



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

ELIANA HARUMI HIRAI

**AVALIAÇÃO DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL DE IMPACTO
REDUZIDO EM ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E
NA REGENERAÇÃO NATURAL EM PARAGOMINAS, PA**

**BELÉM
2008**

ELIANA HARUMI HIRAI

**AVALIAÇÃO DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL DE IMPACTO
REDUZIDO EM ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E
NA REGENERAÇÃO NATURAL EM PARAGOMINAS, PA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará; Museu Paraense Emílio Goeldi; Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Ecossistemas e Uso da Terra.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio José Reis de Carvalho.

Co-Orientador: Ph.D. José Natalino Macedo Silva.

**BELÉM
2008**

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

Hirai, Eliana Harumi

H668a Avaliação da exploração florestal de impacto reduzido em atributos físicos e químicos do solo e na regeneração natural em Paragominas, PA / Eliana Harumi Hirai. – 2008
141 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.

Co-orientador, José Natalino Macedo Silva

1. Solo. 2. Exploração florestal seletiva. 3. Regeneração natural. 4. Compactação. 5. Carbono. 6. Nitrogênio. 7. Paragominas (PA) I. Universidade Federal do Pará. II. Carvalho, Cláudio José Reis de, Orientador III. Silva, José Natalino Macedo, Co-orient. IV. Título.

CDD 20º ed.:631.585098115

ELIANA HARUMI HIRAI

**AVALIAÇÃO DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL DE IMPACTO
REDUZIDO EM ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E
NA REGENERAÇÃO NATURAL EM PARAGOMINAS, PA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará; Museu Paraense Emílio Goeldi; Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Data da Aprovação:
Conceito:

Banca Examinadora:

Cláudio José Reis de Carvalho
Doutor em Ecofisiologia Vegetal
Embrapa Amazônia Oriental

Steel Silva Vasconcelos
Doutor em Recursos e Conservação Florestais
Embrapa Amazônia Oriental

Maria Aurora Santos Mota
Doutora em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

João Olegário Pereira de Carvalho
Ph.D. Silvicultura Tropical
Embrapa Amazônia Oriental

A Deus por ter me guiado
e fortalecido durante todas
as adversidades da vida.

Agradeço
Aos meus pais, Toru e Harué Hirai, e avô “Diá” pelos
ensinamentos e oportunidades, e por mostrar
que a educação, honestidade e humildade é o
maior e melhor caminho para uma
vida digna e de oportunidades.

Aos meus Irmãos Roberto e Sayuri,
por acreditarem em mim.

Ao meu amor Sergio Evandro pela
paciência, amizade e apoio em
todos os momentos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de trabalho e aprendizagem.

Aos orientadores Cláudio José Reis de Carvalho e José Natalino Macedo Silva, pela oportunidade de trabalho, aprendizagem, confiança e paciência.

Ao Dr. João Olegário, pelos primeiros incentivos e aprendizados a pesquisa e contribuições para a dissertação.

Ao Dr. Steel Vasconcelos, pelos ensinamentos, apoio e contribuições para a dissertação.

A professora Aurora, pelos ensinamentos durante a pós-graduação e contribuições para a dissertação.

Ao Dr. Ademir Roberto Ruschel, pelo apoio e contribuições para a dissertação.

Ao professor Waldeney Travassos pelo apoio e auxílio na análise dos dados.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, pela oportunidade e pelo aprendizado.

Aos meus pais, pelo incentivo, perseverança e educação.

À toda a minha família: irmãos, avós, tios, primos, pela confiança e incentivo.

Ao meu amigo e namorado Sergio Evandro, pela paciência, amizade, amor e confiança em todos esses anos de convivência.

A Ana Maria, mãe Serginho, pelo apoio, ajuda em alguns cálculos e por ter cedido sua geladeira para armazenamento de amostras.

Ao Projeto Bom Manejo – Manejo sustentável de florestas de produção em escala comercial na Amazônia brasileira, pela logística nas viagens de campo e compra de reagentes para algumas análises laboratoriais.

Ao Projeto MCT – CNPQ – Integração de abordagens do ambiente, uso da terra e dinâmica social da Amazônia: As relações homem - meio ambiente e o desafio da sustentabilidade – Milênio. LBA2. Subprojeto: Indicadores de sustentabilidade ambiental, pelo apoio técnico e financeiro nas análises laboratoriais.

Ao Projeto PPG7 - Manejo e conservação de recursos florestais madeireiros e não-madeireiros. Subprojeto: Sistema de manejo florestal madeireiro e não madeireiro, pela bolsa durante período de 1 ano.

À Empresa madeireira Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda., proprietária da área de estudo. A todos os funcionários que ajudaram na seleção da área, instalação do experimento e coleta dos dados, e que também foram imprescindíveis para a execução do mesmo. Assim como: Evandro (engenheiro), Nonato, Lena, Valdeir, Dona Maria, João Gordinho (identificação de espécies e trabalho no campo), Loló, Doidinho, índio e demais funcionários, que sempre fizeram o possível para apoiar e dar assistência quando necessário ao trabalho.

Ao João do Laboratório de Botânica, pelo auxílio nas instalações de algumas parcelas e identificação das espécies no campo.

Ao Seu Antônio, Zé Maria, Olaíde (motoristas) pelo apoio durante as viagens, e apoio no campo quando necessário.

Aos técnicos do Laboratório de Ecofisiologia da Embrapa Amazônia Oriental, pelo apoio técnico no campo e laboratório e amizade, em especial: Jorge, Ivanildo, Cléo, Tereza, Fabiano, Helliete, Aline.

À turma 2006 do PPGCA, pelos momentos de descontração e apoio. Em especial: Eliete, Cibelle, Daniela, Gleyce, Amanda, Joelma, Livia.

À Márcia Figueiredo e Adnaldo por todo apoio no decorrer do curso.

