115

---

JOELMA DEZINCOURT DIAS

DINÂMICA DO AMÔNIO E NITRATO EM SOLOS  
CONSORCIADOS COM PLANTIOS DE PARICÁ (*Schizolobium  
Amazonicum*) EM AURORA DO PARÁ, PARÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em convênio com EMBRAPA-Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Data de Aprovação: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr Cláudio José Reis de Carvalho – Orientador  
Doutor em Ecofisiologia Vegetal  
Universidade de Paris XI (Paris-Sud)  
EMBRAPA Amazônia Oriental

---

Prof. Dr. Leonardo Deane de Abreu Sá  
Doutor em Física da Atmosfera  
Universite de Toulouse III (Paul Sabatier)  
CPTec-INPE; MPEG

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Aurora Santos da Mota  
Doutora em Meteorologia  
Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais  
Universidade Federal do Pará

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Iracema Maria Castro Coimbra Cordeiro  
Doutora em Ciências Agrárias (Recursos florestais)  
Universidade Federal Rural da Amazônia  
Empresa Tramontina Belém S.A

Dedico este trabalho aos meus  
pais *Geraldo* (in memoriam) e  
*Doralice*.

E ofereço

Aos meus Irmãos (*Jefferson*,  
*Jadson*, *Jaqueline* e *Jackson*) e aos  
Sobrinhos (*Karoline*, *Pedro* e *Camila*).

## AGRADECIMENTOS

Mais uma etapa chega a ser concluída...Tenho tanto para agradecer a muita gente....

A Deus primeiramente por ter me dado força e coragem para enfrentar os desafios do dia-a-dia.

Ao Dr. Cláudio Carvalho meu orientador por todas as oportunidades.

Ao Dr. Steel Vasconcelos pelas grandes contribuições dada ao trabalho. Sendo em campo, ou em laboratório.

A Dra. Iracema cordeiro, pela facilitação da nossa entrada na área de estudo e por todas as contribuições no trabalho.

A empresa Tramontina S.A pela área cedida para a realização do estudo e por todas as facilidades prontamente oferecidas.

Aos trabalhadores da fazenda Tramontina (Guilherme, Voni, D. Maria) por toda a colaboração.

Ao BECA pela concessão da Bolsa de mestrado. E a toda equipe do programa IIEB-BECA.

Aos docentes do curso de Ciências ambientais.

Ao Professor Leonardo pelos grandes ensinamentos, pelas grandes contribuições e pela nossa amizade.

Ao Adnaldo e Marcia do LBA, sempre tão dispostos a me ajudarem no que fosse preciso, que profissionalismo heim gente...

Aos técnicos do laboratório de ecofisiologia que me ajudaram bastante nas análises se não fossem eles, não seria possível a realização desse estudo (Jorge, Teresa, Cleo, Ivanildo, Helieth, Fabiano). Aos estudantes da Eco que sempre tornavam a convivência do laboratório mais animada (Tassio, Carol, Matheus, Keith, Thiago, Lazaro, Deborah, Sofia e Fabiano). Ao Antonio Kledson por toda a convivência e dedicação ao trabalho desde início. Ao Bruno Serrão pela dedicação e paciência comigo nas horas estressantes dos cálculos.

A Fátima e família por terem sido tão generosos comigo e com minha família nessa fase. A Fátima e Walter em especial por serem pessoas tão grandiosas e de um coração tão bondoso.

A família Castiglioni (Melzinha, Mel, Mari e Lucio Filho) gente vocês não sabem como vocês foram importante nessa fase.

Ao casal mais harmônico que eu já conheci e que tive o prazer de conviver durante todo esse mestrado (Hardiney e Andressa) que lindos vocês dois, obrigada pela hospitalidade.

Aos amigos do mestrado, que passaram pela minha vida e que tem um lugarzinho especial no meu coração (Andressa, Flérida, Homero, Antonio, Harumi, Cibele, Dani).

Aos santarenos que compartilhavam comigo a nostalgia da terrinha (Cibele, Williams, Helieth, Lázaro, Andréa).

As amigas mormaçoiras, relicarianas que sempre quando eu estava tristonha ou estressada davam um jeito qualquer de me colocar de alto astral (Helline, Layra, Mel, Bia, Gabi).

A tia Antonia e a Helem que me acolheram logo no início sem qualquer objeção.

Aos amigos distantes que mesmo longe, tinha certeza que vibravam a cada conquista (Tatiane, Jú, Layanna, Sabrina, Guto, Lorena, Gina, Alessandro).

A minha família, em especial ao meu eterno Geraldinho (in Memoriam) e a Doralice por todos os ensinamentos, força e coragem que me foram repassados, ao longo dessa caminhada, aos meus maninhos (Jefferson, Jadson, Jaqueline, Jackson); cunhadas (Kiara, Melzinha) aos sobrinhos mais lindos do mundo (Carolzinha, Pedrinho e Camila) e aos tios que sempre vibravam a cada conquista em especial tia Celeste, tio Boni, tio Eduardo e tia Mariazinha. Mesmo com toda essa distância vocês sempre estiveram presentes em todos os momentos vividos aqui.

Mãe, pai, maninhos, sobrinhos, tio(a)s, amigo(a)s...

Muito obrigada!!!

## RESUMO

Com o objetivo de obter conhecimento da dinâmica do nitrogênio em solo sob as formas de N-mineral: amônio e nitrato de 3 diferentes áreas cultivadas com o paricá, paricá x freijó (PF), paricá x mogno (PM), paricá x curauá x freijó (PCF) e floresta secundária, foi avaliado as taxas líquidas de mineralização e nitrificação, estoques de carbono e nitrogênio, pH, urease, respiração basal e parâmetros físicos (densidade e porosidade total). O estudo foi realizado no nordeste paraense no município de Aurora do Pará, na fazenda da empresa Tramontina, S.A, nos meses de outubro e novembro de 2007, representando o período seco, e janeiro e março de 2008 representando o período chuvoso. Nas duas áreas cultivadas da fazenda e na floresta secundária as amostras para as análises química e física foram retiradas nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Para as taxas líquidas de mineralização os maiores valores ocorreram na estação seca, este resultado foi observado para todas as áreas de cultivo. Para as taxas líquidas de nitrificação os maiores valores ocorreram no mês de outubro de 2007 nas áreas de capoeira e paricá x curauá x freijó e no mês de março nas áreas de Paricá x mogno (PM) e paricá x freijó (PF). Os valores para as taxas líquidas de nitrificação mostram que ocorreu interação significativa entre tratamento e estação. Os valores do estoque de carbono para todas as áreas na estação seca variaram de 11-17 Mg/ha e na estação chuvosa de 15-25 Mg/ha. Os valores para o estoque de nitrogênio variaram de 0,78-1,80 Mg/ha na estação seca e de 0,76-1,47 Mg/ha na estação chuvosa. A relação C/N para todos os sistemas ficou por volta de 15/1 indicando um rápido processo de decomposição da matéria orgânica nesses solos.

Palavras-chave: Mineralização, nitrificação, paricá, curauá, freijó, capoeira

## ABSTRACT

To obtain knowledge of the dynamics of nitrogen in soil in the forms of mineral-N: ammonium and nitrate from 3 different areas cultivated with paricá, paricá x freijó (PF), mahogany x paricá (PM), paricá x curauá x freijó (PCF) and secondary forest, was estimated rates of net mineralization and nitrification, stocks of carbon and nitrogen, pH, urease, basal respiration and physical parameters (density and total porosity). The study was conducted in northeastern Para in the city of Aurora do Para, in the farm business Tramontina SA, in October and November of 2007, representing the dry season, while January and march representing the rainy season. In all areas of the farm cultivated samples for chemical and physical analysis were taken at depths of 0-10, 10-20 and 20-30 cm. For net mineralization of the highest values occurred in the dry season, this result was observed for all areas of cultivate. For net nitrification of the highest values occurred in October 2007 in the areas of secondary forest and paricá x curauá x freijó and the month of March in the areas of mahogany x paricá (PM) and paricá x freijó (PF). The values for the rates of net nitrification showed that there was significant interaction between treatment and season. The values of carbon stocks for all areas in the dry season varied from 11-17 Mg/ha and in the rainy season of 15-25 Mg/ha. The values for the storage of nitrogen varied from 0,78-1,80 Mg/ha in the dry season and 0,76-1,47 Mg/ha in the rainy season. The relation C/N for all systems was around 15/1 indicating a rapid process of decomposition of organic matter in soils.

Key-words: Mineralization. Nitrification. Paricá. Curauá. Freijó. Capoeira.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Detalhe do tronco adulto.....	22
Figura 2	Folha composta, fruto e sementes.....	22
Figura 3	Fruto do curauá.....	26
Figura 4	Plantio de curauá.....	26
Figura 5	Detalhe do tronco adulto.....	28
Figura 6	Superfície interior das folhas e flores.....	28
Figura 7	Detalhe do tronco adulto.....	30
Figura 8	Folha composta, folíolo, fruto.....	30
Figura 9	Mineralização do Nitrogênio.....	33
Figura 10	Mapa de localização geográfica da Fazenda Tramontina em Aurora do Pará-Pará.....	35
Figura 11	Temperatura e precipitação da Fazenda Tramontina de 2007.....	36
Figura 12	Sistemas de cultivo da Fazenda Tramontina S/A.....	37
Figura 13	Delineamento experimental dos sistemas de cultivo com o paricá na Fazenda Tramontina S/A em Aurora do Pará, Pará.....	38
Figura 14	Vista da área de separação dos sistemas de cultivo da Fazenda Tramontina.....	39
Figura 15	Médias estimadas da densidade aparente e os respectivos desvios-padrões para capoeira C; paricá x curauá x freijó PCF; paricá x mogno PM; paricá x freijó PF.....	48
Figura 16	Médias estimadas da porosidade total para capoeira (C); paricá x curauá x freijó (PCF); paricá x mogno (PM); paricá x freijó (PF).....	49
Figura 17	Valores médios de pH para capoeira(C); paricá x curauá x freijó (PCF); paricá x mogno (PM); paricá x freijó (PF).....	52
Figura 18	Valores médios e respectivos desvios-padrões de $\text{NH}_4^+$ e $\text{NO}_3^-$ para estação seca e chuvosa em Capoeira (C); paricá x curauá x freijó (PCF); paricá x mogno (PM); paricá x freijó (PF).....	57
Figura 19	Valores médios e respectivos desvios-padrões de $\text{NH}_4^+$ e $\text{NO}_3^-$ para Capoeira (C); paricá x curauá x freijó (PCF); paricá x mogno (PM); paricá x freijó (PF).....	58

Figura 20	Valores médios das taxas de mineralização e nitrificação nas estações seca e chuvosa para Capoeira (C); paricá x curauá x freijó (PCF); paricá x mogno (PM); paricá x freijó (PF).....	62
Figura 21	Valores médios das taxas de mineralização e nitrificação para Capoeira (C); paricá x curauá x freijó (PCF); paricá x mogno (PM); paricá x freijó (PF).....	63
Figura 22	Atividade da enzima urease em Capoeira (C); paricá x curauá x freijó (PCF); paricá x mogno (PM); paricá x freijó (PF).....	64
Figura 23	Médias sazonais e respectivos desvios de Respiração Basal em Capoeira (C); paricá x curauá x freijó (PCF); paricá x mogno (PM); paricá x freijó (PF).....	66

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores médios de densidade e porosidade total do solo em diferentes profundidades.....	47
Tabela 2	Valores médios de umidade do solo em diferentes profundidades e tratamento.....	50
Tabela 3	Valores médios de pH (H <sub>2</sub> O) do solo em diferentes profundidades.....	52
Tabela 4	Teores médios dos elementos químicos do solo antes da implantação dos Sistemas florestais. Campo experimental Tramontina Belém S.A, Aurora do Pará (PA),.....	53
Tabela 5	Teores médios dos elementos químicos do solo após 3 anos de implantação dos Sistemas Florestais. Campo experimental Tramontina Belém S.A, Aurora do Pará (PA), 2007.....	53
Tabela 6	Efeitos dos tratamentos, profundidades (0-10, 10-20, 20-30 cm) e estações nos estoques de N-inorgânico na Fazenda Tramontina.....	56
Tabela 7	Médias N-inorgânico, das taxas líquidas de mineralização e nitrificação para os tratamentos estudados.....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**Al<sup>3+</sup>**: Alumínio  
**BECA**: Bolsa de estudo para conservação da Amazônia  
**C**: Carbono  
**°C**: Grau (s) celsius  
**Ca<sup>2+</sup>**: Cálcio  
**CO<sub>2</sub>**: Dióxido de carbono  
**C/N**: Carbono/Nitrogênio  
**CVRD**: Companhia Vale do Rio Doce  
**DAP**: Diâmetro a altura do Peito  
**EDTA**: Ácido etilenodiaminotetracético  
**EMBRAPA**: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
**g**: grama  
**H<sup>+</sup>**: Hidrogênio  
**HCL**: Acido clorídrico  
**IBDF**: Instituto Brasileiro Florestal  
**IBGE**: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
**K<sup>+</sup>**: Potássio  
**KCL**: Cloreto de Potássio  
**Kg**: Quilograma  
**Mg<sup>2+</sup>** : Magnésio  
**mg**: Miligrama  
**mL**: Mililitros  
**mm**: Milímetro  
**MO**: Matéria orgânica  
**MPEG**: Museu Paraense Emílio Goeldi  
**N**: Nitrogênio  
**Na**: Sódio  
**nm**: Namômetro  
**NaOH**: Hidróxido de sódio  
**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**: Amônio  
**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**: Nitrato  
**P**: Fósforo  
**pH**: Potencial hidrogeniônico  
**%**: Percentagem  
**PNUD**: Programa de desenvolvimento das nações unidas  
**Prodepef**: Projeto de desenvolvimento e pesquisa florestal  
**PS**: Peso seco da amostra em gramas  
**PU**: Peso úmido da amostra em gramas  
**SAFs**: Sistemas agroflorestais  
**U%**: Porcentagem da umidade presente na amostra de solo  
**UFPA**: Universidade Federal do Pará  
**UFRA**: Universidade Federal Rural da Amazônia  
**UFSCAR**: Universidade Federal de São Carlos  
**UNICAMP**: Universidade de Campinas  
**µg**: microgramas

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	OBJETIVOS.....	19
2.1	OBJETIVO GERAL.....	19
2.1.1	Objetivos específicos.....	19
3	ELEMENTOS TEÓRICOS.....	20
3.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PARICÁ, CURAUÁ, FREIJÓ E MOGNO.....	20
3.1.1	Paricá ( <i>Schizolobium amazonicum huber ex Ducke</i> ).....	20
3.1.1.2	IDENTIFICAÇÃO.....	21
	Classe.....	21
	Família.....	21
	Nomes vulgares.....	21
	Uso da espécie.....	21
	Descrição botânica.....	21
	Floração e frutificação.....	23
	Ecologia.....	23
	Fitossanidade.....	23
3.1.2	Curauá ( <i>Ananas comosus erectifolius</i> ).....	24
3.1.1.3	IDENTIFICAÇÃO.....	25
	Classe.....	25
	Família.....	25
	Nomes vulgares.....	25
	Uso da espécie.....	25
	Descrição botânica.....	25
	Floração e frutificação.....	26
	Ecologia.....	26
	Fitossanidade.....	26
3.1.3	Freijó ( <i>Cordia goeldiana Huber</i> ).....	27
3.1.1.4	IDENTIFICAÇÃO.....	27
	Classe.....	27
	Família.....	27

	<b>Nomes vulgares.....</b>	27
	<b>Uso da espécie.....</b>	28
	<b>Descrição botânica.....</b>	28
	<b>Floração e frutificação.....</b>	29
	<b>Ecologia.....</b>	29
<b>3.1.4</b>	<b>Mogno (<i>Swietenia macrophylla</i>).....</b>	29
<b>3.1.1.5</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO.....</b>	30
	<b>Classe.....</b>	30
	<b>Família.....</b>	30
	<b>Nomes vulgares.....</b>	30
	<b>Uso da espécie.....</b>	30
	<b>Descrição botânica.....</b>	30
	<b>Floração e frutificação.....</b>	30
	<b>Ecologia.....</b>	31
	<b>Fitossanidade.....</b>	31
<b>3.2</b>	<b>NITROGÊNIO NO SOLO.....</b>	32
<b>3.2.1</b>	<b>Formas inorgânicas nitrato e amônio.....</b>	32
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	35
<b>4.1</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	35
<b>4.1.1</b>	<b>Delineamento experimental.....</b>	36
<b>4.2</b>	<b>AMOSTRAGEM.....</b>	40
<b>4.2.1</b>	<b>Solo.....</b>	40
<b>4.3</b>	<b>ANÁLISE DAS AMOSTRAS.....</b>	40
<b>4.3.1</b>	<b>Caracterização física.....</b>	40
<b>4.3.1.1</b>	Densidade aparente do solo.....	40
<b>4.3.1.2</b>	Porosidade.....	41
<b>4.3.1.3</b>	Umidade.....	41
<b>4.3.2</b>	<b>Caracterização química.....</b>	42
<b>4.3.2.1</b>	Preparo das amostras.....	42
<b>4.3.2.2</b>	Nitrogênio inorgânico.....	42
<b>4.3.2.3</b>	Carbono e nitrogênio total.....	43
<b>4.3.2.4</b>	Urease.....	43
<b>4.3.2.5</b>	Respiração basal.....	43

4.3.2.6	Estoque de carbono e nitrogênio.....	44
4.3.2.7	pH do solo em água.....	44
4.4	ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	45
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>46</b>
5.1	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA.....	46
5.1.1	<b>Densidade aparente do solo e porosidade total.....</b>	<b>46</b>
5.1.2	<b>Umidade.....</b>	<b>50</b>
5.2	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA.....	50
5.2.1	pH do solo em água.....	50
5.2.2	Nitrogênio mineral (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> e NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	54
5.2.3	Taxas líquidas de mineralização e nitrificação.....	59
5.2.4	Urease.....	64
5.2.5	Respiração basal.....	65
5.2.6	Estoques de carbono e nitrogênio Total (Mg/ha).....	66
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>69</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>70</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O solo está entre os sistemas biológicos mais complexos do globo. É considerado o receptáculo final dos resíduos orgânicos tanto de origem vegetal, animal quanto dos produtos de suas transformações (MOREIRA; SIQUEIRA 2006). A vegetação é a principal responsável pela deposição de materiais orgânicos no solo, especialmente através da queda de material do dossel, formando dessa maneira a serrapilheira no solo. Tanto o tipo de vegetação quanto as condições ambientais são fatores determinantes da quantidade e da qualidade desse material que cai no solo.

Os nutrientes, ao serem depositados no solo, são transformados pelos microrganismos heterotróficos, onde são totalmente ou parcialmente liberados na solução do solo. Esses elementos são influenciados por transformações bióticas e abióticas específicas que regulam o processo de adição e perda, passando por diferentes formas no solo e absorção pela vegetação e microbiota. Os materiais orgânicos depositados nesse processo, assim como parte das frações orgânicas, representam importantes reservatórios de carbono, nitrogênio, fósforo, enxofre sendo que a disponibilidade desses nutrientes para as plantas dependerá de sua natureza ou origem, forma química e também da atividade de vários microrganismos que atuam direta ou indiretamente na decomposição orgânica, mineralização/imobilização orgânica, oxidação/redução, solubilização e volatilização. Os fluxos e os estoques desses nutrientes, tanto no solo quanto na vegetação, são influenciados por diversos fatores dentre eles destacam-se: o clima, microclima e ações antrópicas, que nas últimas décadas, tem exercido grande influencia nesses processos. Essas alterações nos ciclos biogeoquímicos provocadas pela ação antrópica têm fortes implicações no funcionamento e na produtividade dos ecossistemas. Devido a essas alterações nos ciclos biogeoquímicos do carbono, nitrogênio e fósforo, de solos da Amazônia brasileira diversos estudos já foram concluídos como o de Neill, (1997); Luizão, (1999), Carmo, (2005) ou estão sendo realizados.

No cenário Amazônico, nos últimos anos, a intensa atividade agrícola, com ênfase na remoção da floresta para implantação de pastagem, tem sido um grande fator para acelerar o processo de alteração do solo. Predominam também na região outros modelos de exploração como a agricultura de derruba e queima, os

desmatamentos indiscriminados provocados pela atividade humana em função das atividades econômicas, a exploração madeireira desordenada e a exploração de jazidas de mineração (bauxita, cassiterita, caulim, granito entre outros). Cada modelo de exploração trazendo consigo prejuízos diferentes para o ecossistema, nos quais os maiores e os mais comuns estão associados à perda da biodiversidade e ao empobrecimento da matéria orgânica da camada superficial do solo.