E a todos aqueles que contribuíram diretamente ou indiretamente para a elaboração deste trabalho.

Muito Obrigada!

“Faça o necessário,
depois o possível e de repente
você estará fazendo o impossível”.

São Francisco de Assis

RESUMO

Este trabalho foi realizado na Fazenda Rio Capim, propriedade da Empresa Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda., Paragominas, PA. O objetivo principal foi estudar as propriedades físicas e químicas do solo e a regeneração natural em três Unidades de Trabalho exploradas em 2000, 2003 e 2006, considerando os tratamentos: centro de clareira, ramais de arraste primário e secundário, pátio de estocagem e parcela-controle. Nas parcelas de plantas foi medido o diâmetro de cada indivíduo a aproximadamente 1,30 m do solo; todas as espécies foram identificadas e calculadas a riqueza, abundância, Índice de diversidade, equitabilidade e similaridade florística. As amostras de serapilheira foram retiradas nas parcelas de coleta de solo. Para análise física (granulometria, densidade, resistência à penetração, porosidade e umidade volumétrica) do solo foram coletadas amostras a 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm de profundidade, e para a análise química (pH, teor e estoque de carbono e nitrogênio, relação C/N) foram coletadas amostras a 0-10 cm. Nas trilhas de arraste primárias foram considerados o seu início, meio e fim, e tanto para as trilhas de arraste primárias e secundárias, considerou-se as marcas das rodas do maquinário (RM), o espaço entre as rodas (ER), e borda da trilha (BT). As clareiras resultantes da derruba de árvores foram medidas aleatoriamente e classificadas com área $< 600\text{m}^2$ e $\geq 600\text{m}^2$. O solo das áreas de estudo é Latossolo Amarelo com textura muito argilosa. A densidade e a porosidade do solo variaram significativamente entre anos e entre tratamentos ($p < 0,001$); não houve diferença significativa na profundidade de 20-30 cm. Ramais principais, secundários e pátio foram os tratamentos mais afetados. A classe de clareira não influenciou na densidade. Verificou-se que ER e BT não diferiram estatisticamente. A comparação entre início, meio e fim da trilha não foi diferente para nenhuma das comparações. Os resultados para resistência à penetração foram muito semelhantes aos da densidade e porosidade. A umidade volumétrica variou em função da combinação ano e tratamento ($p < 0,001$). Os valores médios de pH variaram entre 4,72 a 5,92. Houve uma redução de serapilheira com decorrer dos anos pós-exploração. Os valores médios do teor de C variaram entre 25,94 a 42,59 g.kg^{-1} e o teor de N entre 2,23 a 3,35 g.kg^{-1} , valores esses considerados altos para ambos. Para o estoque de carbono (Mg.ha^{-1}) não foi encontrada diferença

significativa para nenhuma das combinações possíveis entre ano, estação e tratamento. A relação C/N para as UTs exploradas apresentou valores entre 10,37 e 15,42, ocorrendo a mineralização do nitrogênio inorgânico do solo. As três UTs estudadas apresentaram alta diversidade de espécies e alta equitabilidade. As UTs exploradas em 2000 e 2003 possuem maior similaridade florística (35,93%), seguida da UT explorada em 2003 e 2006 (33,46%), e UTs exploradas em 2000 e 2006 (26,93%). Concluiu-se que é necessário um longo período de observação para a avaliação dos efeitos da compactação no crescimento da regeneração. Os indicadores de boas práticas de manejo florestal deveriam abranger atributos físicos, químicos e biológicos do solo para um melhor entendimento do sistema e escolha de demais indicadores que possam dar respostas sobre o equilíbrio do ecossistema florestal. Os parâmetros estudados podem ser utilizados como indicadores de qualidade ambiental.

Palavras-chave: Exploração florestal seletiva. Solo. Regeneração natural. Compactação do solo. Carbono. Nitrogênio. Paragominas (PA).

ABSTRACT

This work was carried out at Fazenda Rio Capim, property of the Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda., in the municipality of Paragominas, State of Pará, Brazil. The main objective was to study the effect of logging on the physical and chemical properties of the soil and on natural regeneration in three Working Units logged in 2000, 2003 and 2006., The treatments were gap center, primary and secondary skid trails, logging landing and one control plot. The diameter of each individual was measured at approximately 1,30 m of the ground; all species were identified and calculated the species richness, abundance, diversity Index, evenness and floristic similarity. Samples of litterfall were collected in same the locations of soil plots. For physical analysis (granulometry, texture, soil bulk density, resistance to the penetration, porosity and volumetric humidity) soil samples were collected at 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm depth, and for the chemical analysis (pH, carbon stock and nitrogen, C/N) the samples were at 0-10 cm depth. In the primary skid trails it was considered its beginning, middle and end of the extension, and both for primary and secondary skid trails, the marks of the wheels of the machinery (RM), the place between the wheels (ER), and the edges of the trail (BT). Felling gaps were randomly measured and classified with areas $<600\text{m}^2$ and $> 600\text{m}^2$. The soil of the study areas is Yellow Latosol with very clay texture. The soil bulk density and porosity varied significantly among years and between treatments ($p < 0,001$); no significant differences were found at 20-30 cm depth. Main and secondary skid trails and logging landings were the most affected treatments. Gaps had no influence on bulk density. It was verified that ER and BT did not differ statistically. The comparison among beginning, middle and end of the skid trails showed ere no significant differences for any of the comparisons. Results for to resistance to penetration were very similar to the bulk density and porosity. Volumetric humidity varied according to the combination year x treatment ($p < 0,001$). Average pH values varied between 4,72 to 5,92. Litterfall decreased as time elapsed since logging. Average contents of C varied between 25,94 to 42,59 g.kg^{-1} and the contents of N between 2,23 to 3,35 g.kg^{-1} , both considered as high values. For carbon stock of (Mg.ha^{-1}) it was not found significant difference for any of the interactions (year, season and treatment). The relationship C/N for logged forest showed values between 10,37 and 15,42, indicating

mineralization of the soil inorganic nitrogen. The three studied WUs presented high diversity and evenness. WUs logged in 2000 and 2003 showed the highest similarity (35,93%), followed by the WUs logged in in 2003 and 2006 (33,46%), and WUs logged in 2000 and 2006 (26,93%). It has been concluded that it is necessary a long observation period for evaluation of the effects of soil compaction on the growth of the regeneration. Indicators for good forest management practices should consider soil attributes (physical, chemical and biological) for a better understanding of the system and choice of other indicators that can give answers on the equilibrium of the forest ecosystem. The studied parameters can be used as indicators of environmental quality.

Key words: Selective logging. Forest soil. Natural regeneration. Soil compaction. Carbon. Nitrogen. Paragominas (PA).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	p.
Figura 1	36
Figura 2	38
Figura 3	42
Figura 4	43
Figura 5	46
Figura 6	48
Figura 7	48
Figura 8	50
Figura 9	53
Figura 10	54
Figura 11	55
Figura 12	58
Figura 13	67
Figura 14	

	5-10, 10-20 e 20-30 cm. (A) UT explorada em 2000, (B) UT explorada em 2003, (C) UT explorada em 2006.....	76
Figura 15	Resistência do solo (Kgf.cm^{-2}) nos tratamentos (Clareira, Floresta Remanescente, Pátio, Ramal Principal, Ramal Secundário) em função das profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm. (A) UT explorada em 2000, (B) UT explorada em 2003, (C) UT explorada em 2006.....	79
Figura 16	Umidade volumétrica do solo nos tratamentos (Clareira, Floresta Remanescente, Pátio, Ramal Principal, Ramal Secundário) em função das profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm. (A) UT explorada em 2000, (B) UT explorada em 2003, (C) UT explorada em 2006.....	84
Figura 17	Valores médios de pH em cada UT (2000, 2003 e 2006), estação do ano (PC- Período Chuvoso, PS- Período Seco) e tratamentos (C-Clareira, FR-Floresta Remanescente, P-Pátio, RP-Ramal Principal, RS-Ramal Secundário).....	88
Figura 18	Média de serapilheira total nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006, e tratamentos (C-Clareira, FR-Floresta Remanescente, P-Pátio, RP-Ramal Principal e RS-Ramal Secundário).....	92
Figura 19	Concentração de Carbono (g/kg) nas UTs (exploradas em 2000, 2003 e 2006), estação (chuvosa, seca), e tratamentos (C-Clareira, FR-Floresta Remanescente, P-Pátio, RP-Ramal Principal, RS-Ramal Secundário).....	94
Figura 20	Estoque de Carbono (Mg.C.ha^{-1}) nas UTs (exploradas em 2000, 2003 e 2006), estação (chuvosa, seca), e tratamentos (C-Clareira, FR-Floresta Remanescente, P-Pátio, RP-Ramal Principal, RS-Ramal Secundário).....	95
Figura 21	Concentração de Nitrogênio (g/kg) nas UTs (exploradas em 2000, 2003 e 2006), estação (chuvosa, seca), e tratamentos (C-Clareira, FR-Floresta Remanescente, P-Pátio, RP-Ramal Principal, RS-Ramal Secundário).....	96
Figura 22	Estoque de Nitrogênio (Mg.C.ha^{-1}) nas UTs (exploradas em 2000, 2003 e 2006), estação (chuvosa, seca), e tratamentos (C-Clareira, FR-Floresta Remanescente, P-Pátio, RP-Ramal Principal, RS-Ramal Secundário).....	97
Figura 23	Valores médios de C/N em cada UT (2000, 2003 e 2006), estação do ano (PC-Período Chuvoso, PS-Período Seco) e tratamentos (C-Clareira, FR-Floresta Remanescente, P-Pátio, RP-Ramal Principal, RS-Ramal Secundário).....	99
Figura 24	Riqueza da classe de arvoretas nas UTs exploradas em 2000 (A), 2003 (B) e 2006 (C).....	101
Figura 25	Abundância absoluta das principais espécies na classe de arvoretas nas UTs exploradas em 2000 (A), 2003 (B) e 2006 (C).....	102
Figura 26	Riqueza na classe de varas na UTs exploradas em 2000 (A), 2003 (B) e 2006 (C) nos tratamentos: clareira, FR (Floresta Remanescente), pátio, ramal principal e ramal secundário.....	104
Figura 27	Abundância absoluta das principais espécies na classe de varas nas UTs exploradas em 2000 (A), 2003 (B) e 2006 (C).....	105
Figura 28	Número de indivíduos e número de espécies para cada tratamento (C - clareira; FR - Floresta Remanescente; P - Pátio; RP - Ramal Principal e RS - Ramal Secundário) em cada ano de estudo (2000, 2003 e 2006), na Fazenda Rio Capim, pertencente a Cikel Brasil Verde Madeiras.....	109
Figura 29	Dendrograma de similaridade (%) da regeneração natural (arvoretas e varas) nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006, na Fazenda Rio Capi, pertencente a Cikel Brasil Verde Madeiras.....	110
Figura 30	Dendrograma de similaridade (%) entre a regeneração natural (arvoretas e varas) nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006.....	112
Figura 31	Dendrograma de similaridade florística entre as parcelas levantadas no Ramal Secundário (RS), Ramal Principal (RP), Clareira, Floresta Remanescente (FR) e Pátio, nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006.....	114