A recuperação desses ambientes alterados é possível, porém o processo ocorre de maneira lenta e difícil, tornando-se necessário a escolha de práticas que permitam maior e melhor recuperação dessas áreas. Na Amazônia, os sistemas agroflorestais (SAFs) e o cultivo com leguminosas, surgem como modelos potenciais na recuperação desses ambientes, pois apresentam alternativas viáveis locais para ajudar a conter o rápido avanço do processo de alteração de solos e paisagem na região (BRIENZA JUNIOR, 1982).

A inserção de leguminosas nos SAFs é de fundamental importância, pois as mesmas associam-se eficientemente a organismos simbiotes (rizóbios e fungos micorrízicos) tornando-se essenciais não só para o equilíbrio biológico, mas também para reciclagem de nutrientes (LUIZÃO et al., 1999). Diversos estudos (DACCARETT; BLYDENSTEIN, 1968; BRIENZA JUNIOR, 1982; BELSKY et al., 1989; OLIVEIRA et al., 2000; BOUILLET, 2008; BALIEIRO, 2008), realizados em diferentes regiões do globo, têm sido consistentes em demonstrar o efeito positivo da presença de leguminosas sobre a fertilidade do solo, sendo o aumento da matéria orgânica no solo o efeito substancialmente mais constatado. Entre as diversas causas apontadas como responsáveis pela melhoria da fertilidade do solo, destacam-se: a) deposição de nutrientes sob a copa das árvores; b) fixação de nitrogênio atmosférico por muitas árvores leguminosas e algumas não-leguminosas; c) elevação da matéria orgânica do solo, via deposição de serapilheira e decomposição de raízes, com conseqüente aumento de sua capacidade de troca de cátions e de retenção de nutrientes; d) redução da perda de nutrientes por erosão e lixiviação; e) deposição de nutrientes, contidos na água de chuva e na poeira atmosférica, que foram interceptados pela copa das árvores (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

O consórcio com leguminosas está baseado na possibilidade de produtividade dos sistemas, pois com o uso desses consórcios o solo pode ser beneficiado pelo

nitrogênio e por outros nutrientes, além de viabilizar grandes benefícios que atingem a economia advinda da completa ou parcial demanda em nitrogênio no solo, possibilitando também o aumento do estoque de carbono no solo (SISTI et al., 2004) até a própria acumulação de carbono em tecidos vegetais.

Entretanto, devido à pouca informações sobre a dinâmica do amônio e nitrato, estoques de carbono e nitrogênio em solos com a presença de cultivo com o paricá, é que foi desenvolvido esta pesquisa. Portanto o objetivo geral foi adquirir conhecimentos sobre a dinâmica do nitrogênio em solo com a presença das seguintes espécies florestais: freijó, mogno e da bromeliácea curauá consorciadas com o paricá. E com a realização desse estudo pode-se avaliar a disponibilidade de N-inorgânico, relação carbono/nitrogênio nessas áreas. Através dos dados coletados em diferentes meses desta pesquisa, gerou-se informações que contribuirão para um melhor entendimento desses sistemas na recuperação de áreas alteradas, pois apesar da rápida expansão nos últimos anos de plantios de paricá no estado do Pará, há poucas informações a respeito da ciclagem de nutrientes nesses sistemas cultivados com o paricá, dificultando dessa maneira uma maior e melhor compreensão sobre o papel desses sistemas na recuperação de área alteradas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Obter conhecimento da dinâmica do nitrogênio sob as formas de N-mineral: amônio e nitrato em áreas consorciadas com o paricá, freijó, mogno, curauá e floresta secundária durante o período seco e chuvoso.

#### **2.1.1 Objetivos específicos**

- Avaliar os parâmetros físicos (densidade e porosidade) nos sistemas estudados.
  
- Comparar as taxa líquidas de mineralização e nitrificação, pH e umidade entre os sistemas durante as estações seca e chuvosa.
  
- Avaliar os teores de nitrato e amônio nesses solos.
  
- Avaliar os estoques de carbono e nitrogênio entre os sistemas durante as estações.

### 3 ELEMENTOS TEÓRICOS

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PARICÁ, CURAUÁ, FREIJÓ E MOGNO

##### 3.1.1 Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke)

Na década de 1950 têm-se os primeiros registros referentes ao plantio de paricá no estado do Pará, em especial no Horto do Museu Paraense Emílio Goeldi (HUBER, 1988; MARQUES et al., 2006). No início da década de 1970, o paricá começou a ter sua silvicultura testada no estado do Pará por interesse de pesquisa e por iniciativa de colonos japoneses, em busca de diversificação de suas áreas cultivadas (MARQUES et al., 2006).

Essa espécie foi plantada em pequenas parcelas experimentais na mesorregião do nordeste paraense, como parte de uma rede de ensaios de espécies florestais, instalados por intermédio do projeto de desenvolvimento e pesquisa florestal (Prodepef) que se vinculava ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) em um convênio de cooperação entre o Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (PNUD)/FAO- (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Na mesma década, em busca de alternativas que visavam o sombreamento do cacau, a espécie foi testada por colonos nipo-brasileiros no município de Tomé-açu, compondo dessa maneira um sistema agroflorestal (MARQUES et al., 2006).

Os resultados de crescimento apresentados pelo paricá foram substanciais para que o Prodepef instalasse parcelas pilotos na mesorregião do baixo Amazonas (localizada nos municípios do oeste do Pará). Os resultados advindos dessas áreas experimentais evidenciaram tanto na mesorregião do nordeste paraense como na do baixo Amazonas, um crescimento bastante promissor, e desde então, têm-se registros da maior parte de trabalhos sobre a silvicultura dessa espécie, e esse potencial silvicultural e tecnológico, apresentado pelo paricá ao longo dos anos, vem demonstrando a sua viabilidade para o reflorestamento no Pará (CARVALHO FILHO; MARQUES, 1979; PEREIRA et al., 1982 apud MARQUES et al., 2006).

A participação efetiva de empresas privadas instaladas ou com representações no estado do Pará tem sido determinante no desenvolvimento do

conhecimento sobre o paricá. Os seus registros remontam a década de 80, a EIDAI do Brasil Madeireira S.A, a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e na década de 90 a Empresa Tramontina Belém S/A, o Grupo Concrem e o Grupo Arboris (MARQUES et al., 2006). Atualmente vem crescendo o interesse por parte de outros segmentos do setor madeireiro como o Centro de Pesquisa do Paricá (CPP), que congrega cerca de dez empresas madeireiras e que está instalado no município de Dom Eliseu, no Pará desde 2003.

Segundo Marques et al. (2006); Lentini (2005) a estimativa de área plantada de paricá é de cerca de 50.000 hectares no estado do Pará em sua maioria no leste paraense, nos municípios de Dom Eliseu e Paragominas. Outras plantações em menor proporção de Paricá são identificadas junto a pequenos e médios produtores, tanto em monocultivo, como também em consórcios agroflorestais (MARQUES; BRIENZA JUNIOR, 1992; VEIGA et al., 2000).

#### 3.1.1.2 Identificação

**a) Classe:** Dicotiledônea

**b) Família:** Leguminosae Fabacea.

**c) Nomes vulgares:** Paricá, paricá grande, bandarara, faveira-branca, pinho-cuiabano, guapuruvu-da-amazônia.

**d) Uso da espécie:**

Segundo Souza et al. (2005) a madeira é leve com textura grossa, cerne creme avermelhado e alborno creme claro. É bastante suscetível ao ataque de fungos, cupins e insetos. É empregada na fabricação de palitos, forros, salto de calçados, brinquedos, portas, formas de concreto, laminados, compensados, celulose e papel (LE COINTE, 1947; MELO, 1973; SOUZA, 2005; MARQUES et al., 2006). A árvore é bastante indicada para plantios comerciais, sistemas agroflorestais, reflorestamentos de áreas degradadas, devido ao seu rápido crescimento e ao bom desempenho tanto em formação homogênea quanto em consórcios.

**e) Descrição botânica:**

A árvore pode alcançar entre 15 a 40 m de altura e 50 a 100 cm DAP. Possui ramificação com copa ampla. O tronco é cilíndrico e reto, a casca quando jovem é

esverdeada e delgada, tornando-se mais tarde acinzentada, espessa, dura e rugosa (Figura 1). A folha possui disposição alternada; é composta e bipinada, os folíolos são opostos e se fecham quando perturbados (CORDEIRO, 2007) (Figura 2). As panículas terminais medem até 30 cm de comprimento e contem flores pequenas. O fruto é legume deiscente, obovado-oblongo, achatado, coriáceo, com coloração bege a marrom quando maduro, 10-16 cm de comprimento, 4-6 cm de largura e contém uma semente envolta pelo meso-endocarpo alado (CORDEIRO, 2007). A semente é elíptica-ovada, lateralmente achatada, ápice agudo, base arredondada medindo 2 cm de comprimento e 1,3 cm de largura; o tegumento liso, duro e brilhante, possui coloração castanha com estrias finas; o hilo é punctiforme a rafe é linear; o endosperma é abundante (CORDEIRO, 2007) (Figura 2). O primeiro par de folhas é oposto e paripinado, com 10-12 pares de folíolos opostos, verdes membranáceos, oblongos, ápice apiculado e base arredondada; o pecíolo e araque são caniculados e recobertos por tricomas simples e hialinos.

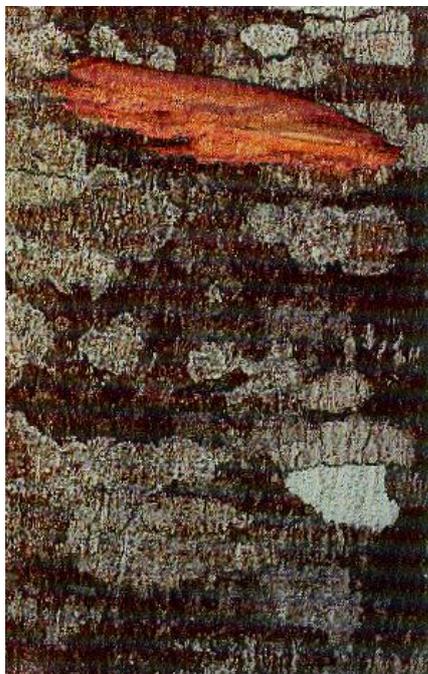


Figura 1- Detalhe do tronco adulto  
Fonte: Parrota; Francis (1995).

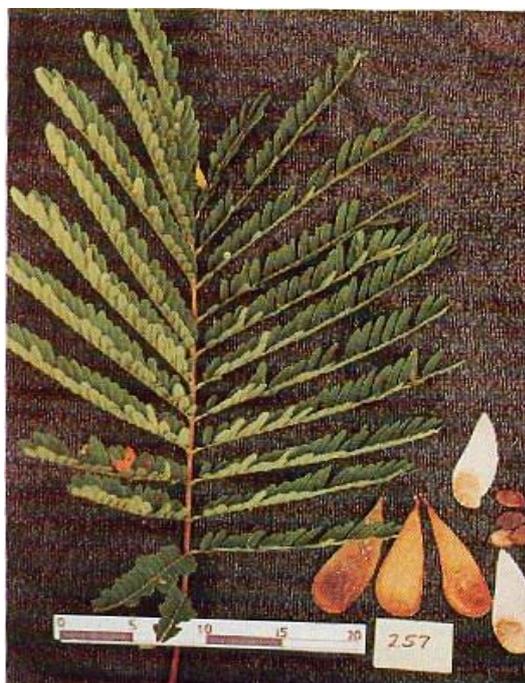


Figura 2- Folha composta, fruto e sementes

**f) Floração e frutificação:**

O início dos eventos reprodutivos ocorre entre 8 e 10 anos. No Pará, a floração ocorre entre junho e julho e a frutificação entre setembro e outubro. A frutificação é anual e a dispersão é anemocórica.

**g) Ecologia:**

Ocorre na Amazônia brasileira, venezuelana, colombiana, peruana e boliviana. No Brasil é encontrado nos estados do Amazonas, Pará, Mato Grosso e Rondônia é encontrada tanto em terra firme quanto em Várzea alta.

**h) Fitossanidade:**

As principais pragas dos plantios são: broca-da-madeira (*Acanthoderes jaspidea*), colebroca (*Micrapate brasilienses*) serradores (*Oncideres dejeani* e *O. saga*) mosca da madeira (*Rhaphiorhynchus pictus*). No município de Paragominas, em alguns povoados de paricá, foi observado um intenso desfolhamento principalmente nas plantas mais jovens, ocasionado por lagartas desfolhadoras-“lagartas gelatinosas” (gênero *sibine*) e “lagartas verdes” (gênero *automeris*) nas raízes e troncos (ZANUNCIO et al., 2004) em plantações nos municípios de Paragominas, Dom Eliseu e Aurora do Pará. É registrado ainda a ocorrência de cigarras (*Quesada gigas*). Embora as plantas tenham demonstrado resistência à doença, os métodos de controle são específicos para cada caso.

### 3.1.2 Curauá (*Ananas comosus Mill*)

O curauá é uma planta nativa da Amazônia, pertence à mesma família do abacaxi. Se desenvolve em clima quente e úmido, em razão da sua qualidade, está mobilizando pesquisadores de diversas instituições científicas como UFPa, EMBRAPA, UNICAMP, UFRA, UFSCAR, produtores e técnicos do setor industrial. A planta produz uma fibra que pode ser utilizada na fabricação de tecidos, papel, plástico e até um tipo de anestésico. O curauá é bastante conhecido no Baixo-Amazonas, região oeste do Pará, onde foram feitos os primeiros plantios em escala comercial.

Diferente do abacaxi, a planta não possui espinhos, o que facilita o manejo e o corte. O curauá cresce em solo arenoso e pouco fértil e chega a atingir entre um metro e um metro e meio de altura (Figura 4). A partir do segundo ano, sua colheita pode ser efetuada de seis em seis meses. Cada planta produz entre 20 e 24 folhas, proporcionando aproximadamente dois quilos de fibra. O curauá também possui propriedades farmacológicas como cicatrizantes e anestésicas. O composto viscoso que sobra do processo de desfibramento, a mucilagem, permite a fabricação de papel. O soro do curauá resultante do processamento das folhas contém uma toxina que pode ser utilizada para a produção de um anestésico e pode servir também como adubo orgânico.

Segundo Pereira et al. (2006) o curauá apresentou um salto de aceitação no meio industrial no início desta década após a identificação de seu potencial para a fabricação de componente de peças de carro. O curauá já é utilizado pela indústria automobilística para construção de freios e outras peças para veículos em substituição à fibra de vidro. Atualmente a fibra é cotada para diversos fins e mais recentemente, como composto de vigas resistentes a terremotos. Segundo Oliveira et al. (2008) o aproveitamento do curauá despertou a cobiça de produtores nacionais e até do exterior; mudas foram plantadas no vale da Ribeira no interior paulista e também em solos japoneses, sul-africanos e até na Malásia, mas sem sucesso, porque a planta não resiste a baixas temperaturas, pois o curauá só se desenvolve em clima quente e úmido (REIS et al., 2004).

Segundo Pereira et al. (2006) a procura pela fibra contribuiu para a expansão da área plantada, mas nem o volume da produção, nem a oferta de mudas são

suficientes. O Pará conta com no máximo 800 hectares plantados e produção de 20 toneladas de fibras por mês, o que não supri a demanda por mês das indústrias automobilística e têxtil.

Em 2003 pesquisa sobre a micropropagação de mudas rendeu à Embrapa Amazônia Oriental o prêmio Finep regional e menção honrosa nacional, pois a micropropagação das mudas de curauá proporciona e agiliza, não só a produção mas também a qualidade a cultura. As pesquisas voltam-se para os sistemas agroflorestais (SAFs) como alternativas de plantio do curauá. Segundo Pereira et al. (2007) os resultados apontam para a possibilidade de se aumentar 40% o rendimento da fibra em cultivos consorciados com espécies florestais como paricá, mogno e freijó, pois pesquisas realizadas no nordeste paraense por Cordeiro (2007) sobre a associação do paricá e curauá mostrou que o sombreamento é benéfico ao desenvolvimento do curauá, assim como esse sistema pode ser vantajoso pela alternativa de gerar emprego e renda para as comunidades de pequenos produtores rurais do estado do Pará.

### 3.1.1.3 Identificação

**a) Classe:** Monocotiledônea.

**b) Família:** Bromeliácea.

**c) Nomes vulgares:** Curauá-da-Amazônia, abacaxi ornamental, abacaxi selvagem.

**d) Uso da espécie:**

É utilizada principalmente na fabricação de cordas, sacos e utensílios domésticos, além de ser fonte de matéria prima para as indústrias têxtil e automobilística.

**e) Descrição botânica:**

Segundo Ledo, (1967) existem dois tipos de curauá: roxo e branco, sendo que a diferença está na coloração das folhas e no seu desenvolvimento. Possui um sistema radicular fasciculado, superficial, e adaptável a diferentes tipos de solos. Suas folhas são eretas e coriáceas, medem cerca de 5 cm de largura e 5 mm de espessura e aproximadamente 1,5 m de comprimento. Fornece fibra de excelente qualidade e entre a bainha das folhas ou diretamente dos rizomas brotam rebentos (CORDEIRO, 2007).

#### f) **Floração e frutificação:**

As flores são hermafroditas, trimeras, zigomorfas, com sépalas coriáceas e pétalas vivamente coloridas; androceu com 6 estames, ovário súpero ou ínfero trilocular e multiovulado; Inflorescências com brácteas coloridas. O fruto se forma a partir do talo axial engrossado com as sépalas que se desenvolvem na hasta, formando frutos de forma ovóide. É semelhante, em aspecto e gosto ao do abacaxi, sendo mais fibroso menor e ácido (CORDEIRO, 2007) (Figura 3).



Figura 3- Fruto do Curauá

Fonte: [www.revistapesquisa.fapesp.br](http://www.revistapesquisa.fapesp.br)



Figura 4- Plantio de curauá

Fonte: Dias, (2008)

#### g) **Ecologia:**

Ocorre na Venezuela, Guiana Francesa e Brasil. Na Amazônia ocorre nas regiões do rio Xingu, Tocantins, Maicuru, Trombetas, ilha de Marajó, Estado do Amapá. Os municípios paraenses com maior produção são: Bragança e Santarém, com uma expansão nos municípios de Santo Antônio do Tauá, Mojú, Ponta de Pedras e Vigia (CORDEIRO, 2007).

#### h) **Fitossanidade:**

No curauá, ocorre o ataque de cochonilha (*Dysmicoccus brevipes* homóptera: pseudococcidae) nas axilas das folhas, no sistema radicular das mudas e das plantas adultas e o principal dano causado é a murcha da cultura (GALLO, 1998).

### 3.1.3 Freijó (*Cordia goeldiana* Huber)

A *cordia goeldiana* Huber, conhecida como freijó, está entre as espécies madeiras de grande valor comercial da região amazônica e tem merecido destaque em virtude de suas características silviculturais (FRAZÃO, 1999), assim como espécie promissora para a regeneração artificial (YARED et al., 1983; YARED; CARPANEZZI, 1980).

Possui crescimento rápido, boa dominância apical, seu crescimento inicial rápido a torna apta a competir com a vegetação secundária e sua madeira possui muitas aplicações (BRIENZA JUNIOR, 1982). Possui sistema radicular superficial e copa moderadamente ampla, tem grande potencial para associações com culturas agrícolas de ciclo curto e perene como cacau (*Theobroma cacao*), guaraná (*Paullina cupana* var. *sorbilis*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), pimenta do reino (*Pipiper nigrum*), milho (*Zea maiz*), feijão (*Phaseolus vulgaris*), mandioca (*Manihot sculenta*). O pioneirismo das combinações de freijó com essas culturas perenes ocorreu em Tomé-Açu representado pela ação dos colonos japoneses que utilizavam essa espécie para o sombreamento definitivo de cacau, o qual substituiu os pimentais atacados pelo fungo *Fusarium Solani* var *piperi* (BRIENZA JUNIOR, 1982).

A periodicidade sendo um fenômeno comum para muitas espécies tropicais, não foi diferente para o freijó, pois esta espécie também apresenta esse fenômeno para a queda das folhas, floração e frutificação. Enquanto o crescimento do freijó está associado às condições da estação chuvosa, a queda das folhas, a floração e a frutificação estão relacionadas às da estação seca (BRIENZA JUNIOR, 1982; MONTAGNER; YARED, 1983).

#### 3.1.1.4 Identificação

**a) Classe:** magnoliopsida.

**b) Família:** Boraginacea.

**c) Nomes vulgares:** confunde-se com a madeira de *Cordia frichotoma* de ocorrência em matas litorâneas entre Bahia e Santa Catarina, em que é conhecida como Louro pardo, louro-amarelo, louro-da-serra, além de freijó-branco, freijó-preto, freijó-rajado,

freijó-verdadeiro, cordia-preta. Em outros países é conhecida como: brazilian walnut, jennie wood, cordia wood.