LISTA DE TABELAS

	p.
Tabela 1 Distribuição das partículas do solo (%) nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006, coletadas (n=180) em quatro profundidades (0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm).....	63
Tabela 2 Média de Ds (Densidade), P (Porosidade), UV (Umidade Volumétrica), RP (Resistência à penetração) ($\pm$ desvio padrão) influenciado pelas UTs exploradas nos anos de 2000, 2003 e 2006, profundidade, tratamento (Clareira, Floresta Remanescente, Pátio, Ramal Primário e Secundário).....	65
Tabela 3 Média $\pm$ DP de valores de Densidade (Ds), Porosidade (P), Umidade Volumétrica (UV), RP (Resistência à Penetração) nos anos de 2000, 2003 e 2006; por tratamento (clareira, ramal primário e secundário), por classe de clareira (maior e menor de 600 m ²) e por profundidade.....	70
Tabela 4 Média dos valores de pH, C (g.kg ⁻¹), N (g.kg ⁻¹), C/N, Estoque de C (MgC.ha ⁻¹), Estoque de N (MgN.ha ⁻¹), Estoque de ramos (Ton.ha ⁻¹), Estoque de Folhas (Ton.ha ⁻¹), Estoque de serapilheira (Ton.ha ⁻¹) nas UTs exploradas nos anos de 2000, 2003 e 2006 e tratamento (Clareira, Floresta Remanescente, Pátio, Ramal Primário e Secundário).....	89
Tabela 5 Riqueza, índice de diversidade de Shannon (H') e equitabilidade (J') nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006.....	108
Tabela 6 Riqueza, índice de diversidade de Shannon (H') e equitabilidade (J') agrupado por ano de exploração das UTs (2000, 2003 e 2006) e tratamento (C - clareira; FR - Floresta Remanescente; P - Pátio; RP - Ramal Principal e RS - Ramal Secundário).....	108
Tabela 7 Matriz de similaridade da regeneração natural nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006.....	110
Tabela 8 Matriz de similaridade entre a regeneração natural (arvoretas e varas) nas Uts exploradas em 2000, 2003 e 2006.....	111
Tabela 9 Matriz de similaridade entre as parcelas levantadas no Ramal Secundário (RS), Ramal Principal (RP), Clareira, Floresta Remanescente (FR) e Pátio de estocagem (P), nas Uts exploradas em 2000, 2003 e 2006.....	113

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	p. 19
2	OBJETIVOS.....	24
2.1	OBJETIVO GERAL.....	24
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
3	HIPÓTESES	25
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	26
4.1	EXPLORAÇÃO DE IMPACTO REDUZIDO (EIR).....	26
4.2	INDICADORES FÍSICOS DE QUALIDADE DO SOLO.....	28
4.2.1	Textura e granulometria do solo.....	28
4.2.2	Densidade do solo.....	29
4.2.3	Porosidade do solo.....	30
4.2.4	Resistência do solo a penetração.....	30
4.2.5	Umidade gravimétrica e volumétrica.....	31
4.3	INDICADORES QUÍMICOS DE QUALIDADE DO SOLO.....	31
4.3.1	Carbono e nitrogênio total do solo.....	32
4.3.2	Potencial hidrogeniônico (pH).....	32
4.4	REGENERAÇÃO NATURAL EM ÁREAS PERTURBADAS E NÃO PERTURBADAS PELA EXPLORAÇÃO.....	33
4.4.1	Diversidade e similaridade florística.....	34
4.5	IMPORTÂNCIA DA RELAÇÃO SOLO E VEGETAÇÃO.....	35
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	36
5.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO.....	36
5.1.1	Hidrografia.....	37
5.1.2	Clima.....	37
5.1.3	Topografia e Relevo.....	38
5.1.4	Geologia.....	39
5.1.5	Solos.....	39
5.1.6	Vegetação.....	40
5.1.6.1	Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Equatorial Úmida de Terra Firme.....	40
5.1.6.2	Floresta Ombrófila Aluvial, conhecida também como Floresta Equatorial Úmida de Várzea.....	40
5.2	AMOSTRAGEM E OBTENÇÃO DOS DADOS.....	41
5.2.1	Delimitação da área de estudo.....	51
5.3	MÉTODOS.....	45
5.3.1	Medição das clareiras.....	45
5.3.2	Medição da regeneração.....	47
5.3.3	Amostras de solo e serapilheira.....	52
5.3.3.1	Trilhas de Arraste Primárias.....	52
5.3.3.2	Trilhas de Arraste Secundárias.....	53
5.3.3.3	Floresta Remanescente.....	53
5.3.3.4	Centro de clareira	54
5.3.3.5	Pátio de Estocagem.....	54
5.3.4	Procedimentos de campo e laboratório (solo).....	55
5.3.4.1.	Propriedades físicas do solo.....	56
5.3.4.1.1	<i>Granulometria.....</i>	<i>56</i>

5.3.4.1.2	<i>Compactação do solo</i>	57
5.3.4.1.3	<i>Porosidade</i>	59
5.3.4.1.4	<i>Umidade Gravimétrica Atual (%)</i>	59
5.3.4.1.5	<i>Umidade Volumétrica ou Natural</i>	60
5.3.4.2	Propriedades químicas do solo.....	60
5.3.4.2.1	<i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>	60
5.3.4.2.2	Teor de Carbono e Nitrogênio Total e relação C/N.....	60
5.4	ANÁLISE DO DADOS.....	61
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
6.1	AVALIAÇÃO DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL DE IMPACTO REDUZIDO SOBRE PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO.....	62
6.2	DENSIDADE APARENTE, POROSIDADE, RESISTÊNCIA DO SOLO E UMIDADE VOLUMÉTRICA DO SOLO NAS UTS EXPLORADAS EM 2000, 2003 E 2006 E NOS TRATAMENTOS.....	63
6.2.1	Densidade do solo	63
6.2.1.1	Densidade do solo entre anos, tratamentos e profundidades.....	68
6.2.1.2	Densidade do solo entre anos, classes de clareiras e profundidades...	69
6.2.1.3	Densidade do solo entre anos, locais (ramal principal e secundário) e profundidades.....	72
6.2.1.4	Densidade do solo entre anos, tratamentos (ramal primário e secundário), locais (borda da trilha (BT), entre o rodado (ER), roda do maquinário (RM)), e profundidades.....	72
6.2.1.5	Densidade do solo entre anos, locais do ramo principal (início, meio e fim do ramo) e profundidades.....	74
6.2.3	Porosidade	74
6.2.4	Resistência do solo a penetração	77
6.2.4.1	Resistência do solo entre anos, tratamentos e profundidades.....	77
6.2.4.2	Resistência do solo entre anos, classes de clareiras e profundidades..	78
6.2.4.3	Resistência do solo entre anos, locais (ramal primário e secundário) e profundidades.....	80
6.2.4.4	Resistência do solo entre anos, tratamentos, locais (borda da trilha (BT), entre o rodado (ER), roda do maquinário (RM)) e profundidades.....	80
6.2.4.5	Resistência do solo entre anos, locais do ramo principal (início, meio e fim do ramo) e profundidades.....	81
6.2.5	Umidade volumétrica	82
6.2.5.1	Umidade volumétrica entre anos, tratamentos e profundidades.....	82
6.2.5.2	Umidade volumétrica entre anos, classes de clareiras e profundidades.....	82
6.2.5.3	Umidade entre anos, locais (ramal primário e secundário) e profundidades.....	85
6.2.5.4	Umidade entre anos, tratamentos, locais (borda da trilha (BT), entre o rodado (ER), roda do maquinário (RM)) e profundidades.....	85
6.2.5.5	Umidade entre anos, locais do ramo principal (início, meio e fim do ramo) e profundidades.....	86
6.3	AVALIAÇÃO DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL DE IMPACTO REDUZIDO NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO.....	86
6.3.1	Variação do pH nas Uts exploradas em 2000, 2003 e 2006	86
6.3.2	Serapilheira (Ton.ha⁻¹) nas Uts exploradas em 2000, 2003 e 2006..	91

6.3.3	Avaliação do teor e estoque de carbono e nitrogênio, e relação C/N nas Uts exploradas em 2000, 2003 e 2006 em diferentes sazonalidades e tratamentos.....	93
6.3.3.1	Teor de carbono total (g.kg^{-1}).....	93
6.3.3.2	Estoque de carbono (Mg.ha^{-1}).....	94
6.3.3.3	Teor de Nitrogênio Total (g.kg^{-1}).....	95
6.3.3.4	Estoque de Nitrogênio (Mg.ha^{-1}).....	97
6.3.3.5	Relação C/N.....	98
6.4	EFEITO DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL NA REGENERAÇÃO NATURAL.....	100
6.4.1	Riqueza e abundância das arvoretas.....	100
6.4.2	Riqueza e abundância das varas.....	103
6.4.3	Diversidade de espécies.....	106
6.4.4	Similaridade florística.....	109
7	CONCLUSÕES.....	115
	REFERÊNCIAS.....	117
	ANEXOS.....	131
	ANEXO A - Ficha de campo para anotação das variáveis medidas no estrato de arvoretas ($5,0 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 10,0 \text{ cm}$).....	132
	ANEXO B - Ficha de campo para anotação das variáveis medidas no estrato de varas ($2,5 \leq \text{DAP} < 5,0 \text{ cm}$).....	133
	ANEXO C – Família, nome científico e nome vulgar das espécies encontradas nas parcelas de estudo.....	134
	ANEXO D – Riqueza, Abundância absoluta (n.ha^{-1}) e Abundância relativa (%) obtidas nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006, nas classes de arvoretas e varas, e tratamentos: Clareira, Floresta Remanescente (FR), Ramal Principal e Ramal Secundário.....	137

1 INTRODUÇÃO

As florestas tropicais situam-se entre as latitudes 10° N e 10° S do globo terrestre. Na América do Sul, especialmente na região amazônica, ecossistemas florestais ocupam aproximadamente sete milhões de km² em nove países (Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela), sendo a maior parte constituída de matas densas úmidas (PUIG, 2001).

A Amazônia brasileira ocupa uma área de 5.217.423 km², representando 61% do território nacional e 65% da Amazônia continental. A sua área foi delimitada pela lei nº 5.173, de 27/10/1966, compreendendo hoje os Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, além de parte do Maranhão, situada a oeste do meridiano de 44° (BASA, 1995).

Os solos da Floresta Amazônica são antigos, altamente intemperizados e relativamente pobres em nutrientes (DAVIDSON *et al.*, 2004). Os solos da floresta de terra firme da Amazônia, os quais ocupam aproximadamente 90% da região amazônica, são caracterizados pela baixa fertilidade química. A manutenção da produtividade é garantida pela: (a) ciclagem, praticamente fechada, de nutrientes contidos na biomassa; (b) entrada de nutrientes pela água da chuva, possivelmente, pelo transporte e deposição; (c) aliados às condições de calor, (d) alta umidade e (e) alta diversidade biológica (FRANKEN *et al.*, 1985; HIGUCHI *et al.*, 1997, FERREIRA *et al.*, 2002).

Historicamente, as florestas tropicais têm sido exploradas de forma destrutiva e convertidas em outros usos de solo como a agricultura e pecuária (McNABB *et al.*, 1997). No estado do Pará, quando a rodovia Belém-Brasília foi planejada, cruzando a região de Paragominas, no início dos anos 1960, a área era esparsamente povoada, mas no final daquela década, a floresta estava sendo substituída por pastagens. No final da década de 1970, a pecuária recebeu diversas restrições econômicas e ecológicas; foi nos anos 1970 que a indústria madeireira começou a se instalar na região (VERÍSSIMO *et al.*, 2002).

No início dos anos 1970, apenas espécies de alto valor econômico eram extraídas e os impactos na floresta eram reduzidos (VERÍSSIMO *et al.*, 2002). Na década de 1990, em Paragominas, mais de 100 espécies eram extraídas: tratores de esteiras abrem largos caminhos através da floresta e arrastam as toras até os pátios,

que servem como áreas de armazenamento, antes de carregar e transportar as toras até as serrarias. Essa forma intensiva de exploração madeireira altera significativamente a cobertura florestal (VERÍSSIMO *et al.*, 2002). Atualmente, variedades maiores de espécies madeireiras são exploradas.