**d) Uso da espécie:**

A madeira de freijó, por ter cor parda, com retratibilidade baixa e propriedades mecânicas médias, é particularmente indicada para a indústria moveleira (móveis finos, folhas fraqueadas decorativas) lambris, painéis, caixilhos, persianas, venezianas, ripas, acabamento interno, molduras.

**e) Descrição botânica**

Árvore de tronco reto cilíndrico, com altura comercial de 7 a 26 m e diâmetro variando de 45 a 61 cm. Em áreas de ótimo crescimento pode atingir até 90 cm de diâmetro e 40 m de altura; suas raízes são secundárias e superficiais; sua casca é rugosa até o primeiro e o segundo ano de vida tornando-se em seguida fissurada longitudinalmente e de coloração cinza ou marrom (KANASHIRO, 1982) (Figura 5). As folhas possuem um pecíolo de 1,5 e 5 cm de comprimento, as folhas são ligeiramente onduladas e possuem 8-14 cm de comprimento e 3,5 – 6,5 cm de largura (Figura 6).

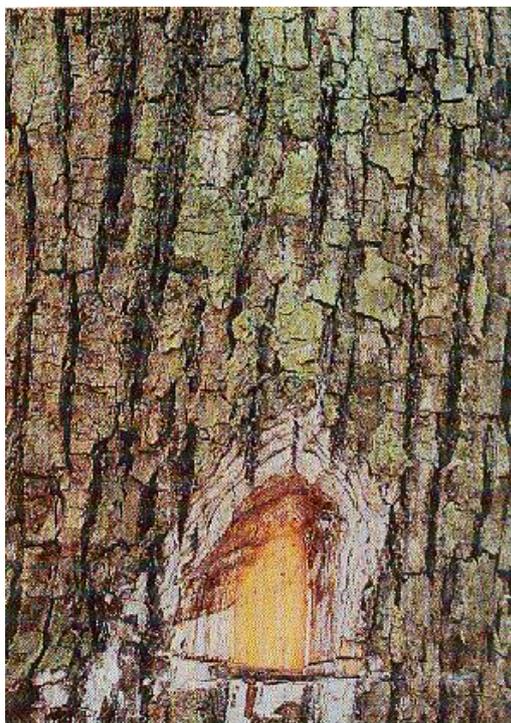


Figura 5- Detalhe do tronco adulto  
Fonte: Parrota; Francis (1995)

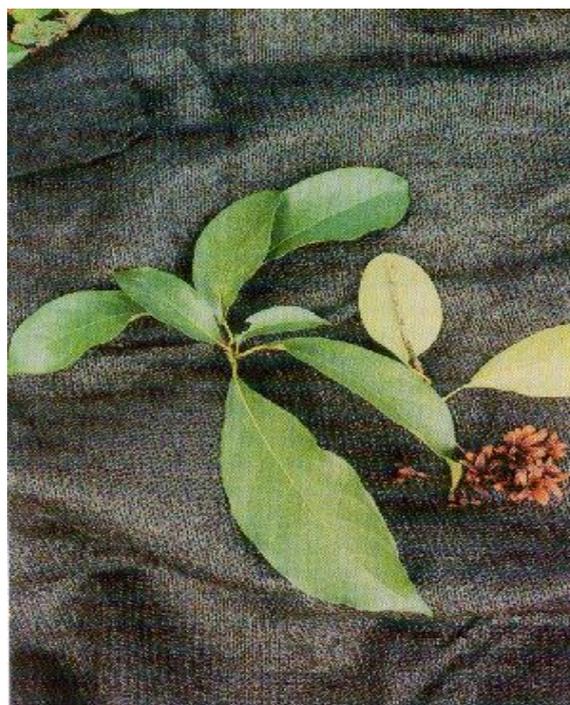


Figura 6- Superfície interior da folha e flores

#### **f) Floração e frutificação**

Apresenta inflorescências terminais congestas, flores de corola branca vistosas, cálices cilíndricos esverdeados e ferrugíneos, possuem estames do mesmo número de pétalas. Ovário súpero, sub-globoso, séssil, sincarpo bicarpelar com quatro lóculos devido ao desenvolvimento de um falso septo, cada lóculo contendo um óvulo. Fruto drupa sub-globosa medindo de 3-5 mm de diâmetro por 5,5-7,5 mm de comprimento com cálice e corola persistente de coloração castanho-escura (KANASHIRO, 1982).

#### **g) Ecologia:**

Ocorre em maior freqüência no estado do Pará: Extremo nordeste, baixo Tocantins e afluentes, na região de Marabá, em matas altas de terra firme. Ocorre também no Acre, Rondônia e Mato-grosso.

#### **3.1.4 Mogno (*Swietenia macrophylla* King)**

O mogno *Swietenia macrophylla* é uma das espécies de maior valor econômico nos mercados interno e externo (VERÍSSIMO et al., 1995). Devido ao seu grande valor comercial, essa espécie vem sofrendo uma exploração seletiva associada com as práticas predatórias ilegais (RODAN et al., 1992). O Brasil é um dos maiores produtores de mogno do mundo e abriga uma das últimas reservas naturais da espécie. Assim, o governo brasileiro tem tomado providências para controlar a sua exploração desde 1990, quando estabeleceu cotas decrescentes de volume de exportação (OHASHI et al., 2002). Em 1996 o IBAMA proibiu a execução de novos planos de manejo e em 2001 ocorreu a suspensão de todos os planos de manejo de mogno por considerá-los inadequados (GROGAN et al, 2002).

Devido a esta situação, têm-se buscado alternativas como técnicas de micropropagação (GRATTAPAGLIA; MACHADO, 1990; CAMPOS, 1996; LEMOS et al., 1998; LOPES et al., 2000, LAMEIRA et al., 2005) para solucionar esse impasse sócio-econômico e ecológico, implementando-se dessa forma o manejo florestal e o reflorestamento com mogno.

### 3.1.1.5 Identificação

**a) Família:** Meliaceae

**b) Nomes vulgares:** Aguano, uraputanga

**c) Uso da espécie:**

Construção de barcos e navios, indústria moveleira para confecções de mobília, na fabricação de lâminas e de compensados.

**d) Descrição botânica:**

O mogno é uma espécie de porte elevado, atinge uma altura de 30 metros, possui tronco retilíneo e cilíndrico e DAP de 100 a 200 cm (Figura 7). É considerada uma árvore robusta que domina a copa da floresta (OHASHI et al., 2002).

**e) Floração e frutificação:**

As flores são claras, o fruto é considerado grande, possui aproximadamente 18 cm, com casca dura voltado para cima (Figura 8). Se abrem em quatro partes liberando as sementes. Estas são aladas, muito leves e possuem a cor marrom claro.

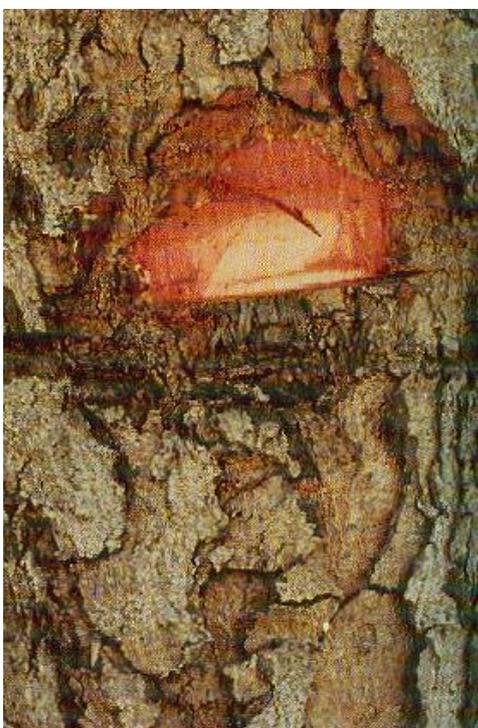


Figura 7- Detalhe do tronco adulto  
Fonte: Parrota; Francis (1995)



Figura 8- Folha composta, folíolo e fruto

**f) Ecologia:**

A área de ocorrência do mogno estende-se do México passando pela Costa Atlântica da América Central, Venezuela, Colômbia, Equador Peru, Bolívia, e a porção Oriental da Amazônia brasileira (GROGAN et al., 2002). Encontra-se em floresta tropical seca com a temperatura média anual de 24 °C e precipitação anual de 1.000 e 2.000 mm. Essa espécie cresce também em uma variedade de solos e sob diferentes condições (OHASHI et al., 2002).

**g) Fitossanidade:**

Os plantios comerciais de mogno possuem um fator limitante à produção de madeira de boa qualidade em tempo útil. O fator é constituído pelo ataque da *Hypsipyla grandela* Zeller ou broca das meliáceas. É uma mariposa da família Pyralidae (OHASHI et al., 2002) que ocorre na América do Norte, América Central, Norte da América do Sul, ilhas do Caribe e Sul da Flórida (OHASHI et al., 2002).

## 3.2 NITROGÊNIO NO SOLO

### 3.2.1 Formas inorgânicas (nitrato e amônio)

O nitrogênio é um dos principais componentes das moléculas, das estruturas dos ácidos nucleicos, aminoácidos e proteínas do vegetal. Dessa forma torna-se essencial ao crescimento e à sobrevivência dos organismos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A fixação biológica do nitrogênio se dá pelos microrganismos denominados diazotróficos ou fixadores de nitrogênio com a finalidade de reduzir nitrogênio atmosférico à amônia. Essa redução conta com a ajuda do complexo proteico da nitrogenase, enzima catalisadora da reação. Este processo ocorre no interior dos nódulos, onde as bactérias conhecidas como rizóbios do gênero *Rhizobium*, *bradyrhizobium* e *Azorhizobium* e os actinomicetos do gênero *Frankia* convertem o  $N_2$  atmosférico em amônia (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Esse processo pode ser considerado primário, pois o nitrogênio quimicamente indisponível ( $N_2$ ), torna-se fisiologicamente disponível para as plantas sob a forma de amônio ( $NH_4^+$ ) ou nitrato ( $NO_3^-$ ). Esse processo muitas vezes é suficiente para atender a demanda total do vegetal, pois a maior parte do nitrogênio absorvido é proveniente da decomposição da matéria orgânica (LUIZÃO et al., 1999). Dessa maneira o processo de mineralização do nitrogênio, torna-se fundamental na disponibilidade do N no solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

No solo o ciclo do nitrogênio corresponde a uma parte do ciclo global do nitrogênio. A principal fonte do nitrogênio do solo é a atmosfera, sendo que se caracteriza pela sua forma molecular ( $N_2$ ) predominantemente como gás estável com uma concentração de (79,1%) (STEVENSON, 1999).

Estando na forma gasosa, o nitrogênio é pouco aproveitado pelos vegetais. Para isso é preciso que ocorra a transformação de N para as formas minerais, sendo a conversão do N-orgânico para N- $NH_3$  chamada de amonificação e a etapa seguinte denominada de nitrificação (Figura 9).

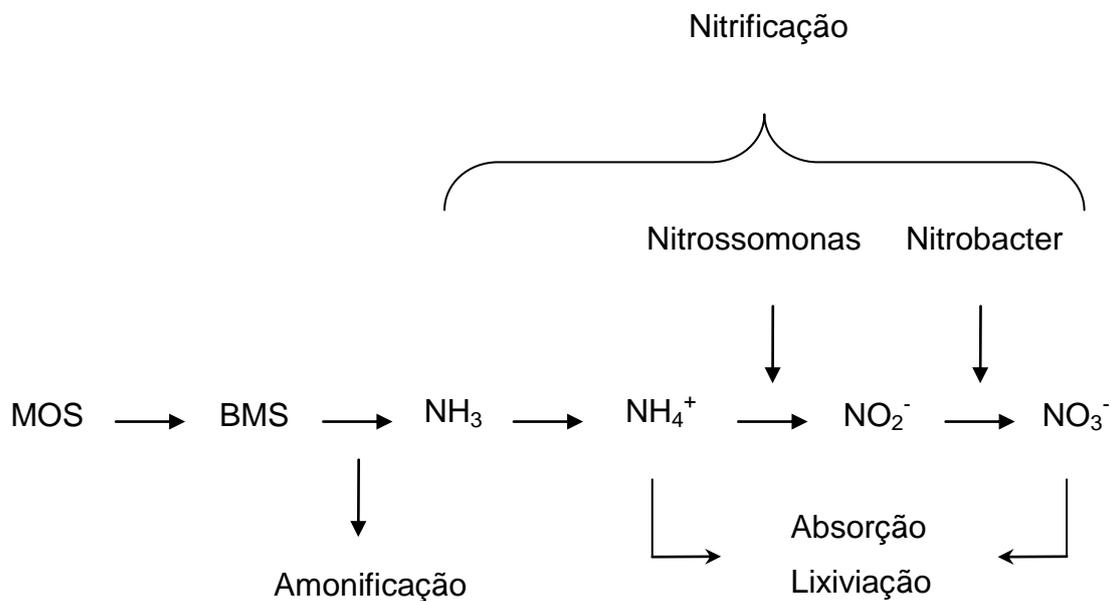


Figura 9 – Mineralização do nitrogênio no solo.

A mineralização é resultante da degradação de formas orgânicas de nitrogênio, decorrente das atividades de microrganismos, portanto desempenha um papel significativo no ciclo do nitrogênio, sendo responsável pela transformação do N orgânico presente no tecido vegetal para as formas inorgânicas (STEVENSON, 1999). Diversos fatores influenciam a mineralização. Entre esses fatores destacam-se: aeração, tipo de solo, pH, urease, relação carbono/nitrogênio (C/N), manejo do solo, temperatura, umidade, disponibilidade de nutrientes (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A mineralização é sempre acompanhada pelo processo inverso da imobilização, sendo que estes dois processos encontram-se inseridos na dinâmica de decomposição e síntese de compostos orgânicos no solo para a formação de húmus (STEVENSON, 1994). Segundo Piccolo et al. (1994), pode-se calcular a taxa líquida de mineralização e de nitrificação do solo através do teor de N-inorgânico ( $N-NH_4^+ + NO_3^-$ ) do solo em um dado momento inicial ( $T_0$ ) e após um período de incubação ( $T_{final}$ ). Tanto a taxa líquida de mineralização quanto a de nitrificação são consideradas importantes indicadores do suprimento de N-mineral do solo podendo

afetar a produtividade, disponibilidade e a absorção de nitrogênio pelas plantas na maioria dos ecossistemas florestais (NALDELHOFFER et al., 1983).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Aurora do Pará (2° 08' 02" S e 47°33' 32" W) que está localizado na Mesorregião do Nordeste Paraense; Microrregião do Guamá; na Fazenda da empresa Tramontina, com uma área de aproximadamente 1.043 ha. Fica a 210 km de distância da capital paraense, Belém e o principal acesso é efetivado pela BR-010 (Figura 10).

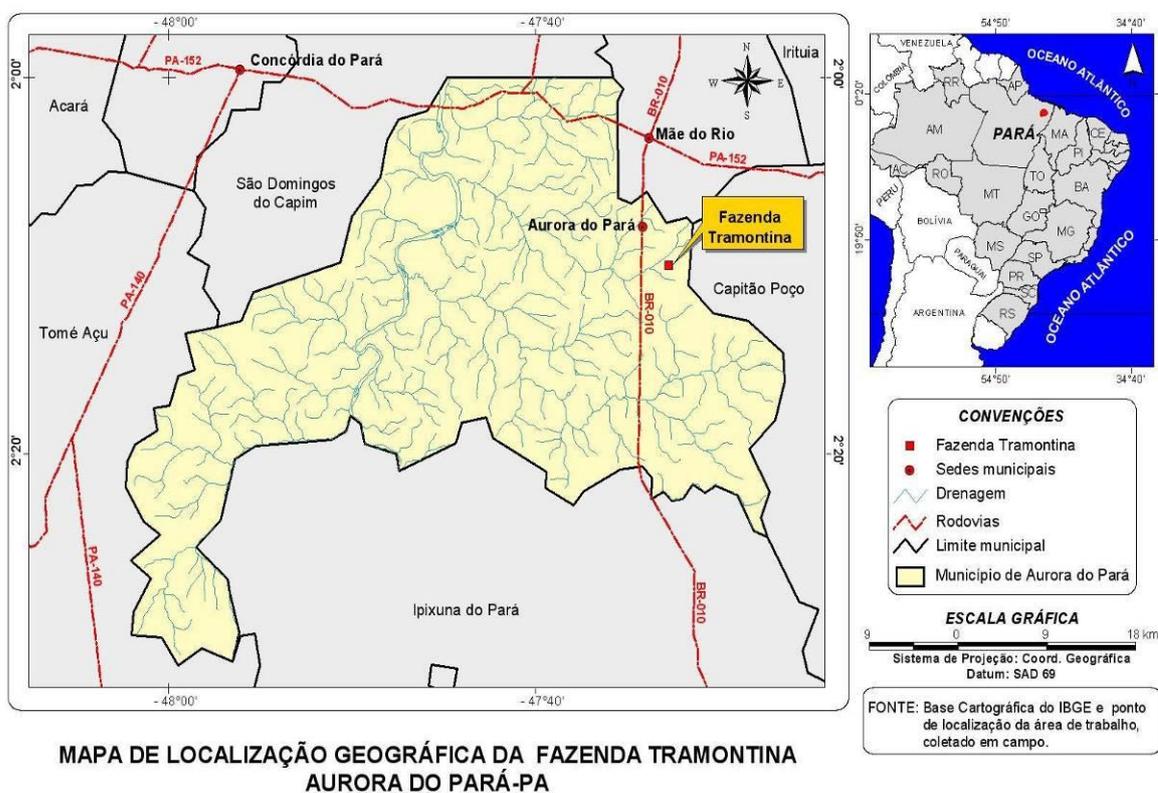


Figura 10 – Mapa de localização geográfica da Fazenda Tramontina em Aurora do Pará-Pará.

Fonte: Base cartográfica do IBGE, 2008.

Os solos são predominantemente do tipo Latossolo amarelo; textura areno-argiloso; estes solos geralmente são de baixa fertilidade (CORDEIRO, 2007). A topografia apresenta declividades suaves. Está inserido no planalto rebaixado do Amazonas. A precipitação acumulada anual é aproximadamente 2.200 mm. A

temperatura do ar é aproximadamente 25°C (Figura 11), com umidade média relativa do ar de 74% (CORDEIRO, 2007).

Antes da instalação dos plantios florestais, a área era coberta por pastagem abandonada. Em algumas áreas da fazenda há ocorrência de capim quicúio da Amazônia (*Brachiaria humidicola*) e espécies invasoras. Uma parte da área está atualmente ocupada com sistemas consorciados contendo paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke), freijó (*Cordia goeldiana*) e curauá (*Ananas comosus* Mill) (CORDEIRO, 2007).

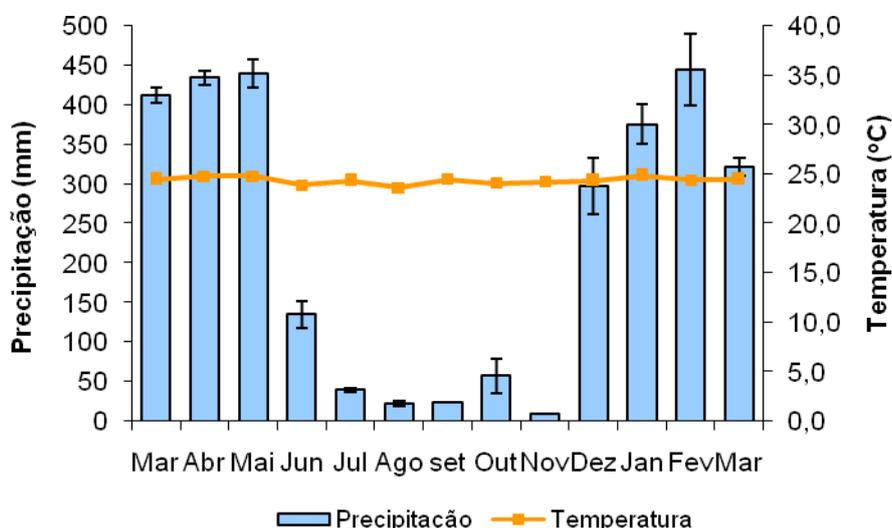


Figura 11 – Temperatura média mensal e precipitação acumulada da Fazenda Tramontina entre março de 2007 e março de 2008.