Em aproximadamente quatro décadas, a atividade madeireira é atualmente uma força econômica expressiva no estado do Pará, intensiva na maioria e destrutiva. Paragominas é a fronteira madeireira mais antiga da Amazônia, estabelecida no final dos anos 1970, enfrenta a partir da década de 1990 uma grande crise de matéria-prima pela exaustão das florestas (SCHNEIDER *et al.*, 2000).

No estado do Pará, algumas empresas, em decorrência da crise madeireira e das exigências de novos mercados, a exploração de baixo impacto começa a ser defendida por alguns empresários – a minoria, por enquanto – com dois argumentos em especial: a possibilidade de obter maior produtividade madeireira pelo controle de cada passo da operação florestal, e as possibilidades da certificação florestal (BARROS, 2003).

No estado, as madeireiras extraem de 4 a 8 árvores por hectare (JOHNS *et al.*, 1996), reduzindo a cobertura vegetal em aproximadamente 50% (UHL; VIEIRA, 1989). A redução da cobertura vegetal altera diversos processos ecológicos, biogeoquímicos e micrometeorológicos (McNABB *et al.*, 1997; NEPSTAD *et al.*, 1999; ASNER *et al.*, 2004), afetando significativamente as características estruturais do solo (JOHNS *et al.*, 1996; AMPOORTER *et al.*, 2007) e danificando de 10% a 40% da biomassa viva (VERÍSSIMO *et al.*, 1992).

Para que o manejo florestal seja sustentável, o mesmo não deve atender apenas à legislação florestal, mas consistir numa boa administração da floresta, que considere a manutenção da biodiversidade e aplicação de métodos que gerem benefícios econômicos e sociais (SILVA, 2001).

A crescente conscientização do público sobre a degradação e destruição dos recursos florestais tem levado consumidores a exigir que produtos florestais não contribuam para essa degradação, mas ajudem a assegurar esses recursos para futuras gerações.

A Exploração de Impacto Reduzido (EIR) é um termo usado para descrever o conjunto de tecnologias introduzidas em florestas tropicais, desde o início da década

de 1990, explicitamente com o propósito de diminuir os danos da exploração (PUTZ; PINARD, 1993).

A EIR utiliza a forma mais correta, atualmente, de extração madeireira reduzindo danos às árvores, erosão do solo, lixiviação, assoreamento, dentre outros impactos, ajudando na manutenção da regeneração natural, qualidade da água e proteção da diversidade biológica tanto da fauna quanto da flora, além de diminuir acidentes de trabalho e probabilidade de incêndios florestais (PINARD *et al.*, 1995; NEPSTAD *et al.*, 1999). Essa técnica segue normas internacionais, ou melhor, princípios que devem ser adaptados para cada situação ou realidade da floresta (ELIAS *et al.*, 2001). Segundo Pinard *et al.* (1995), o objetivo principal da EIR é a redução dos distúrbios no solo e na vegetação residual em, pelo menos, 50% em comparação com a exploração seletiva convencional.

A alta intensidade da exploração tem efeitos negativos na recuperação florestal, e necessita de sérios compromissos com o benéfico uso dos métodos de exploração de impacto reduzido (HOUT, 1999). Os vários elementos comuns no sistema de EIR são os seguintes (ITTO, 1990; ELIAS *et al.*, 2001): I) inventário e mapa pré-exploratórios; II) planos pré-exploratórios da construção de estradas e trilhas de arraste; III) corte de cipós antes da exploração; IV) direcionamento de queda das árvores; V) construção de estradas, VI) pátios de estocagem e ramais de arraste; e VII) guinchamento das toras nos ramais planejados.

A EIR, assim como a exploração convencional de florestas naturais, causa diversos impactos negativos, um deles é no solo. O grande desafio de cientistas é desenvolver ou adaptar métodos para monitorar e avaliar o impacto antropogênico sobre os atributos do solo. Qualquer índice de qualidade do solo deve incluir, além dos índices convencionais e oficiais (físico e químico), diversas variáveis biológicas e bioquímicas para que, em conjunto, possam refletir os complexos processos que afetam a qualidade do solo (FRIGHETTO; VALARINI, 2000).

Estudos sobre propriedades do solo são importantes para geração de conhecimentos que visem melhorias do processo produtivo da exploração seletiva, pois os atributos do solo são afetados pelas operações de campo, e pelo sistema mecanizado empregado na colheita. Como consequência, diferentes tipos de impactos ocorrem nas áreas afetadas pela derruba, arraste e construção de pátios e estradas.

No entanto, a extensão em que esses impactos são de fato reduzidos, em particular os impactos no solo, ainda necessita de maior investigação, principalmente nos efeitos dessa atividade nas propriedades físicas, químicas, biológicas, e bioquímicas dos solos amazônicos. Tratando-se de Amazônia, os cuidados têm que ser redobrados, porque esses recursos estão em ecossistemas heterogêneos, complexos e frágeis (HIGUCHI *et al.*, 1997).

Ao longo do tempo, pesquisas sobre a exploração florestal deram ênfase principalmente aos aspectos silviculturais, em mudanças sofridas após a exploração florestal, na composição de espécies, porém pouco se tem investigado sobre alterações pós-exploração nos ciclos biogeoquímicos e seus efeitos na produtividade das florestas (HALL *et al.*, 2003; FIGUEIRA, 2006).

Inúmeros estudos têm apresentado incremento da regeneração para um grande número de espécies em áreas perturbadas por trator florestal (*skidder*) (FREDERICKSEN; MOSTACEDO, 2000; FREDERICKSEN; PARIONA, 2002). Estudos em florestas tropicais têm mostrado que a regeneração de espécies comerciais melhorou com o distúrbio no solo (DICKINSON *et al.*, 2000; FREDERICKSEN; PARIONA, 2002).

Para a avaliação da qualidade do solo, tem sido postulada a necessidade de estudos de parâmetros indicativos do seu estado de conservação e/ou de degradação. O presente trabalho visa buscar respostas quanto ao equilíbrio e/ou desequilíbrio entre os atributos físicos e químicos do solo em áreas submetidas à exploração florestal seletiva de impacto reduzido, através da interpretação dos dados de solo e regeneração natural, coletados nas áreas estudadas.

Levando-se em consideração que a retirada de árvores implica exportação de nutrientes (McNABB *et al.*, 1997), modificação nas propriedades do solo e estrutura da vegetação, e que as alterações do solo no interior das clareiras, nos ramais, floresta remanescente e pátio são pouco entendidas, pretende-se, com este estudo, verificar se a exploração florestal de impacto reduzido produz efeitos nas propriedades físicas (granulometria, densidade, porosidade, resistência do solo à penetração, umidade) e propriedades químicas (carbono (C) e Nitrogênio total (N), relação C/N, e pH) do solo.

Além das propriedades do solo será levantada a riqueza, abundância, diversidade e similaridade da regeneração natural, considerando áreas afetadas e

não afetadas pela exploração de impacto reduzido, dando uma perspectiva temporal sobre os efeitos da exploração no solo, pois o conhecimento desses impactos é importante para subsidiar estudos e propostas de ações conservacionistas das florestas, e para criar critérios e indicadores de sustentabilidade do solo para áreas de florestas tropicais como a Amazônia.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar os efeitos da exploração florestal de impacto reduzido (EIR) nos atributos físicos e químicos do solo e na regeneração natural.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito da EIR nos atributos físicos do solo em cinco situações: centro de clareira, trilhas de arraste primária e secundária, pátio de estocagem e parcela-controle;
- Avaliar o efeito da EIR nos atributos químicos do solo em cinco situações: centro de clareira, trilhas de arraste primária e secundária, pátio de estocagem e parcela-controle, nos períodos chuvoso e seco;
- Avaliar o efeito da EIR na regeneração natural nos pontos de coleta de solo, em cinco situações: centro de clareira, trilhas de arraste primária e secundária, pátio de estocagem e parcela-controle.

3 HIPÓTESES

- Os efeitos da EIR nas propriedades físicas e químicas do solo em área de exploração comercial são diferentes entres os anos de 2000, 2003 e 2006.
- Os tratamentos (centro de clareira, trilhas de arraste primária e secundária, pátio de estocagem e parcela-controle) influenciam nas propriedades físicas e químicas do solo.
- As propriedades físicas e químicas do solo tendem a se recuperar com o passar dos anos desde a exploração e nos diferentes tratamentos.
- O pH varia de acordo com a sazonalidade das estações.
- Existe diferença florística entre os tratamentos com o decorrer dos anos.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. EXPLORAÇÃO DE IMPACTO REDUZIDO (EIR)

A exploração de florestas tropicais, como convencionalmente praticada nos países em desenvolvimento, reduz os estoques de madeira e causa grandes impactos econômicos e ecológicos nas florestas, principalmente de terra firme. A floresta de terra firme possui uma das maiores riquezas em biodiversidade em ecossistemas terrestres, com aproximadamente 3.000 espécies de árvores, alta concentração de espécies de pássaros e diversos animais raros, endêmicos e em perigo de extinção, e possui o segundo maior estoque de carbono terrestre do mundo (MATTHEWS *et al.*, 2000).

Na Amazônia brasileira, a maioria do volume de madeira extraído tem origem ilegal, e como consequência, o desmatamento, reduzindo a cobertura vegetal, afetando a qualidade do solo, danificando a biomassa viva, provocando erosões em estradas, degradação dos recursos hídricos e da diversidade de fauna e flora (FEARNSIDE, 2005).

Para que a atividade florestal contribua para o desenvolvimento econômico sustentável, seus impactos ecológicos devem ser mitigados através do uso de tecnologias economicamente competitivas com as práticas destrutivas atuais, sem planejamento adequado (HOLMES *et al.*, 2002). Uma das formas de manejo da floresta, que tem sido sugerida como potencialmente sustentável, é a extração seletiva e controlada de madeira, uma vez que não expõe o solo às intempéries da natureza, e não retira a matéria orgânica e os nutrientes da floresta natural (PINARD *et al.*, 1995).

O manejo florestal utilizando técnicas de redução dos impactos negativos da colheita de madeira tem sido apontado como uma forma racional de uso da floresta. Alguns autores (ASNER *et al.*, 2005, por exemplo) relatam que a exploração seletiva da madeira causa danos nas árvores remanescentes, na vegetação do sub-dossel, fauna, processos hidrológicos e solos. A magnitude do impacto da exploração florestal varia com o método da exploração utilizado, tratamento pré-exploratório,

condições do terreno ou área, período da exploração e tempo da atividade, planejamento e técnicas pré-exploratórios (LOUSIER, 1990).

O manejo para a produção sustentada de madeiras em florestas tropicais é, sem dúvida, uma das formas de uso da terra que, se bem conduzido, mantém as principais funções ambientais da floresta. Nos últimos anos a questão do manejo florestal sustentável ganhou importância crescente em função de pressões da sociedade e do mercado externo quanto à conservação da floresta e proteção ambiental. Surgiram, então, as entidades certificadoras de matéria-prima florestal, cujos critérios de manejo sustentável deverão mudar o cenário internacional no que concerne ao tratamento do manejo da exploração da floresta.