#### 4.1.1 Delineamento experimental

O experimento foi considerado inteiramente ao acaso em esquema fatorial com parcelas subdivididas sendo 4 sistemas x 3 profundidades x 2 estações.

Em setembro de 2007, foram delimitadas parcelas nos seguintes sistemas de cultivo com paricá: paricá e mogno (P x M), paricá e freijó (P X F), e entre paricá, curauá e freijó (P x C x F). Para efeito de comparação parcelas foram implantadas em uma área de capoeira (C) de aproximadamente 30 anos, próximo aos plantios consorciados de Paricá, os três sistemas foram implantados no ano de 2002, apenas o curauá foi introduzido em 2007.

Os quatro sistemas selecionados (P x M); (P x C x F); (C) e (P x F) representam os tratamentos a serem avaliados neste estudo (Figura 12). Em cada sistema, foram delimitadas quatro parcelas medindo 30 m x 28 m, exceto na área de capoeira que mediu 30 m x 30 m; dentro de cada parcela, foram estabelecidas sub parcelas medindo 15 x 14 (Figura 13).

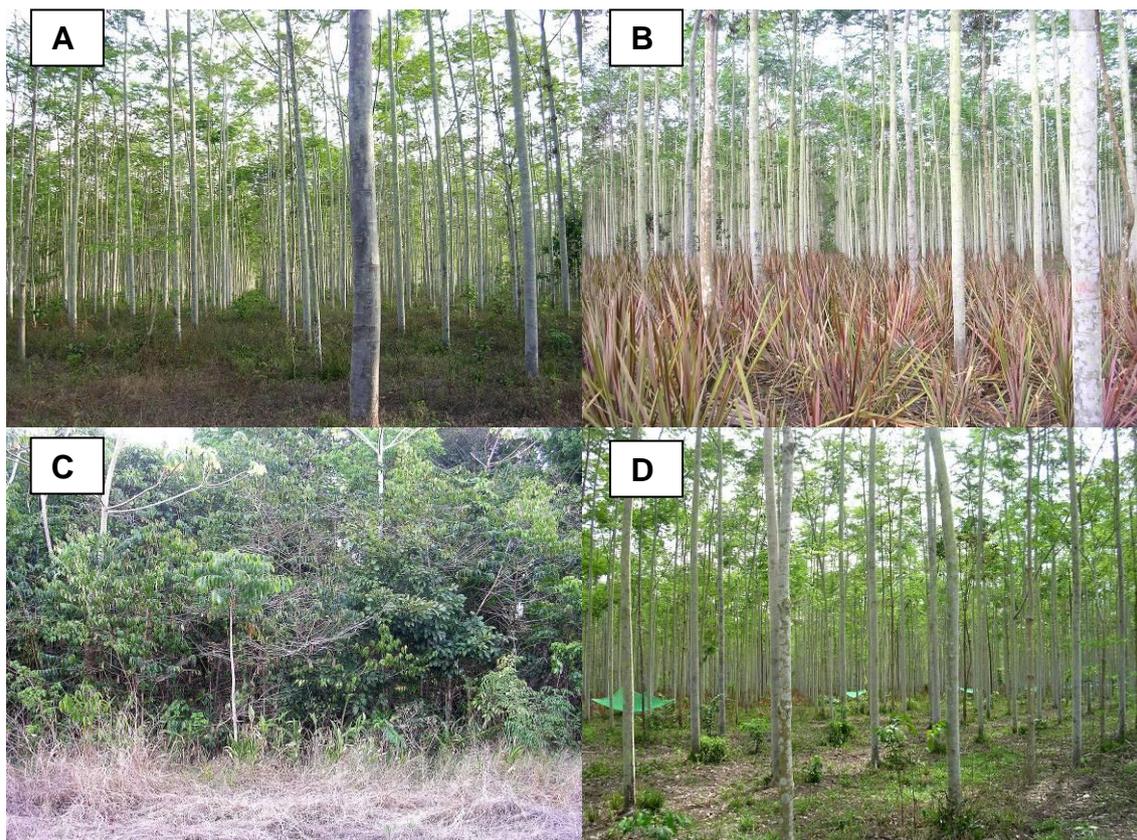


Figura 12 – Sistemas de cultivo da Fazenda Tramontina S/A. A: (P x M); B: (P x C x F); C: (C) e D: (P x F).

### Desenho experimental dos tratamentos consorciados com Paricá

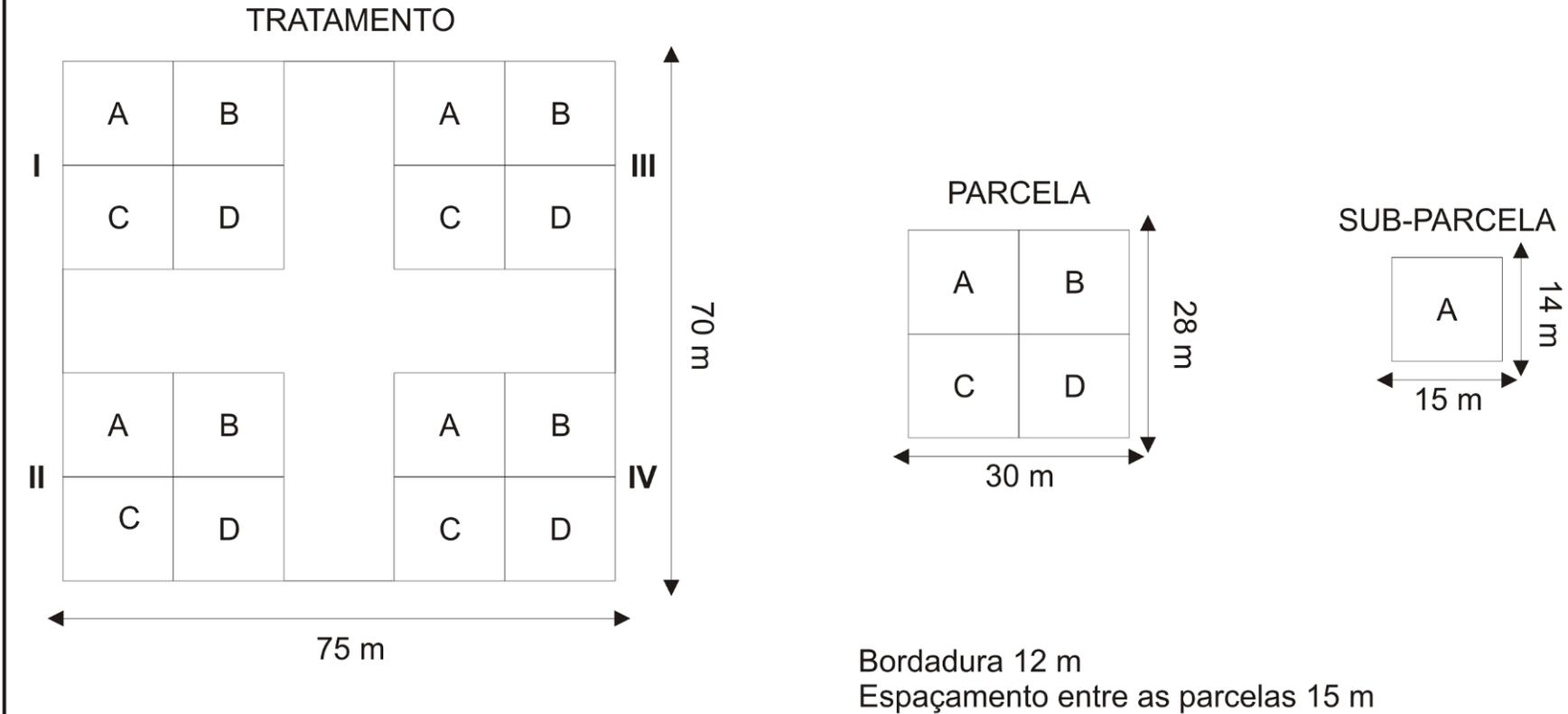


Figura 13 – Delineamento experimental dos sistemas de cultivo com o paricá na Fazenda Tramontina S/A em Aurora do Pará, Pará.

O preparo da área para implantação dos plantios foi realizado com roçagem mecânica, seguida de aração. As mudas de paricá foram produzidas na própria Fazenda da empresa Tramontina, enquanto que as mudas de curauá foram adquiridas de terceiros, provenientes de micropropagação (CORDEIRO, 2007).

As dimensões das covas para o plantio das espécies florestais foram de 20 x 20 x 20 cm e para o curauá as dimensões foram de 5 x 5 x 5 cm. O plantio foi efetuado em espaçamento 4 x 3 m para as espécies florestais e, para o curauá, o espaçamento foi de 0,50 x 0,80 m (CORDEIRO, 2007).

As espécies florestais foram adubadas durante os anos de 2002, 2003 e 2004 e os sistemas correspondentes aos três plantios consorciados até 2007 receberam duas roçagens mecanizadas por ano (CORDEIRO, 2007), não ocorrendo a colheita de folhas do curauá durante o estudo. Todos os sistemas da Fazenda são delimitados por estradas que facilitam o acesso a área (Figura 14)



Figura 14 - vista da área de separação dos sistemas de cultivo da Fazenda Tramontina.

## 4.2 AMOSTRAGEM

### 4.2.1 Solo

As coletas de solo foram realizadas em 4 campanhas de campo, durante os meses de outubro e novembro de 2007 (período seco) e janeiro e março de 2008 (período chuvoso).

Em cada tratamento estudado foram coletadas amostras compostas de solo nas profundidades de 0-10; 10-20; 20-30 cm. Foram retiradas 3 sub-amostras a cada profundidade e logo em seguida foram homogeneizadas para formar a amostra composta para cada profundidade. Todos os sistemas foram divididos em 4 parcelas e cada parcela foi dividida em 4 sub-parcelas.

Para cada tratamento em cada campanha de campo foram feitas 12 coletas de solo para umidade e 12 coletas de solo compostas para análises de C e N total para o cálculo dos estoques, N-inorgânico, urease, respiração basal e pH. Para essa coleta de solo utilizou-se o trado com 50 cm de altura e lâmina coletora. Apenas para a coleta da densidade foi realizada uma campanha de campo.

## 4.3 ANÁLISE DAS AMOSTRAS

### 4.3.1 Caracterização física

#### 4.3.1.1 Densidade aparente do solo

Para a determinação da densidade aparente do solo foi utilizado o Anel de Kopecky de 5 cm de altura; 5 cm de diâmetro com volume de  $98,175 \text{ cm}^3$  e área de  $0,00196 \text{ m}^2$ . A densidade aparente seguiu o método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997). Foram abertas trincheiras e em cada trincheira foram coletadas 3 amostras de solo, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm. As amostras indeformadas de solo foram transferidas para recipiente metálico, armazenadas e levadas posteriormente para o laboratório para pesagem e logo em seguida foram

colocadas em estufa a 105°C, e após 96 horas retiradas para a pesagem do solo seco. O cálculo da densidade aparente foi feito pela seguinte fórmula:

$$D_{\text{aparente}} = \frac{\text{Peso da amostra seca a } 105^{\circ}\text{C}}{\text{Volume do solo contido no anel}}$$

#### 4.3.1.2 Porosidade

A porosidade foi obtida por meio de cálculo, utilizando-se a relação matemática entre as densidades do solo e da partícula (EMBRAPA, 1997). Obteve-se a porosidade pela seguinte fórmula:

$$PT = (1 - D_a/D_p) * 100$$

Onde:

PT é a porosidade total;

Da é a densidade aparente;

Dp é a densidade da partícula, igual a 2,65 g cm<sup>-3</sup>; segundo Serôdio; Leão; Sobrinho (1979); Brady (1989) quando não é possível sua determinação pode considerar o valor médio de 2,65 g cm<sup>-3</sup>.

#### 4.3.1.3 Umidade

Para a determinação da umidade as amostras foram pesadas e depois levadas até a estufa de 65 °C para a secagem por 72 horas e depois desse tempo, as amostras de solo foram levadas para o dessecador e logo em seguida foi realizada a pesagem. O resultado foi obtido através da seguinte fórmula:

$$U\% = \frac{PU - PS}{PU} \times 100$$

Onde:

U%: é a porcentagem da umidade presente na amostra de solo

PU: Peso úmido da amostra em gramas

PS: Peso seco da amostra em gramas

### 4.3.2 Caracterização química

#### 4.3.2.1 Preparo das amostras

No laboratório as amostras de solo foram passadas em peneira (malha 2 mm). Em seguida foi feito a pesagem do solo e o preparo para a realização das extrações das soluções de solo e incubações.

#### 4.3.2.2 Nitrogênio inorgânico

A determinação da concentração de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  do solo foram feitas após a extração com cloreto de Potássio 1 M. Para todas as amostras de solo foram efetuados os cálculos para obtenção das respectivas taxas líquidas de mineralização e nitrificação. As taxas líquidas de mineralização foram calculadas pela diferença entre as concentrações de N-inorgânico ( $\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$ ) antes da incubação (tempo zero) e após sete dias de incubação (equação 1). Semelhantemente às taxas líquidas de nitrificação correspondem as diferenças entre os teores iniciais e finais de  $\text{N-NO}_3^-$  (Equação 2).

Equação 1

**Taxa líquida de mineralização:**

$$\frac{(\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-)_{\text{final}} - (\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-)_{\text{inicial}}}{\text{Tempo de incubação em dias}}$$

Equação 2

**Taxa líquida de nitrificação:**

$$\frac{\text{N-NO}_3^-_{\text{final}} - \text{N-NO}_3^-_{\text{inicial}}}{\text{Tempo de incubação (dias)}}$$

#### 4.3.2.3 Carbono e nitrogênio total

As amostras para análise de carbono e nitrogênio total foram secas ao ar, logo em seguida maceradas e depois passadas em peneiras de 60 mesh. Empregou-se o método da combustão seca para a determinação do carbono e nitrogênio total usando-se o equipamento LECO CN 2000.

#### 4.3.2.4 Urease

Foram pesadas duas amostras de aproximadamente 5 g de solo peneirado em malha de 2 mm: uma amostra foi usada para “reação” e a outra foi usada para a determinação do “branco”. Nessas amostras foi colocado 2,5 mL de água para o branco e 2,5 mL de substrato (Solução de uréia 79,9mM) para os frascos da reação, logo em seguida foram incubados por 2 horas em uma temperatura de 40°C. Depois foi colocado 40 mL da solução de 2 KCL acidulado agitados por 30 minutos e depois filtrados para a retirar o extrato. Desse extrato foi retirado uma alíquota  $\leq 0,2$  mL, foi adicionado 1 mL de EDTA (Ácido etilenodiaminotetracético) 4 mL da solução de salicilato nitroprussiato, 2 mL do tampão com trione e imediatamente foi completada com água destilada até um volume de 25 mL do tubo de ensaio. Logo em seguida as amostras eram levadas ao banho maria e estimadas a absorbância de 667 nm em relação a um branco, método adaptado de Kandeler; Gerber, (1988).

#### 4.3.2.5 Respiração basal

A atividade respiratória da biomassa microbiana ou respiração basal do solo foi avaliada pela quantificação do CO<sub>2</sub> liberado durante a incubação do solo em sistema fechado (frasco de polietileno fechado), em que o CO<sub>2</sub> foi capturado em solução de NaOH 0,05 mol L<sup>-1</sup> e posteriormente titulado com HCl, método adaptado de Alef K.; Nannipieri (1995).

#### 4.3.2.6 Estoque de carbono e nitrogênio

Os estoques de C e N total foram calculados a partir dos teores de C ou N, e a densidade do solo para cada camada amostrada pela seguinte equação (NEILL et al., 1997).

$$E = D \times E \times C \text{ ou } N$$

Onde:

E: estoque de C ou N

D: Densidade aparente do solo

C ou N: Teor de carbono ou nitrogênio total do solo

#### 4.3.2.7 pH do solo em água

As medidas de pH foram elaboradas no laboratório. Foram pesadas 6 gramas de solo, os quais em seguida foram colocadas em um frasco de plástico e posteriormente adicionado 15 mL de água em cada frasco. A solução foi agitada e esperou-se um período de 1 hora para fazer a leitura no phmetro (TEC – 3MP) da TECNAL.

#### 4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A análise estatística foi realizada considerando-se o experimento com delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial com parcelas subdivididas. Foi utilizado o teste de Kolmogorov- smirnov para testar a normalidade dos dados. Como os dados apresentaram uma distribuição normal foram aplicados testes paramétricos. A ANOVA foi utilizada para verificar diferenças entre as áreas comparadas. Quando encontrada significância a (5 %), as médias de cada parâmetro eram testadas pelo teste de Tukey a ( $p < 0,05$ ). As análises foram elaboradas usando o pacote estatístico STATISTICA versão 7.0 (STATSOFT).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

#### 5.1.1 Densidade aparente do solo e porosidade total

Os quatro sistemas, tanto para a densidade e porosidade total não apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos e profundidades. Para a área de capoeira os valores médios de densidade aumentaram de  $1,42 \text{ g cm}^{-3}$  na profundidade 0-10 cm, para  $1,52 \text{ g cm}^{-3}$  na profundidade de 20-30 cm. No paricá x curauá x freijó (PCF) os valores aumentaram de  $1,43 \text{ g cm}^{-3}$  na profundidade 0-10 cm para  $1,55 \text{ g cm}^{-3}$  na profundidade de 10-20 cm, sendo que nas camadas de 20-30 cm o valor foi menor ( $1,54 \text{ g cm}^{-3}$ ) (Tabela1). Para a área de paricá x mogno (PM) os valores foram de  $1,46$  para a profundidade de 0-10 cm e de  $1,51$  para a profundidade de 10-20 cm, e para as profundidades de 20-30 cm esses valores diminuíram para  $1,46 \text{ g cm}^{-3}$  (Tabela 1). Para o Paricá x freijó (PF) os valores na profundidade de 0-10 cm foram de  $1,40 \text{ g cm}^{-3}$  e para as profundidades de 10-20 e 20-30 foram de  $1,53$  e  $1,51 \text{ g cm}^{-3}$  respectivamente (Tabela 1). Esses valores não são considerados altos, o que se observa é a tendência ao aumento da compactação nas profundidades de 10-20 cm para os quatro sistemas em estudo da fazenda cultivados com o paricá (Figura 15). Este fato pode estar ligado à presença de raízes superficiais nestes solos o que pode ter contribuído para o aumento da compactação nessa profundidade.

Para as estimativas da média da porosidade total os valores mostram que na profundidade de 0-10 cm paricá x freijó (PF) apresentou valores mais elevados, e nas profundidades de 10-20 cm destacou-se a capoeira (C) e nas profundidades de 20-30 cm o paricá x mogno (PM) com os valores mais elevados (Tabela 1).

Os valores mais baixos de porosidade na profundidade de 0-10 cm foram apresentados no tratamento de paricá x mogno (PM) e nas profundidades de 10-20 cm e 20-30 cm no paricá x curauá x freijó (PCF). Observando o comportamento dos valores nas três profundidades, têm-se os menores valores nas profundidades de 10-20 cm. Os valores médios de porosidade podem ser visualizados nos gráficos apresentados na figura 16.

As relações inversamente proporcionais entre densidade e porosidade foi observada para todos os sistemas do estudo, pois o que se observa é que os menores valores de porosidade ocorreram nas profundidades de 10-20 cm e os maiores valores de densidade ocorreram para essa profundidade. Essa relação foi também observada em outros estudos dentro os quais destacam-se de Tormena et al., (1998); Rosolem; Almeida; Sacramento (2001), Klein; Libardi (2002). Segundo Reichardt (1985) esses valores de densidade, demonstram maior compactação e conseqüentemente maior resistência do solo a penetração de raízes assim como menor infiltração da água para as camadas profundas do solo.

Tanto os valores de densidade aparente quanto os de porosidade total apresentado para os sistemas da fazenda parecem revelar que as práticas de preparo e de manejo não ocorreram de modo a comprometer de forma significativa as características e propriedades naturais do solo. O que se observa é a tendência a compactação nas camadas mais superficiais, o comportamento destes valores na área pode ser explicado pela presença de uma cobertura vegetal menos densa o qual deixa o solo mais exposto as chuvas e as incidências dos raios solares.

Tabela 1 – Valores médios de densidade e porosidade Total do solo em diferentes profundidades.

Sistemas	Densidade (g cm <sup>-3</sup> )			Porosidade Total (%)		
	Profundidade (cm)					
	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
C	1,42 Aa	1,48 Aa	1,52 Aa	46,30 Aa	43,99 Aa	42,85 Aa
PCF	1,43 Aa	1,55 Aa	1,54 Aa	46,00 Aa	41,49 Aa	41,87 Aa
PM	1,46 Aa	1,51 Aa	1,46 Aa	45,04 Aa	43,06 Aa	45,05 Aa
PF	1,40 Aa	1,53 Aa	1,51 Aa	47,19 Aa	42,08 Aa	42,96 Aa

C (capoeira); PCF (paricá x curauá x freijó); PM (paricá x mogno); PF (paricá x freijó).

Valores médios seguidos da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, a 5 % de significância pelo teste de Tukey.

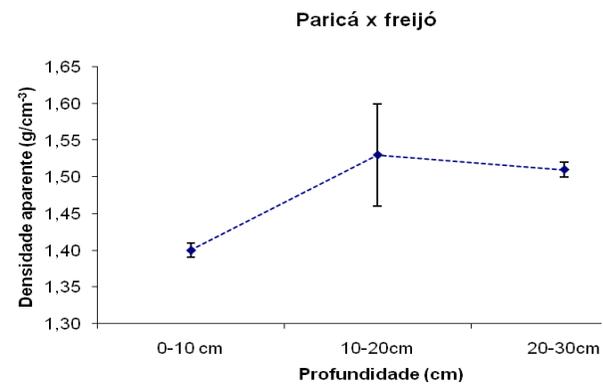
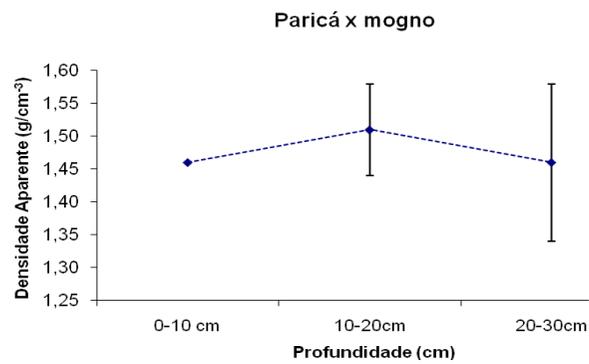
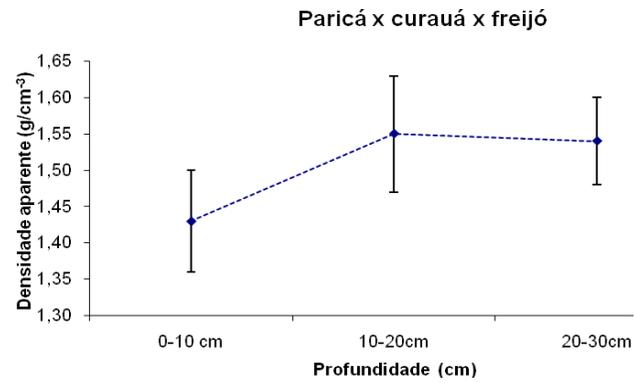
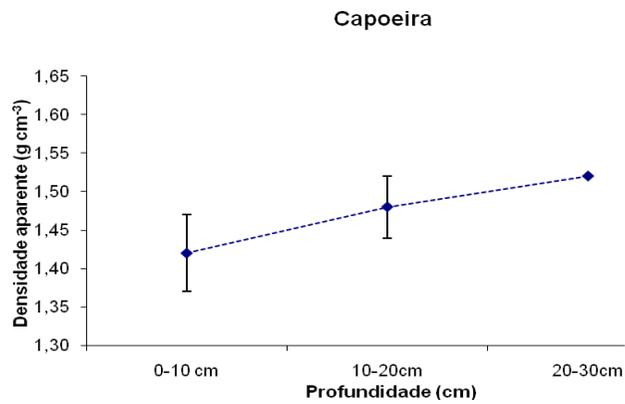


Figura 15 – Médias estimadas da densidade aparente e os respectivos desvios-padrões para capoeira C (n=12); paricá x curauá x freijó PCF (n=6); paricá x mogno PM (n=6); paricá x freijó PF (n=6).

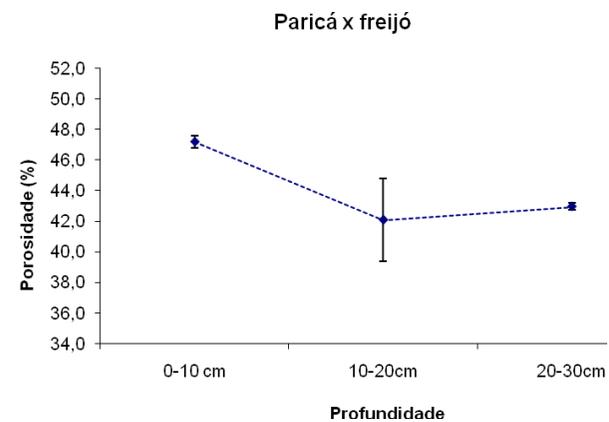
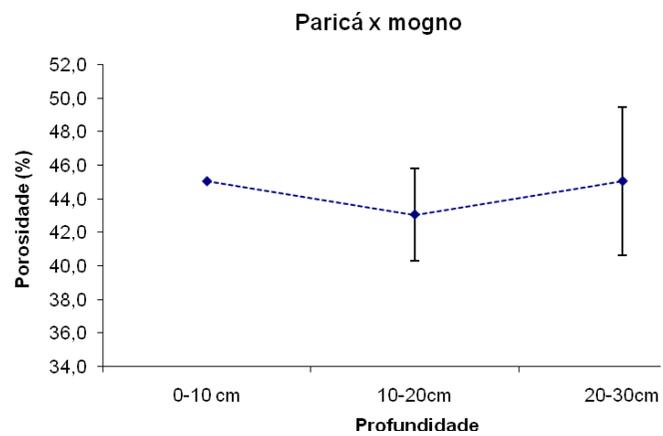
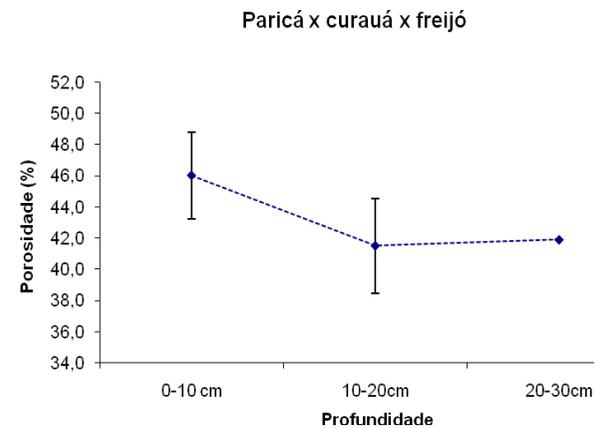
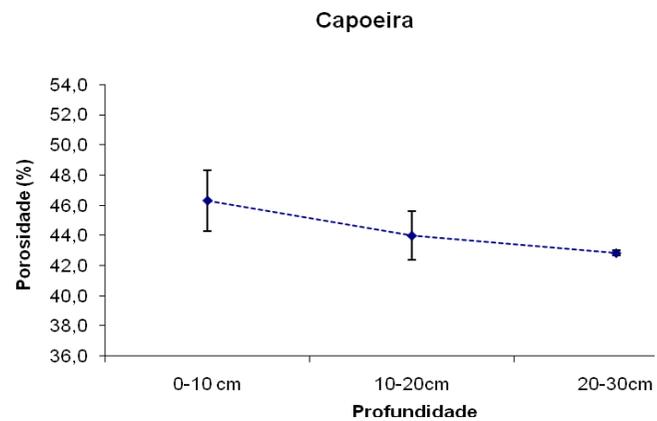


Figura 16 – Médias estimada da porosidade total para capoeira(C) (n=12); paricá x curauá x freijó (PCF) (n=6); paricá x mogno (PM) (n=6); paricá x freijó (PF) (n=6).

### 5.1.2 Umidade

Para os valores de umidade do solo foi verificada interação significativa entre as profundidades e estações e entre sistemas e estações ( $p < 0,05$ ). Os efeitos da sazonalidade foram observados para os sistemas estudados, pois os valores de umidade do solo foram significativamente maiores durante a estação chuvosa.

Em todas as profundidades, assim como para os tratamentos, ocorreram diferenças significativas, tanto para o período seco, quanto para o chuvoso. Com relação à sazonalidade, como era de se esperar, os maiores valores de umidade foram encontrados no período chuvoso, nas profundidades de 20-30 cm e os menores valores no período seco, nas profundidades de 0-10 cm (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores médios de umidade do solo em diferentes profundidades e sistemas.

Sistemas	Estação seca			Estação chuvosa		
	Profundidade (cm)					
	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
C	4,41 ± 0,59	7,32 ± 0,89	8,56 ± 0,82	12,63 ± 1,99	13,53 ± 1,17	15,01 ± 1,19
PCF	4,78 ± 1,15	6,45 ± 0,79	7,34 ± 1,15	13,98 ± 2,95	14,14 ± 1,98	14,93 ± 1,71
PM	2,97 ± 0,49	3,85 ± 0,67	5,61 ± 0,39	10,79 ± 2,03	10,81 ± 1,41	12,26 ± 1,23
PF	3,50 ± 0,53	5,26 ± 0,95	6,55 ± 0,69	12,25 ± 1,92	12,73 ± 2,10	13,40 ± 1,10

C (capoeira); PCF (paricá x curauá x feijó); PM (paricá x mogno); PF (paricá x feijó). Os resultados representam médias de 8 repetições e seu respectivo desvio padrão.

## 5.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA

### 5.2.1 pH do solo em água

Para todos os sistemas o pH ( $H_2O$ ) do solo entre as camadas estudadas apresentou um gradiente decrescente no perfil do solo (Tabela 3). Ocorreu interação significativa entre profundidade e estação ( $p < 0,05$ ), porém não foram observadas diferenças significativas para os sistemas estudados (Figura 17).

Essa diminuição dos valores de pH ao longo da profundidade pode ser devido a lixiviação de bases, decomposição da serapilheira e também da consequência da

atividade microbiana local e da desigual distribuição dos resíduos orgânicos do solo. Brady, (1989) explica que existem diferenças no pH do solo com apenas alguns centímetros de separação. Essa diminuição dos valores de pH ao longo das profundidades foi também observada em outros estudos em diferentes usos da terra (CASTRO FILHO et al; 2002; SILVA et al, 2006).

As diferenças significativas ocorreram em todas as profundidades da estação chuvosa, sendo que nas profundidades de 0-10 cm esses valores foram significativamente maiores. Na estação seca ocorreu diferença significativa apenas na profundidade 0-10 cm. Nas profundidades de 10-20 e 20-30 cm as diferenças não foram significativas quando comparado às estações. Os valores para as profundidades de 10-20 e 20-30 cm foram mais elevados na estação seca do que na estação chuvosa. Quando comparados os valores de pH entre as profundidades nas estações, os valores foram mais elevados nas profundidades de 0-10 cm para todos os sistemas.

O pH variou entre 5,19 (paricá x curauá x freijó) e 5,83 (paricá x freijó) durante a estação úmida, e para a estação seca entre 5,28 (paricá x curauá x freijó) e 5,82 (paricá x mogno). Os menores valores de pH ocorreram no paricá x curauá x freijó e os maiores valores ocorreram em paricá x mogno e paricá x freijó. Com relação a variação do pH (intervalo entre 5,19 até 5,83) está de acordo com os valores da maioria dos solos da Amazônia, onde normalmente este índice está situado na faixa que varia entre 4,0 e 5,5 (FALESI et al, 1980). Estes valores podem estar também relacionados ao tipo de solo da região, pois de acordo com Oliveira Junior et al. (1997) Vieira; Santos, (1987), os Latossolos amarelos, são solos altamente intemperizados, com fortes limitações nutricionais, e segundo Sanchez (1981) esses solos apresentam como característica elevada acidez, e textura variando de arenosa a muito argilosa, com baixos valores de matéria orgânica.

No presente trabalho não foi realizado o estudo de bases trocáveis então pressupõe-se que os valores de pH podem estar diretamente relacionados com a variação do teor das bases trocáveis. Antes da instalação dos sistemas na Fazenda Tramontina os valores de pH e análises químicas do solo eram extremamente baixos (Tabela 4) quando comparados com outras áreas da Amazônia. Após três anos da utilização de NPK e de adubo orgânico os valores de Na, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> K<sup>+</sup>, P e da

soma de saturação de bases aumentaram nos sistemas (CORDEIRO, 2007) (Tabela 5).

Tabela 3 – Valores médios de pH (H<sub>2</sub>O) do solo em diferentes profundidades.

Sistemas	Estação seca			Estação chuvosa		
	profundidade (cm)					
	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
C	5,58 ± 0,26	5,57 ± 0,23	5,54 ± 0,26	5,68 ± 0,46	5,35 ± 0,23	5,42 ± 0,10
PCF	5,45 ± 0,30	5,28 ± 0,11	5,42 ± 0,20	5,61 ± 0,08	5,19 ± 0,09	5,25 ± 0,23
PM	5,82 ± 0,27	5,59 ± 0,18	5,76 ± 0,05	5,68 ± 0,30	5,66 ± 0,48	5,43 ± 0,25
PF	5,68 ± 0,12	5,72 ± 0,13	5,70 ± 0,10	5,83 ± 0,19	5,48 ± 0,18	5,47 ± 0,12

C (capoeira); PCF (paricá x curauá x feijó); PM (paricá x mogno); PF (paricá x feijó). Os resultados representam médias de 8 repetições e seu respectivo desvio padrão.

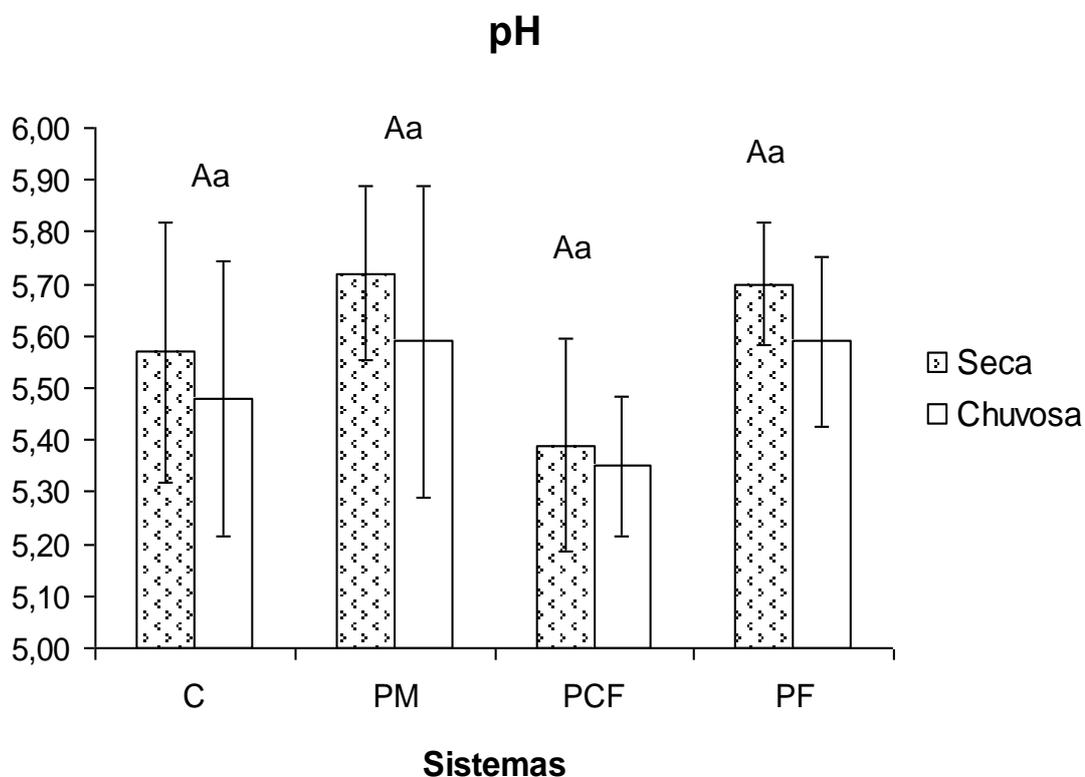


Figura 17 – Valores médios de pH para capoeira(C) (n=12); paricá x curauá x feijó (PCF) (n=12); paricá x mogno (PM) (n=12); paricá x feijó (PF) (12).

Tabela 4 – Teores médios dos elementos químicos do solo antes da implantação dos Sistemas florestais. Campo experimental Tramontina Belém S.A, Aurora do Pará (PA)

Sistemas	pH água	P	Na	K	Ca	Ca+Mg	Al	H + Al	SB	T	V	M
		mg/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>				cmolc/dm <sup>3</sup>		%	
P+F+M 2001	4,97	2,00	10,20	0,042	1,05	1,6	0,37	2,15	1,64	3,79	43,3	18,39
P+F+M2001+C2003	4,92	2,00	7,50	0,035	1,28	1,8	0,38	2,18	1,83	4,01	45,7	17,16
P+F2002	5,02	1,75	9,50	0,038	1,28	1,75	0,43	2,48	1,79	4,27	41,9	19,38
P+F+C2003	4,70	1,75	10,50	0,063	1,23	1,83	0,38	2,36	1,89	4,25	44,51	16,72
P+C2003	4,93	1,53	11,30	0,052	1,10	1,6	0,43	2,58	1,65	4,23	39,04	20,65
P2003	5,05	1,50	12,00	0,090	1,80	2,5	0,35	1,97	2,59	4,56	56,79	11,91
C2003	4,63	1,25	13,50	0,020	0,90	1,33	0,5	2,86	1,35	4,21	32,07	27,02

Tabela 5 – Teores médios dos elementos químicos do solo após 3 anos de implantação dos Sistemas Florestais. Campo experimental Tramontina Belém S.A, Aurora do Pará (PA), 2007.

Sistemas	pH água	P	Na	K	Ca	Ca+Mg	Al	H + Al	SB	T	V	M
		mg/dm <sup>3</sup>			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>		%	
P+F+M 2001	5,28 a	6,00	37,00ab	0,448a	3,70b	4,70ab	0,20a	1,98a	5,15	7,13	72,22	3,74
P+F+M2001+C2003	5,60 a	18,25a	29,50b	0,336a	3,20b	4,02b	0,30a	2,10a	4,36	6,46	67,47	6,44
P+F2002	5,35a	7,25c	45,00a	0,514a	4,40a	5,20a	0,10a	2,15a	5,71	7,86	72,66	1,72
P+F+C2003	5,60a	13,50b	31,25a	0,352a	3,87b	4,75ab	0,25a	2,23a	5,1	7,33	68,58	4,67
P+C2003	5,50a	23,00a	36,25ab	0,417a	3,75b	4,67ab	0,20a	2,35a	5,09	7,44	68,4	3,78
P2003	5,33a	9,20c	37,00ab	0,412a	3,50b	4,30ab	0,20a	1,82a	4,71	6,53	72,14	4,07
C2003	5,28a	19,00a	27,25b	0,410a	3,43b	4,35ab	0,20a	2,56a	4,76	7,32	65,03	4,03
CV(%)	1,86	59,27	16,75	12,94	8,33	9,08	24,83	11,62				

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de SNK ( $\alpha=0,05$ ).

Fonte: (CORDEIRO, 2007).

### 5.2.2 Nitrogênio Mineral ( $\text{NH}_4^+$ e $\text{NO}_3^-$ ) do solo

Não foi observada interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre sistema; profundidade e estação dos valores de nitrato e amônio para os sistemas estudados (Tabela 6). Somente para os valores de amônio ocorreu efeito significativo da interação entre profundidade e estação. Os efeitos da sazonalidade tanto para o amônio quanto para o nitrato foram observados para todos os sistemas (Tabela 6).

Os valores de amônio e nitrato foram significativamente ( $p < 0,05$ ) maiores na estação chuvosa (Tabela 7) e (Figura 18) e os maiores valores de amônio foram observados nos meses de janeiro (Figura 19). Foi observado também que os maiores valores de N-inorgânico ocorreram nas camadas superficiais, nas profundidades de 0-10 cm, tanto para a estação seca quanto para a chuvosa. Em todos os sistemas as concentrações de amônio foram sempre maiores que as de nitrato, de acordo com Piccolo et al. (1994); Verchot et al. (1999) e Martinelli (2003) isto pode estar relacionado a baixa disponibilidade de N nos sistemas estudados, assim como a maior preferência e captura de nitrato pelo microrganismos e vegetais. A disponibilidade do amônio pode ter sido influenciada pela natureza do solo, pelas características e propriedades como temperatura, capacidade de retenção de água, aeração, densidade, pH que provavelmente afetam a atividade de microrganismos responsáveis pela mineralização do nitrogênio.

As baixas concentrações de nitrato encontradas, nesses solos neste período de coleta, podem indicar maior captura pela microbiota do solo e pelas raízes das plantas, lixiviação, pois esse íon é rapidamente lixiviado devido a sua carga negativa, que impede a sua agregação aos colóides do solo, ou baixa produção de nitrogênio na forma nitrato, pois em solos de ecossistemas tropicais tem sido registradas altas amonificações e baixa nitrificação (PICCOLO et al., 1994; NEILL et al., 1997; VENZKE FILHO et al., 2004; CARMO; 2005). De acordo com Carmo (2005); Verchot et al. (1999) as baixas concentrações de nitrato em solos podem ocorrer em virtude da existência de poucos microrganismos nitrificadores. Além disso outros fatores podem limitar o processo de nitrificação em solos como por exemplo a existência de microssítios anaeróbicos (KHALIL et al., 2002; CARMO, 2005).

Na estação chuvosa os maiores valores de amônio ocorreram na capoeira (Tabela 7), na profundidade 0-10 cm e os menores valores ocorreram no paricá x mogno nas profundidades de 10-20 e 20-30 cm. Os valores de amônio para essa estação variaram de 5 a 15  $\mu\text{g N g}^{-1}$  dia. Na estação seca os maiores valores de amônio também ocorreram na capoeira (Tabela 7), na profundidade de 0-10 cm e os menores valores ocorreram no paricá x curauá x freijó, nas profundidades de 10-20 e 20-30 cm. Para a estação seca a variação foi de 2 a 10  $\mu\text{g N g}^{-1}$  dia.

Os maiores valores de nitrato na estação seca ocorreram no paricá x curauá x freijó (Tabela 7), na profundidade de 0-10 cm e os menores valores ocorreram na capoeira nas profundidades de 10-20 e 20-30 cm. Para a estação seca a variação dos valores de nitrato foi de 1 a 7  $\mu\text{g N g}^{-1}$  dia. Para a estação chuvosa os maiores valores de nitrato ocorreram no paricá x curauá x freijó (Tabela 7), nas profundidades de 0-10 cm e os menores valores no paricá x mogno nas profundidades de 20-30 cm. Para a estação chuvosa a variação dos valores de nitrato foi de 2 a 7  $\mu\text{g N g}^{-1}$  dia.

Os valores elevados de N-mineral na estação chuvosa, em todos os sistemas do estudo, indicam que o enriquecimento da solução do solo pode ser proveniente da lixiviação dos produtos resultantes da mineralização da matéria orgânica do solo na estação seca, pois segundo Luizão (1992) uma maior produção de liteira ocorre na época seca, mas a sua decomposição é acelerada na época chuvosa devido a atividade de microorganismos. Segundo Neill et al. (1997) a umidade do solo pode ser um importante controlador de reservas de N-inorgânicos no solo, principalmente nas taxas de transformações e disponibilidade de nitrato, essas relações são complexas e mediadas pelo balanço entre a mineralização e imobilização no solo e os microorganismos dependendo das taxas de umidade e dos processos de secagem do solo.

Tabela 6 – Efeitos dos tratamentos, profundidades (0-10, 10-20, 20-30) e estações nos estoques de N-inorgânico na Fazenda Tramontina.

	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Mineralização		Nitrificação	
	F	P	F	P	F	P	F	P
Sistemas (S)	* 18,08	* 0,0000	* 4,82	* 0,0041	0,61	NS	0,96	NS
Profundidade(P)	* 59,99	* 0,0000	* 21,53	* 0,0000	7,25	* 0,0014	0,26	NS
Estação (E)	* 132,18	* 0,0000	* 27,94	* 0,0000	7,72	* 0,0069	0,49	NS
S*P	1,56	NS	0,27	NS	1,76	NS	1,66	NS
S*E	0,64	NS	2,63	NS	2,60	NS	* 4,88	* 0,0038
S*E	* 15,02	* 0,0000	0,30	NS	5,70	* 0,0050	0,45	NS
S*P*E	1,35	NS	1,07	NS	1,97	NS	1,21	NS

\*: Significativo

NS: não significativo

Tabela 7 – Médias de N-inorgânico e das taxas líquidas de mineralização e nitrificação para os tratamentos estudados.

Tratamento	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> – N Pools		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> – N Pools		Mineralização		Nitrificação	
	µg N g <sup>-1</sup> d		µg N g <sup>-1</sup> d		µg N g <sup>-1</sup> d		µg N g <sup>-1</sup> d	
	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa
C	8,84	14,17	2,60	4,16	0,17	0,11	0,13	0,14
PCF	4,68	10,63	4,02	4,22	0,46	-0,01	0,07	0,22
PM	4,91	9,20	2,90	3,78	0,23	0,29	0,12	0,08
PF	5,79	11,55	2,84	3,87	0,54	0,06	0,32	0,09

C (capoeira); PCF (paricá x curauá x freijó); PM (Paricá); PF (paricá x freijó). Os resultados representam médias de 12 repetições.

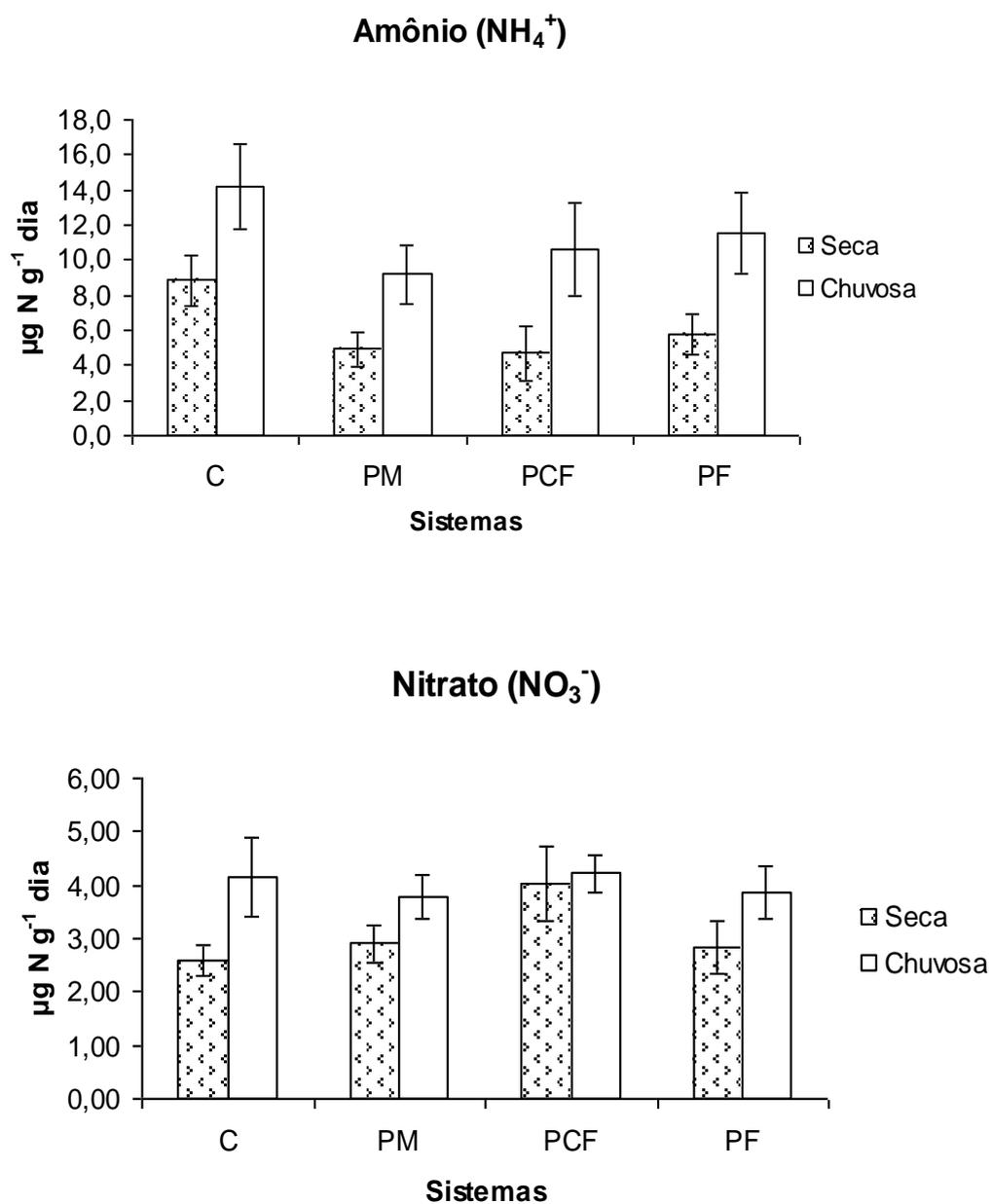


Figura 18 – Valores médios e respectivos desvios-padrões de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  para estação seca e chuvosa em C (n=12); PCF(n=12); PM (n=12); PF (n=12).

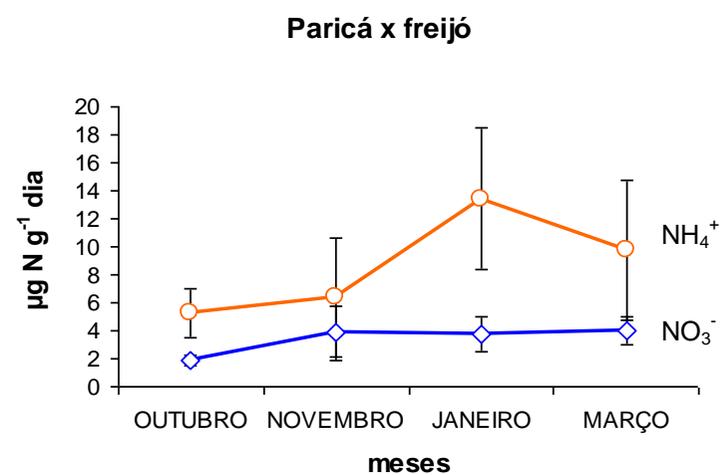
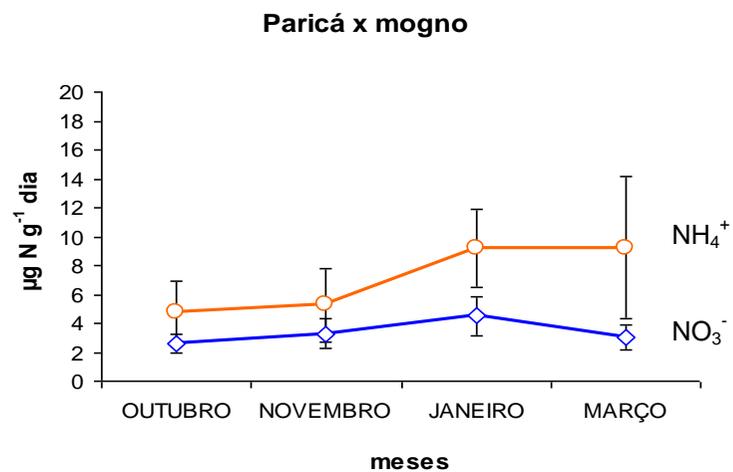
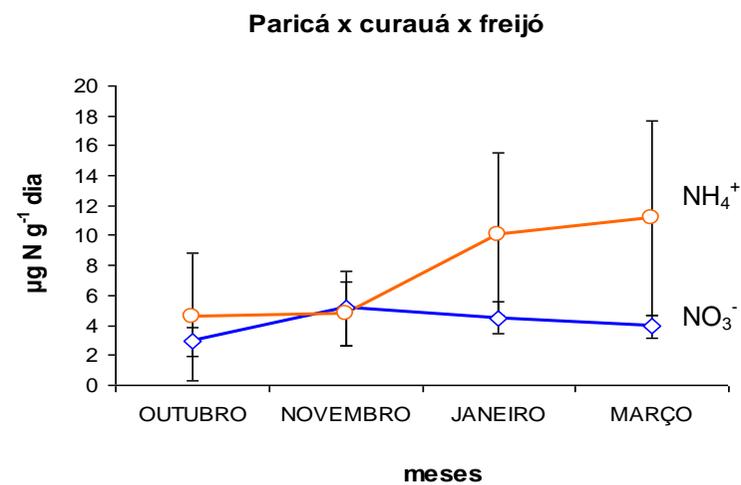
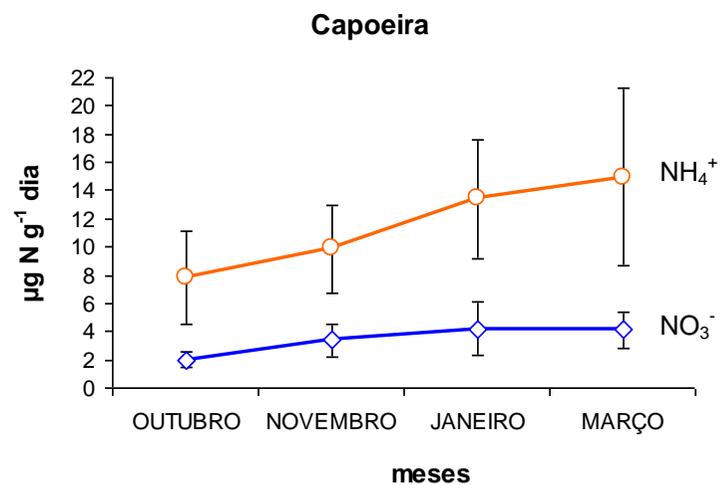


Figura 19– Valores médios e respectivos desvios-padrões de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> para C (n=12); PCF (n=12); PM (n=12); PF (n=12).

### 5.2.3 Taxas líquida de mineralização e nitrificação

Para os valores das taxas líquidas de mineralização ocorreu uma interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre profundidade e estação. Porém não ocorreu nenhuma interação entre tratamentos e estação. Para os valores das taxas líquidas de nitrificação ocorreu uma interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamento e estação, para as profundidades não foi observada interação. Para as taxas líquidas de mineralização e nitrificação não foi observada interação significativa entre os três fatores: tratamento, profundidade e estação (Tabela 6).

Os valores, tanto de nitrificação quanto de mineralização apresentaram alta variabilidade sazonal (Figura 20). A nitrificação na estação seca variou de  $-0,01$  a  $0,5 \mu\text{g N g}^{-1}$  dia e na estação chuvosa de  $-0,01$  a  $0,4 \mu\text{g N g}^{-1}$  dia. A mineralização na estação seca variou de  $-0,1$  a  $0,8 \mu\text{g N g}^{-1}$  dia e na estação chuvosa de  $-0,01$  a  $0,7 \mu\text{g N g}^{-1}$  dia. Essa variação pode estar intimamente relacionada a variação e a influencia de diversos fatores como a temperatura, umidade, pH, porosidade, disponibilidade de nutrientes (STE-MARIE; PARE, 1999; LUIZÃO et al., 1992).

Com os dados obtidos no estudo é observado que ocorre uma rápida mineralização para todas as áreas, pois esta situação reflete a baixa quantidade de nutrientes presentes nesses solos e também aos processos de manejo como a gradagem que estimularam o revolvimento do solo sobre os microrganismos e seus processos oxidativos. Além disso é importante ressaltar a aeração provocada pela retirada do solo para análise, pois este pode ser um fator importante que possa também ter contribuído para a intensificação do processo.

Para todos os tratamentos mesmo não ocorrendo interações significativas das taxas líquidas de mineralização entre os tratamentos nas estações (Tabela 6), observou-se a tendência dos maiores valores ocorrerem no período seco (Tabela 7), e os menores no período chuvoso, com exceção do paricá x mogno (Tabela 7). Na estação seca os maiores valores ocorreram no paricá x freijó na profundidade de 0-10 cm, enquanto que os menores valores foram observados na capoeira na profundidade de 10-20 cm. Na estação chuvosa, os maiores valores foram observados no paricá x mogno na profundidade de 20-30 cm e os menores valores no paricá x curauá x freijó, na profundidade de 10-20 cm.

Para todos os sistemas, foi observado que nas primeiras camadas de solo (0-10 cm) tanto para a estação seca quanto para a chuvosa ocorreu maior disponibilidade de nitrogênio inorgânico, maiores valores de urease, maiores estoques de carbono e nitrogênio, assim como respiração; de acordo com Moreira; Siqueira, 2006 isto pode estar relacionado com a presença de nitrogênio que induz ao maior consumo de carbono (liberação de CO<sub>2</sub>) pelos microrganismos, acelerando todo o processo através do aumento da atividade da população decompositora que acumula mais nitrogênio na biomassa em resposta a rápida absorção de nitrogênio fornecido. Segundo Luizão et al, 1999 a atividade microbiana se concentra nos primeiros centímetros superficiais do solo, pois nessa camada a fonte/reservatório de nutrientes é mais elevado devido aos processos de decomposição.

Em todas as áreas do presente estudo os valores encontrados da relação C/N ficaram em torno de 13 a 17/1, influenciando dessa forma em uma maior decomposição assim como nas taxas líquidas de mineralização e nitrificação. Segundo Moreira; Siqueira (2006) quando há mineralização, há também simultaneamente a assimilação de N na biomassa microbiana sendo tais processo influenciados pela qualidade do material em decomposição em termos de relação C/N. De acordo com Caíres (2000) o processo de mineralização e nitrificação é favorável quando os resíduos do solo possuem uma relação C/N ao redor de 15/1 a 20/1, esta relação está presente principalmente nas culturas de leguminosas.

Para as taxas líquidas de nitrificação ocorreu interação somente entre os tratamentos e estação. Foram observados em todos os tratamentos, com exceção da capoeira diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as estações. Na estação seca os valores mais elevados ocorreram no tratamento paricá x freijó (Tabela 7), na profundidade de 10-20 cm e os menores valores ocorreram no paricá x curauá x freijó na profundidade de 0-10 cm. Os valores do período seco das taxas líquidas de nitrificação podem ser explicado pela quantidade favorável de oxigênio presente no solo devido a maior porosidade que favoreceu os processos de oxidação do amônio a nitrato. Segundo Neill et al. (1995) as taxas líquidas de nitrificação diminuem com o aumento da umidade e com a diminuição do oxigênio em solos.

Na estação úmida os valores mais elevados ocorreram no paricá x curauá x freijó (Tabela 7) na profundidade de 10-20 cm. Provavelmente nesse período e nesse tratamento, ocorreu maior oxidação do amônio a nitrato, seguido do

abaixamento do pH, o que contribuiu para a elevação das taxas líquida de nitrificação nesse sistema. Segundo Moreira e Siqueira (2006) quando isso ocorre há produção líquida de  $2 \text{ H}^+$  resultando na diminuição do pH do solo. Essa condição foi refletida para os dados de pH para esse período, nesse sistema, pois os valores encontrados foram baixos com relação aos outros sistemas e a outra estação. Porém não se pode esquecer que o processo de oxidação exige altos teores de bases trocáveis, pois os microrganismos responsáveis pela nitrificação são sensíveis a valores baixo de pH (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). .

Nos sistemas estudados a nitrificação pode ter sido influenciada pelos valores de pH, esses valores podem estar também associados ao tipo de vegetação, pois em alguns ecossistema os padrões de nitrificação líquida tem sido associados com a sucessão da vegetação e também com a cobertura vegetal (RICE; PANCHOLY, 1972; VITOUSEK et al., 1981) sugerindo que esse processo muitas vezes seja controlado direta ou indiretamente pela composição da vegetação. Os processos de mineralização e nitrificação precisam ser melhores investigados em experimentos de longa duração, para se ter melhor conhecimento da área quanto a dinâmica do nitrogênio nesses solos.

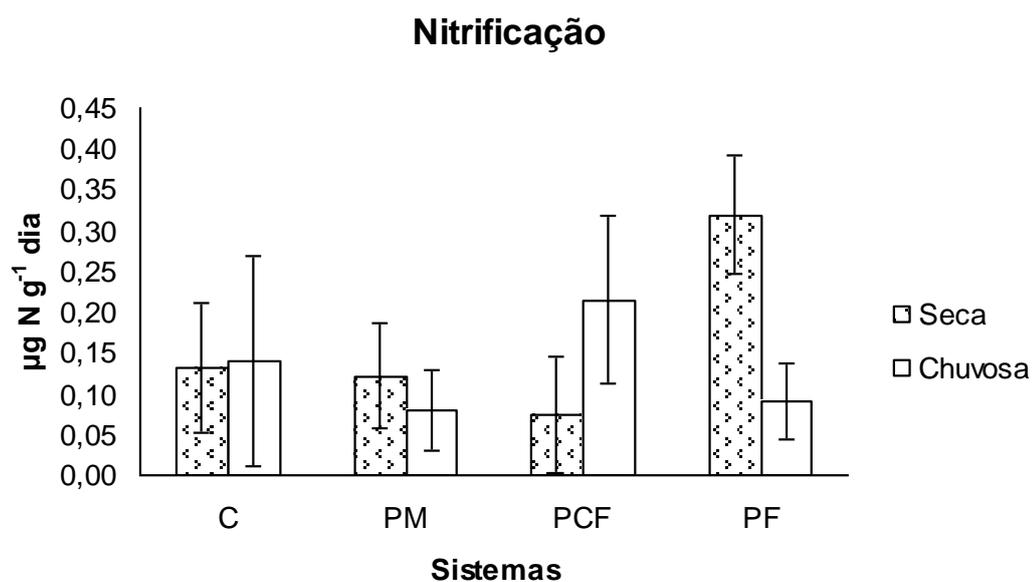
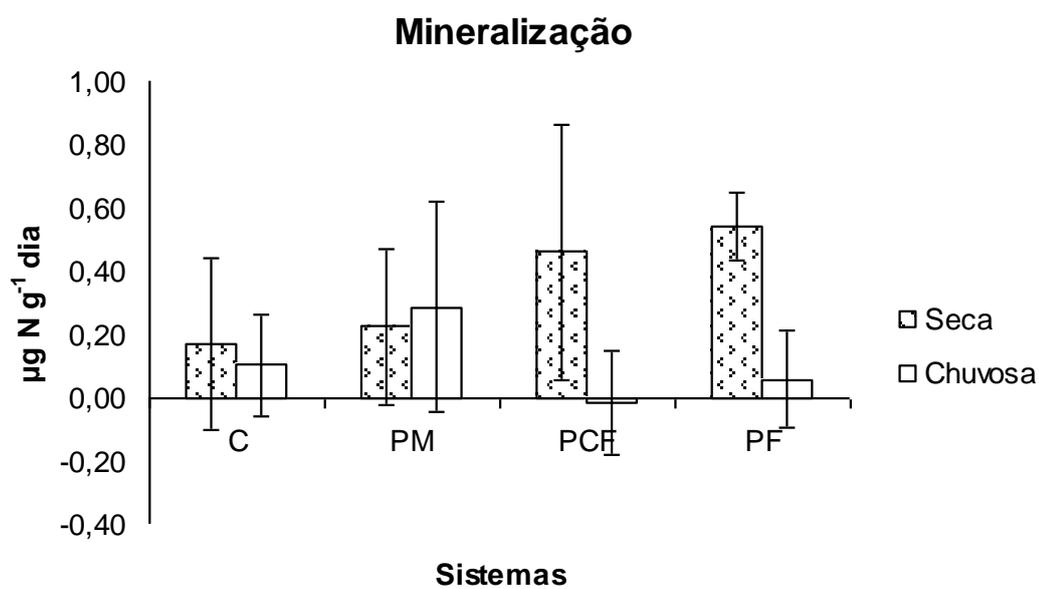


Figura 20 – Valores médios das taxas de mineralização e nitrificação nas estações seca e chuvosa para C (n=12); PCF (n=12); PM (n=12); PF (n=12).

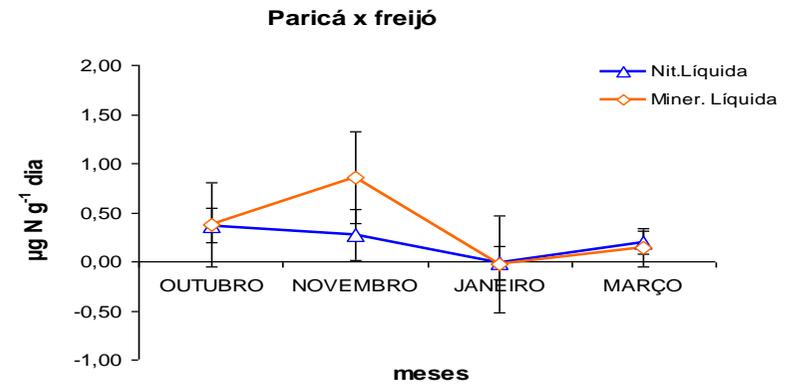
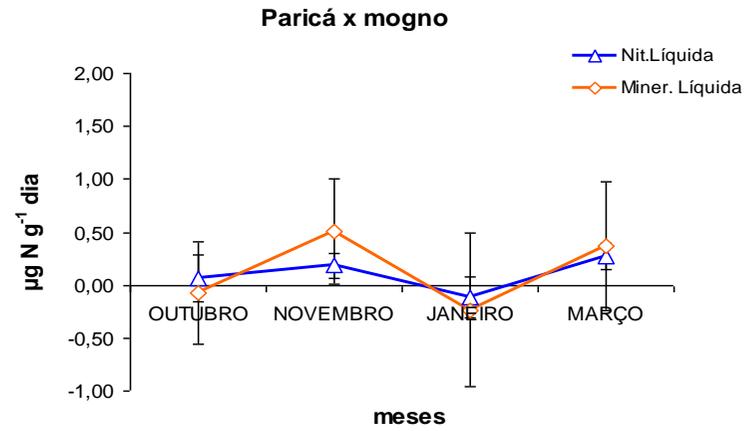
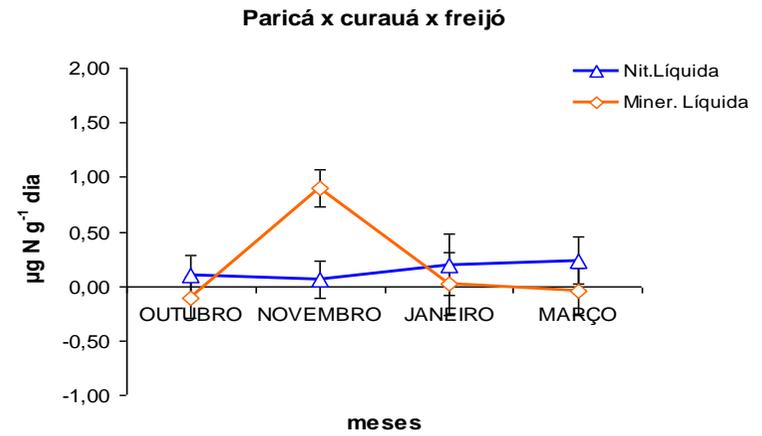
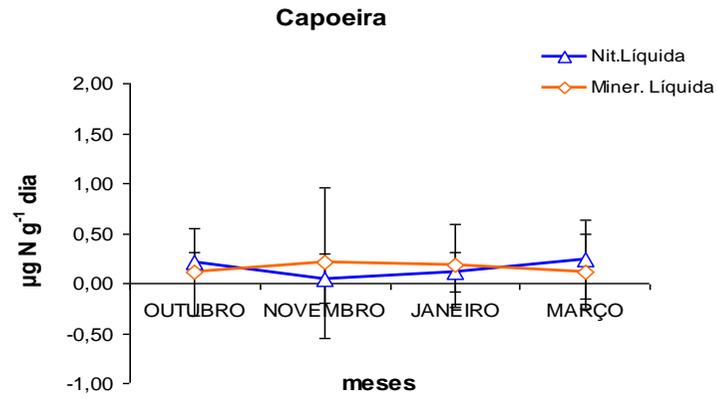


Figura 21 – Valores médios das taxas de mineralização e nitrificação para C (n=12); PCF (n=12); PM (n=12); PF (n=12).

### 5.2.4 Urease

O efeito da sazonalidade foi verificado para os tratamentos estudados. Para os valores de urease foi observado interação entre profundidade e estação ( $p < 0,05$ ). Porém não foi observado interação entre tratamento, profundidade e estação.

Os valores para urease foram mais elevados na estação seca (Figura 22). Nesse período os maiores valores de urease ocorreram no paricá x freijó na profundidade de 0-10 cm e os menores valores no paricá x mogno na profundidade de 20-30 cm. Para a estação seca os valores variaram de 5 a 19  $\mu\text{g}$  de  $\text{NH}_4^+$ . Na estação chuvosa os maiores valores foram observados na capoeira na profundidade de 0-10 cm e os menores valores no paricá na profundidade de 20-30 cm. Para a estação chuvosa os valores variaram de -0,3 a 10  $\mu\text{g}$  de  $\text{NH}_4^+$ .

Com relação as profundidades nas camadas de (0-10, 10-20, 20-30 cm) a urease apresentou diferenças significativas tanto para a estação seca quanto para a chuvosa. Foi observado que os maiores valores de urease ocorreram na estação seca nas profundidades de 0-10 cm e os menores valores na profundidade de 20-30 cm. Na estação chuvosa foi observado que os valores de urease também decresceram com a profundidade isso foi observado para todos os tratamentos.

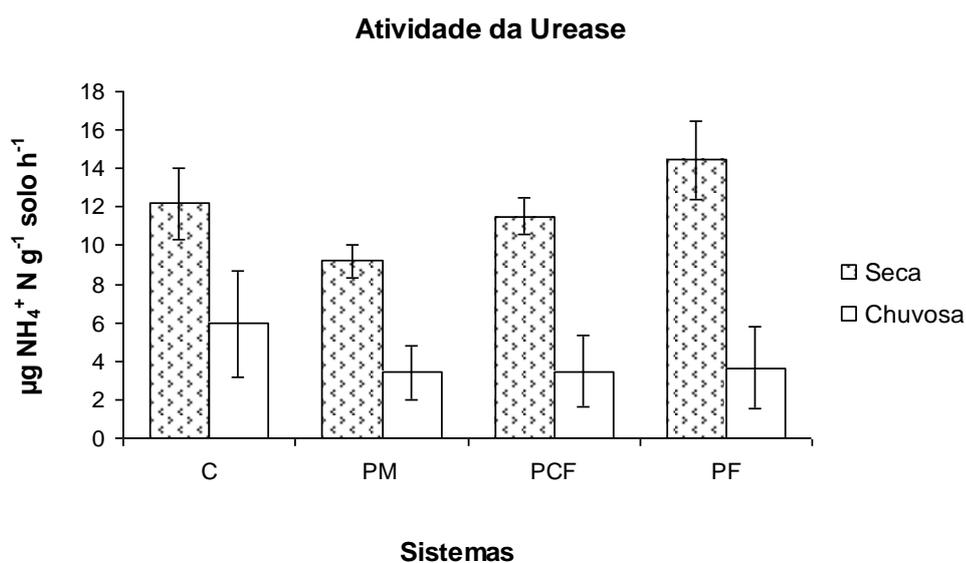


Figura 22 – Atividade da enzima urease em C (n=12); PM (n=12); PCF (n=12) e PF (n=12).

### 5.2.5 Respiração basal

Para os valores de respiração basal foi observado interação entre profundidade e estação ( $p < 0,05$ ). Porém não ocorreu nenhuma interação entre os três fatores: tratamento, profundidade e estação.

Mesmo não apresentando nenhuma interação significativa entre os tratamentos nas estações, os valores para a respiração foram mais elevados na estação chuvosa (Figura 23), nas primeiras camadas do solo (0-10 cm), sendo que os maiores valores se deram no mês de março, enquanto que os menores ocorreram no mês de novembro.

Embora não tenha apresentado diferenças significativas dos valores entre os tratamentos; a capoeira e o paricá x curauá x freijó tenderam apresentar valores mais elevados de respiração na estação chuvosa. Nesse período se observa que nas primeiras camadas de solo (0-10 cm) ocorreu maior respiração, esses valores elevados nesta estação se deu devido a umidade que favoreceu maior quantidade de microrganismos presentes na camada superficial do solo. A área onde os valores de respiração tenderam ser mais baixos nesse período corresponde ao tratamento de Paricá x mogno.

No período seco a capoeira tendeu apresentar valores mais elevados de respiração. Esses valores também foram mais elevados nas primeiras camadas da superfície (0-10 cm). E a área correspondente aos valores mais baixos desse período, também foi a de paricá x mogno.

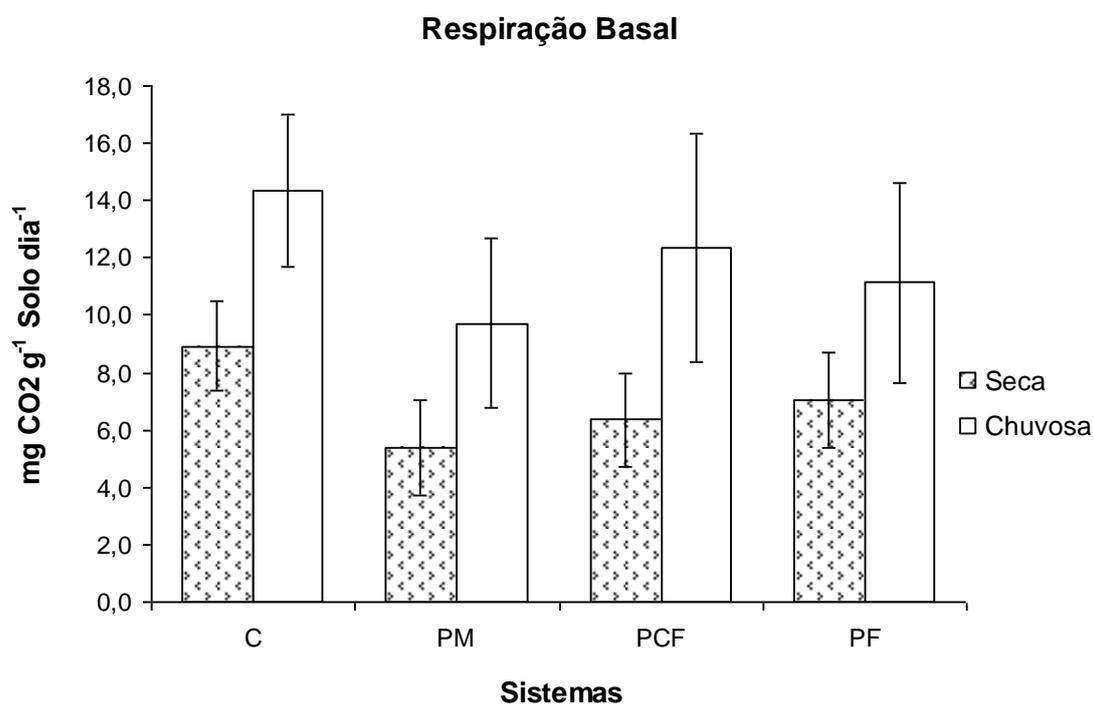


Figura 23 – Médias sazonais e respectivos desvios de Respiração Basal em C (n=12); PM (n=12); PCF (n=12) e PF (n=12).

### 5.2.6 Estoques de carbono e nitrogênio total (Mg/ha)

Para os valores de estoque de carbono e nitrogênio não foi observado o efeito da sazonalidade para os tratamentos estudados, assim como nenhuma interação entre tratamento, profundidade e estação ( $p < 0,05$ ).

Mesmo não apresentando diferenças significativas entre os tratamentos nas estações, os valores para o estoque de carbono tenderam ser mais elevados na estação chuvosa. Nesse período, assim como na estação seca, foi observado que os maiores valores ocorreram nas primeiras camadas do solo (0-10 cm). Os estoques de carbono apresentaram comportamento característico para o tipo de solo estudado pois sendo o latossolo, deve-se esperar que apresentem valores mais elevados na superfície e decréscimo com a profundidade.

Tanto na estação seca, quanto na chuvosa, a capoeira tendeu apresentar valores mais elevados nas primeiras camadas do solo (0-10 cm); e o paricá x mogno tendeu apresentar os menores valores de carbono para as duas estações (Tabela 8). Este fato pode estar relacionado a vários fatores como: a) o maior tempo de implantação desse sistema que mostra a eficiência em aumentar a matéria orgânica

do solo e acumular carbono e nitrogênio no solo, b) da variabilidade da espécies vegetais presente com isso maior adição de resíduos vegetais; c) não revolvimento do solo pode ter contribuído para maior preservação da sua estrutura o que conferiu a matéria orgânica maior proteção ao ataque de microrganismos e de seus complexos enzimáticos.

Tabela 8 – Valores médios de estoques de carbono e nitrogênio para os tratamentos estudados.

Tratamento	Estoque C (Mg/ha)					
	Estação seca			Estação chuvosa		
	Profundidade (cm)					
	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
C	25,51 ± 4,77	16,76 ± 3,02	17,65 ± 1,68	26,45 ± 5,90	20,12 ± 1,70	19,35 ± 2,26
PM	18,32 ± 3,26	12,30 ± 1,33	12,33 ± 0,93	20,67 ± 0,61	15,63 ± 2,10	15,19 ± 0,34
PCF	20,77 ± 2,30	16,30 ± 1,15	13,87 ± 0,48	23,57 ± 1,49	21,22 ± 2,59	17,41 ± 0,86
PF	20,19 ± 3,75	12,48 ± 3,09	11,93 ± 1,85	24,25 ± 1,85	20,05 ± 2,59	17,51 ± 1,48
	Estoque N (Mg/ha)					
C	1,80 ± 0,27	1,45 ± 0,42	1,34 ± 0,08	1,47 ± 0,46	1,36 ± 0,16	1,29 ± 0,20
PM	1,18 ± 0,20	0,78 ± 0,10	0,80 ± 0,04	1,08 ± 0,09	0,76 ± 0,16	0,77 ± 0,03
PCF	1,45 ± 0,15	1,14 ± 0,11	0,95 ± 0,03	1,42 ± 0,12	1,29 ± 0,11	1,05 ± 0,07
PF	1,51 ± 0,24	0,98 ± 0,29	0,92 ± 0,12	1,36 ± 0,17	1,17 ± 0,21	1,02 ± 0,17

Os valores para o estoque de nitrogênio tenderam ser mais elevados na estação seca. Tanto para o período seco quanto para o chuvoso os maiores valores ocorreram nas primeiras camadas superficiais do solo (0-10 cm). A capoeira tendeu apresentar os valores mais elevados tanto para a estação seca quanto para a chuvosa e o paricá x mogno tendeu apresentar os menores valores para as duas estações, sendo que na estação seca os menores valores ocorreram na profundidade 10-20 cm (Tabela 8).

Os menores estoques de carbono e nitrogênio encontrados para o paricá x mogno mostram que em virtude do revolvimento, do menor aporte de liteira esse sistema apresentou valores baixos de estoque de carbono e nitrogênio.

Nestes tipos de solo e nestes sistemas a relação C/N apresentou valores próximo do esperado. Nos solos desses sistemas esses valores indicaram atividade biológica intensa e estabilidade da matéria orgânica dos mesmos (SCHLESINGER, 1997; STEVENSON, 1999). A rápida decomposição desses sistemas foi

provavelmente decorrente da baixa relação C/N da biomassa microbiana. Esta velocidade na decomposição torna-se importante principalmente em áreas onde o solo é pobre em nutrientes, e com a rápida decomposição facilita maior incorporação e ciclagem de nutrientes nos sistemas. Isso porque a decomposição de materiais vegetais e animais no solo sendo um processo biológico torna-se fundamental, porque o carbono é recirculado na atmosfera na forma de  $\text{CO}_2$ , o nitrogênio é disponível na forma de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  e ocorre a disponibilidade de outros elementos como (fósforo, sulfato, e outros micronutrientes) que são formas requeridas pelas plantas. Durante a decomposição pelos microrganismos o carbono é liberado na atmosfera na forma de  $\text{CO}_2$ , e outra porção significativa permanece na matéria orgânica do solo. Neste processo parte dos nutrientes são assimilados pelos microrganismos e incorporados pela biomassa microbiana.

## 6 CONCLUSÃO

- Dentre os sistemas da fazenda que foram mais eficientes quanto a dinâmica do amônio e nitrato destacam-se o Paricá x curauá x freijó e Paricá x freijó. Nesses dois sistemas foram encontrados os maiores valores dos parâmetros físicos e biológicos.
- Os maiores valores dos parâmetros biológicos foram encontrados nas primeiras camadas do solo (0-10 cm), esses resultados indicaram intensa atividade dos microrganismos nessa camada.
- Quanto às estações os maiores valores de mineralização, urease, pH, estoque de nitrogênio correram na estação seca.
- Nos solos dos sistemas da Fazenda Tramontina a relação C/N indicou intensa atividade biológica e rápida decomposição, essa situação refletiu a baixa disponibilidade de nutrientes presentes nesses solos.
- Para se ter melhor conhecimento da área quanto a dinâmica do nitrogênio e carbono nesses solos a ciclagem de nutrientes precisa ser melhor investigada em experimentos de longa duração.

## REFERÊNCIAS

- ALEF K.; NANNIPIERI, P. Soil Respiration. **Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry**. Chapter 5. Estimation of Microbial Activities. Academic Press, New York. Edts. 1995. p.215-220.
- 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.
- BAENA, A. R. C; FALESI, I. C; DUTRA, S. **Características físico-químicas do solo em diferentes agroecossistemas na região Bragantina do nordeste paraense**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998. 38 p.
- BALIEIRO, F.C.; OLIVEIRA, W.C; PEREIRA, M.G. ; ANJOS, L.H.C.; JACCOUD, C.F.; PICCOLO, M. C. . Fertilidade e carbono do solo e uso da água pelo eucalipto numa topossequência em Seropédica, RJ. **Revista Árvore**, V. 32, p. 153-162. 2008.
- BARNEBY. **Neotropical Fabales at NY: asides and oversights**. Brittonia. V. 48, n. 2, p. 174-187. 1996.
- BELSKY, A.J.; AMUNDSON, R.G.; DIXBURY, J.M. The effects of trees on their physical, chemical, and biological environments in a semi-arid savanna in Kenya. **Journal of Applied Ecology**, V.26, p.1005-1024. 1989.
- BERNOUX, M.; ARROUAYS, D.; CERRI, C. C.; BOURENNANE, H. Modeling vertical distribution of carbon in oxisols of the Western Brazilian Amazon (Rondônia). **Soil Science**, Baltimore, V. 163, p. 941-951. 1998.
- BOUILLET, J.P. ; LACLAU, JEAN PAUL ; GONCALVES, J. L. M. ; MOREIRA, R. M. ; TRIVELIN, P. C. O. ; JOURDAN, C. ; SILVA, E.V. ; PICCOLO, M. C. ; TSAI, S.M. ; GALIANA, A. . Mixed species plantations of *Acacia mangium* and *Eucalyptus grandis* in Brazil. 2: Nitrogen accumulation in the stands and biological N<sub>2</sub> fixation.. **Forest Ecology and Management**, V. 255, p. 3918-3930. 2008.
- BRADLEY, J. D. Description of two genera and species of Phycitinae associated with *Hypsipyla robusta* (Moore) on Meliaceae in Nigeria (Lepidoptera, Pyralidae). **Bulletin of Entomological research**, London, V. 57, n. 4, p. 605-613. 1968.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedades de solos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 879 p.
- BRIENZA JUNIOR, S. **Freijó em sistemas agroflorestais**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1982. 15 p. Circular técnica.

CADAVID, L.F.; EL-SHARKAWY, M.A.; COSTA, A.; SANCHES, T. Long-term effects of much fertilization and tillage on cassava grow in sandy soils northern. Colombia. **Field crops research**, Amsterdam.V.57, p 45-56. 1998.

CAÍRES, E. F. **Manejo na fertilidade do solo no sistema plantio direto: Experiências no estado do Paraná** IN: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24. 2000, Santa Maria. Fertbio, 2000. CD-ROM.

CAMPOS, P. S.; PAIS, M. S. In vitro micropropagation of the macaronesiar evergreen tree persea indica (L.). In: SPRING, K. **In vitro cellular developmental Biology**, V. 32. p. 184-189. 1996

CARMO, Janaina Braga Do ; NEILL, Chirstopher ; MONTIEL, D. C. G. ; PICCOLO, M. C. ; CERRI, C. C. ; STEUDLER, P. A. ; ANDRADE, C A ; PASSIANOTO, Caio C ; FEIGL, B. J. ; MELILLO, J. M. . Nitrogen dynamics during till and no-till pasture restoration sequences in Rondônia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, **Kluwer Academic Publishers**, V. 71, p. 213-225. 2005.

CARPANEZZI, A. A.; YARED, J. A. G. **Crescimento de freijó (Cordia goeldiana Huber) em plantios experimentais**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1981. 10 p. (Boletim de pesquisa, n. 26).

CARVALHO FILHO, A. P.; MARQUES, L. C. T. Seleção de espécies promissoras para atividades de reflorestamentos em função das características silviculturais: relatório técnico de avaliação preliminar. **Brasil Florestal**, Brasília, V. 10, n. 37, p. 72-87. 1979.

CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Aggregate stability undere different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brazil. **Soil & tillage research, Amsterdam**, V. 65, p. 45-51. 2002.

CORDEIRO, I. M. C. C. **Comportamento Schizolobium parahyba var. amazonicum (huber ex Ducke) Barneby e Ananás comosus var. erectifolius (L. B. Smith) Coppens & Leal sob diferentes sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará (PA)**. Belém Pará, 2007, 115p. Tese (doutorado em agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

CORDEIRO, I, M. C. C.; LAMEIRA, O. A. ; OHASHI, S. T. ; REIS, L. R. S. Indução de calos in vitro de paricá (Schzolobium amazonicum Huber Ex Ducke). **Plant Cell Culture & Micropropagation**, V. 3, p. 35-40. 2007.

DACCARETT, M.; BLYDENSTEIN, J. La influencia de árboles leguminosos y no leguminosos sobre el forraje que crece bajo ellos. **Turrialba**, V.18, n.4, p.405-408. 1968.

De MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; DIAS, H.S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, V.23, p.703-709. 1999.

DOUROJEAMI, M. J. Consideraciones sobre el problema *Hypsipyla grandela* (Zeller) em las plantaciones de Meliácea em el Peru. Symposium on integrated control of *Hypsipyla* (Catie) II, 1, 1979, Proceedings. **Turrialba**, p 60-69. 1973

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, EMBRAPA/CNPS, 1997. 212 p.

FALESI, I.C.; BAENA, A.R.C.; DUTRA, S. **Conseqüências da exploração agropecuária sobre as condições físicas e químicas dos solos das microrregiões do Nordeste paraense**. Belém. EMBRAPA/CPATU. 1980. 49 p. (Boletim de Pesquisa, 14)

FALESI, I. C; GALEÃO, R. R. **Recuperação de áreas degradadas da mesorregião do noredeste paraense através do sistema agroflorestais.**, Emater. Belém PA. 2002, 25 p. Serie II

FRAZÃO, D. A. C; SILVEIRA, R. I; VIEGAS, I. J. M; KATO, A. K. Concentração de N, P, K nas diversas partes da planta de *cordia goeldiana*, Huber, em função da idade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27 anais: Embrapa cerrados/UNB. 1999, Brasília, DF.

GALLO. G. **Manual de entomologia agrícola**. 2 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1998. 649 p.

GRATAPAGLIA, D.; MACHADO, M. A. Micropropagação. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A (Ed). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília, DF: Embrapa-CNPq, 1998. p. 183-260.

GROGAN, J.; BARRETO, P.; VERISSIMO, A. **Mogno na Amazônia brasileira: Ecologia e perspectiva e manejo**. Belém: Imazon, 2002. 56 p.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

HUBER, J. **Arboretum Amazonicum: iconographia dos mais importantes vegetais espontâneos e cultivados da região amazônica**. 5 década. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1988. 50 p.

KANASHIRO, M. **Informações botânicas sobre (*cordia goeldiana* Huber)**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1982. 4 p. (Comunicado técnico, n.36)

KANDELER, E.; GERBER, H. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. **Biol. Fert. Of Soils**, n. 6, p.68-72. 1988.

KLEIN, V. A., LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V. 26, p. 857-867. 2002.

JESUS, R. C. S. de. **Características anatômicas e físicas da madeira de Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber Ex. Ducke), plantada em diferentes espaçamentos e condições ambientais no município de Aurora do Pará.** Belém, 2004, 170p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 2004.

JORDAN, C. F. **Nutrient cycling in tropical ecosystems: principais and their application in management and conservation.** New york: John wily, Academic Press 1985, 109 p.

LAMEIRA, O. A.; CORDEIRO, I. M. C. C.; MENESES, A. A. S. **Efeito de reguladores de crescimento na indução de brotações in vitro de mogno.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 15 p. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 51.

LAMEIRA, O. A.; LOPES, S. C.; NOGUEIRA, R. C.; CORDEIRO, I. M. C. C.; PINTO, J. E. B. P.; REIS, L. R. S. Efeito de diferentes concentrações de reguladores de crescimento sobre a micropropagação de mogno (*swietenia macrophylla* King) por meio de explantes juvenis. **Plant Cell culture Micropropagation**, V. 1, n.2, p. 53-58. 2005.

LE COINTE, P. **Árvores e plantas úteis: indígenas e aclimatadas.** São Paulo: Nacional, 1947. p. 389-390.

LEDO, I. A. de M. **O cultivo do Curauá no lago grande de Franca.** Belém: Banco da Amazônia S/A –BASA, 1967, 23 p.

LEMO, O. F. de.; LOPES, S. da C.; MENEZES, I. C. de.; LAMEIRA, O. A.; OLIVEIRA, M. do S. P. O. Produção de plantas para a micropropagação do mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Genetics and molecular Biology**, V. 21, n. 3, p. 216. 1998. Supplement. Programas e resumos do 44 Congresso Nacional de Genética, 1998.

LENTINI, M.; PEREIRA, D.; CELENTANO, D.; PEREIRA, R. **Fatos florestais da amazônia 2005.** Belém: Instituto do homem e do Meio Ambiente da Amazônia, 2005. 140 p.

LOPES, S. da C.; LAMEIRA, O. A.; FORTES, G. R. L.; NOGUEIRA, R. C.; LEAO, N. V. M. **Germinação “in vitro” de mogno.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 17 p. (Boletim de pesquisa, 30).

LUIZÃO, R. C. C.; BONDE, T. A.; ROSSWALL, T. Seasonal variation of soil microbial biomass – the effects of clear-felling a tropical rainforest and establishment of pasture in the central Amazon. **Soil Biology and Biochemistry**, Exeter, V. 24, n. 8, p. 805-813. 1992.

LUIZÃO, R. C. C.; COSTA, E. S. LUIZÃO, F. J. Mudanças na biomassa microbiana e nas transformações de nitrogênio do solo em uma sequência de idades e pastagens após derrubada e queima da floresta na Amazônia Central. **Acta amazônica**, V. 29, p. 43-56. 1999.

LUIZÃO, R. C. C.; SCHWENDENER, C. M.; LEHMANN, J.; CAMARGO, P.; FERNANDES, E. Nitrogen transfer between high- and low-quality leaves on a nutrient poor Oxisol determined by  $^{15}\text{N}$  enrichment. **Soil Biology and Biochemistry**, V. 37, p. 787-794. 2005.

MARTINELLI, L. A. Element interactions in Brazilian landscapes as influenced by human interventions. In: MELILLO, J. FIELD, C. B; MOLDAN, B.(Ed). **Scope 60: Interactions of the major biogeochemical cycles: Global change and human impacts**. [S.P]: Islands Press, p 193-210. 2003.

MARQUES, L. C. T.; BRIENZA JUNIOR, S. Sistemas agroflorestais na Amazônia Oriental: Aspectos técnicos e econômicos. In: Encontro Brasileiro de economia e planejamento florestal, 1991, Curitiba. **Anais**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1992, V. 2, p. 37-62.

MARQUES, L. C. T.; YARED, J. A. G. SIVIERO, M. A. **A evolução do conhecimento sobre o Paricá para reflorestamento no estado do Pará**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 2006. 5 p (Comunicado Técnico, 158).

MATSON PA & VITOUSEK PM. Cross-system comparisons of soil nitrogen transformations and nitrous oxide flux in tropical forest ecosystems. **Global Biogeochemical**. V. 1, p. 163–170. 1987

MELILLO, J. M; ABER, J. D; MURATORE, J. F. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decompositions dynamics. **Ecology Durham**. V. 63. p. 621-626. 1982.

MELO, C. F. M. de. **Relatório ao instituto Brasileiro de Desenvolvimento florestal sobre a viabilidade do aproveitamento papeleiro do Paricá (schizolobium amazonicum)**. Belém: Embrapa-CPATU, 1973. 6 p.

MONTAGNER, L. H.; YARED, J. A. G. **Aspectos da fenologia de Cordia goeldiana Huber e suas relações com alguns parâmetros climáticos**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1983. 18 p. (Boletim de pesquisa, 54).

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras. Editora UFLA, 2006. 626 p.

NALDELHOFFER, K. J.; ABER, J. D.; MELILLO, J. M. Leaf-litter production and soil organic matter dynamics along a nitrogen-availability gradient in southern Wisconsin (USA). **Canadian Journal of forest Research**, V. 13, p. 12-21. 1983.

NEILL, C.; MELLILO, J.M; STEUDLER, P. A.; CERRI, C. C.; MORAES, F. L.; PICCOLO, M. C.; BRITO, M. Soil carbon and nitrogen stocks followings forest clearing for pasture in the southern Brazilian Amazon. **Ecological Applications**, Washington, V. 7, p.1216-1225. 1997.

OHASHI, O. S.; SILVA, J. N. M.; SILVA, Fernandes, M. F. G.; COSTA, Silva, M. S. ; SARMENTO JUNIOR, R. G.; SANTOS, E. B dos ; ALVES, M. Z. N.; PESSOA, A. M.

G.; SILVA, T. C. O.; BITTENCOURT, P. R. G.; BARBOSA, T. C.; SANTOS, T. M.. Manejo integrado da broca do mogno *Hypsipyla grandella* Zeller (Lep., Pyralidae). In: Luiz Sebastião Poltronieri; Dinaldo Rodrigues Trindade. (Org). **Manejo Integrado das Principais Pragas e Doenças de Cultivos Amazônicos**. 1 ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, V. 1, p. 91-120. 2002

OLIVEIRA, E. C. P.; LAMEIRA, O. A.; SILVA, R. J. F.; SOUSA, F. I. B. Estrutura foliar de curauá em diferentes intensidade de radiação fotossinteticamente ativa. **Pesquisa agropecuária**: Brasília, v. 43, n. 2, p. 163-169. 2008.

OLIVEIRA, M.E.; LEITE, L.L.; CASTRO, L.H.R. **Influência de árvores de baru (*Dipteryx alata*) e pequi (*Caryocar brasiliense*) no solo sob pastagem de braquiária**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM SOIL FUNCTIONING UNDER PASTURES IN INTERTROPICAL AREAS, 2000, Brasília: Embrapa Cerrados/IRD, 2000. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; VALENTE, M. A; RODRIGUES, T. E; SILVA, J. M. L. **Caracterização físico-hídrica de cinco perfis de solo do nordeste paraense**. Belém: CPATU, 1997, p. 1-27. (Boletim de Pesquisa, v. 177).

PARROTA, J. A; FRANCIS, J. K. **Trees of the tapajós**. A photographic Field Guide. International Institute of Tropical forestry. USDA, forest Service, Río Piedras, PR, USA. 1995.

PEREIRA, A. P.; MELO, C. F. M de; ALVES, S. M. O Paricá (*Schizolobium amazonicum*), características gerais da espécie e suas possibilidades de aproveitamento na indústria de celulose e papel. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, V. 16, n.2, p. 1340-1344. 1982.

PEREIRA, F. D.; PINTO, J. E. B. P.; RODRIGUES, H. C. A; ROSADO, L. D. S.; BEIJO, L. A.; LAMEIRA, O. A. Proliferação in vitro de brotos de curauá utilizando diferentes volumes de meio de cultura. **Plant Cell Culture & Micropropagation**, V. 2, p. 102-106. 2006.

PEREIRA, F. D.; PINTO, J. E. B. P.; Rosado, L.D.S.; Castro, D.M. de; LAMEIRA, O. A. Caracteres anatômicos de fibras foliares de brotações de curauá propagadas in vitro. *Acta Scientiarum*. **Biological Sciences (Online)**, V. 29, p. 23-28. 2007.

PICCOLO, M. C.; NEILL, C.; CERRI, C. C. Net mineralization and net nitrification along atropical forest-to-pasture chronossequence. **Plant and soil**, V. 28, n. 2, p. 61-70. 1994.

REIS, I.N.R. de S.; LAMEIRA, O.A.; CORDEIRO, I.M.C.C. Efeito da adubação orgânica e de NPK no desenvolvimento do curauá (*Ananas erectifolius*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. **Anais**. Curitiba: Embrapa Florestas, 2004. p. 332-334. (Embrapa Florestas. Documentos, 98).

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo planta atmosfera**. 3.ed. Piracicaba: Fundação Cargill, 1985. 286 p.

REINERS, W. A.; BOUWMAN, A. F.; PARSONS, W. F. J.; KELLER, M. Tropical rain forest conversion to pasture: changes in vegetation and soil properties. **Ecological applications** V. 4, n. 2, 1994.

RICE, E. L.; PANCHOLY, S. K. Inhibition of nitrification by climax ecosystems. **Am. J. Bot.**, V. 59, p. 1033-1040. 1972.

RODAN, B. D.; NEWTON, O.; VERISSIMO, A. Conservação de Mahogany: Condição e iniciativa de Política. **Conservação ambiental**, V. 19, n. 4, p. 331-338. 1992.

ROSOLEM, C.A.; ALMEIDA, A. C. S.; SACRAMENTO, L. V. S.; Sistema radicular e nutrição da soja em função da compactação do solo. **Bragantina**, Campinas, V.53, p. 259-266. 2001.

SANCHEZ, P.A. **Suelos del trópico**: características y manejo. San José: IICA, 1981.

SÁVIO, J.; FILGUEIRAS, F.; LUIZÃO, F. J.; MIRANDA, S. A. F.; DA SILVA, M. S. R.; VITAL, A. R. T. Nutrientes na solução do solo em floresta de terra firme na Amazônia Central submetida à extração seletiva de madeira. **Acta Amazônica**. V. 36, n. 1. 2006.

SCHLESINGER, W. H. **Biogeochemistry**: Analysis of global change. San Diego: Academic Press, 1997. 588p

SERÔDIO, M. H; LEÃO, A. C; SOBRINHO, P. M. **Análises físicas de solos**: Métodos utilizados no laboratório do setor de pedologia do Cepec. Centro de pesquisa do Cacau. Ilhéus-Itabuna : Centro de Pesquisas do Cacau, 1979 . 28 p.

STE-MARIE, C.; PARÉ, D. Soil, pH and N availability effects on net nitrification in the forest floors of a range of boreal forest stands. **Soil Biology and Biochemistry**. V. 31 p. 1579-1589. 1999.

SILVA, G.R.; DA SILVA, M.L.; MELO, V.S. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um latossolo amarelo do Estado do Pará. **Acta amazônica**. V. 36, n. 2, p. 151-158. 2006.

SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil & Tillage Research** , Amsterdam, V. 76. p. 39–58. 2004.

SOUZA, D. B.; CARVALHO, G. S.; RAMOS, E. J. A. Paricá (schizolobium amazonicum Huber ex Ducke). Pará: **Informativo Técnico de Rede e Sementes da Amazônia**, 2005. 2p.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis composition reactions**. New York: John Wiley, 1994. 469p.

STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. **Cycles of soil: carbon, phosphorus, sulfur, micronutrients**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1999. 427p.

TORMENA, C. A., ROLOFF, G., SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V. 22, p. 311-317. 1998.

VEIGA, Jonas Basto da. **Liteira de Paricá Tatajuba e eucalipto em sistemas silvipastoris no município de Paragominas**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 20 p. (Boletim de Pesquisa e desenvolvimento).

VEIGA, J. B. da; ALVES, C. P.; MARQUES, L. C. T.; VEIGA, D. F. da. **Sistemas silvipastoris na Amazônia oriental**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 62 p.

VENZKE FILHO, S. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; FANTE, Lorival ; SIQUEIRA NETO, Marcos ; CERRI, C. C. . Root systems and soil microbial biomass under no-tillage system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, Brazil, v. 61, n. 5, p. 529-537. 2004.

VERISSÍMO, A. P.; BARRETO, R.; UHL, C. **Mahogany extraction in the Easter Amazon: a case study – presentation to mahogany workshop**. Washington: tropical forest foundation, 1995.

VERCHOT, L. V.; DAVIDSON, E. A.; CATTANIO, J. H.; ACKERMAN, I. L.; ERICKSON, H. E.; KELLER, M. Land-use change and biogeochemical controls of nitrogen oxide emissions from soils in eastern Amazonia. **Global Biogeochemical**. V. 13, p. 31–46. 1999

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo: Agronômica Ceres. 1987. 416 p.

VITOUSEK, P. M.; GOSZ, J. R.; GRIER, C. C.; MELILLO, J. M.; REINERS, W. A. A comparative analysis of potential nitrification and nitrate mobility in forest ecosystems. **Ecological Monographs** V. 52, n. 2, p. 155–177. 1981.

YARED, J. A. G; CARPANEZZI, A. A. **Medições de feijó consorciado com plantios perenes em Tomé-Açu**. Belém, 1980. 26 p. Notas de viagem.

YARED, J. A. G.; MARQUES, L. C. T.; BRIENZA JUNIOR, S.; CARPANEZZI, A. A.; KANASHIRO, M. **Preparo de área para plantio de feijó (Cordia goeldiana Huber)**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1983. 11 p.

ZANUNCIO, J. C., PEREIRA, F. F. ZANUNCIO, T. V.; MARTINELLI, N. M.; PINON, T. B. M.; GUIMARAES, E. M. Ocorrência de Quesada gigas em Schizolobium amazonicum em municípios do Maranhão e do Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, V. 39, n.9, p. 943-945. 2004.