A exploração seletiva de impacto reduzido de florestas tropicais freqüentemente diminui os danos residuais no talhão florestal em comparação com a exploração seletiva convencional, que conduz um distúrbio significativo no solo e na hidrologia, causado pela extração, transporte e construção de estradas (PINARD *et al.*, 1996). Assim, atividades planejadas, como o corte direcional das árvores e o planejamento das picadas de arraste, reduzem áreas compactadas pelo *skidder* ou tratores de arraste; sendo uma boa alternativa, se bem ordenada, para a manutenção da biodiversidade madeireira e do ecossistema florestal.

O termo Exploração de Impacto Reduzido (EIR) surgiu na primeira metade da década de 1990 (PUTZ; PINARD, 1993). Todavia, possui diversas designações adotadas por diversos autores, como: exploração de baixo impacto, exploração planejada, exploração ambientalmente adequada, e exploração com danos controlados. Essas técnicas seguem normas internacionais, ou melhor, princípios que devem ser adaptados para cada situação ou realidade da floresta, a partir de modificações exigidas (HOUT, 1999).

As técnicas de EIR são partes integrantes de iniciativas de certificação florestal, e podem constituir um método economicamente competitivo, quando comparado à exploração convencional, para se alcançar objetivos benéficos para a conservação florestal (BOSCOLO *et al.*, 1997; HOLMES *et al.*, 2002).

A prática de EIR consiste no planejamento da exploração, desenvolvimento da infra-estrutura e técnicas operacionais, que visam à redução dos impactos prejudiciais da colheita de madeira e melhoram a eficiência das operações de

exploração (HOLMES *et al.*, 2001, BOLTZ *et al.*, 2003; POKORNY *et al.*, 2005). A metodologia de EIR utilizada por determinada empresa, depende da escala e do nível de capitalização da exploração. Os vários elementos comuns no sistema de EIR são (ITTO, 1990; ELIAS *et al.*, 2001): inventário e mapa pré-exploratórios; planos pré-exploratórios da construção de estradas e trilhas de arraste, seguindo diretrizes ambientais; corte de cipós antes da exploração, com pelo menos um ano de antecedência; direcionamento de queda das árvores; otimização da recuperação e utilização de madeira; e guinchamento das toras e planejamento das trilhas de arraste.

4.2 INDICADORES FÍSICOS DE QUALIDADE DO SOLO

A queda de árvores, decorrentes da exploração florestal, e a utilização de máquinas pesadas para a retirada dessas árvores degradam a estrutura do solo e remove, na maioria das vezes, a camada superficial do solo (MELLO-IVO; ROSS, 2006).

O trânsito de máquinas sobre o solo florestal tem importante influência nas características estruturais do solo, na aeração do solo e balanço de água no solo, e talvez afetem consideravelmente os organismos do solo e o desenvolvimento de raízes (AMPOORTER *et al.*, 2007).

A serapilheira produz muitos benefícios para o solo, minimizando o impacto da exploração e do transporte de madeira, protegendo a superfície do solo mineral (SEIXAS *et al.*, 1998), e melhorando suas propriedades. Alguns autores, como Nagaoka *et al.* (2003), classificam os solos com pouca matéria orgânica, como mais susceptíveis à compactação pelo tráfego e ação de maquinários.

4.2.1 Textura e granulometria do solo

A textura é uma característica permanente do solo que depende do tipo do material de origem e dos agentes formadores do solo (BRADY, 1989; GAMA, 2004). É uma das características mais estáveis, sendo pouco modificada pelos cultivos ou outras práticas. Ela é considerada como um dos fatores mais importantes na retenção de água no solo, além de estar diretamente relacionada a outras

características como consistência, capacidade de troca de cátions, coesão, porosidade e estrutura, e é de grande importância no estudo e manejo dos solos (BRADY, 1989).

As diversas proporções existentes entre as frações granulométricas influenciam marcadamente na retenção de água e nutrientes e originam a classificação textural (SILVA, 2003).

4.2.2 Densidade do solo

A densidade do solo pode ser definida como sendo a relação existente entre uma amostra de solo seca a 105 °C, após 32 horas aproximadamente, e a soma dos seus volumes ocupados por partículas e poros (ELLIOTT *et al.*, 1999). É um parâmetro influenciado pela estrutura, textura, compactação, manejo e tipo de culturas (BRADY, 1989), portanto, sensível ao tráfego de maquinaria pesada e de pessoal, e ao impacto decorrente das gotas de chuva, como também o impacto provocado pela queda das árvores decorrentes da exploração florestal (CAETANO, 2000). A densidade do solo apresenta uma correlação direta com a resistência à penetração.

A densidade do solo é utilizada para (a) transformar a percentagem de umidade gravimétrica em umidade volumétrica o que, conseqüentemente, permite calcular a lâmina de água do solo; (b) calcular a porosidade total do solo quando se conhece a densidade das partículas; (c) estimar o grau de compactação de solo por meio do cálculo da porosidade e quantificar a massa da camada arável (CAETANO, 2000).

A matéria orgânica pode também alterar os valores de densidade aparente dos solos (VIEIRA, 1988; BRADY, 1989). Existe uma tendência da densidade do solo aumentar com a profundidade do solo, em virtude de haver um maior adensamento do solo e uma menor proporção de matéria orgânica ao longo do perfil (CAETANO, 2000). Enquanto que cultivos intensivos têm a propriedade de aumentar os valores de densidade, a adição de altos conteúdos de matéria orgânica contribui para diminuir a densidade (VIEIRA, 1988).

4.2.3 Porosidade do solo

É a percentagem do volume aparente total do solo não ocupada por partículas sólidas (GAMA, 2004). É uma propriedade que sofre grandes alterações com a compactação (RICHARDT *et al.*, 2005). A porosidade dá uma idéia do arranjo, número, distribuição e forma dos poros, sendo esta afetada diretamente pela compactação do solo (CAETANO, 2000).

Nos solos argilosos, a porosidade total geralmente é superior a dos arenosos, pois solos argilosos têm maior quantidade de poros pequenos, o que contribui para elevar sua capacidade de retenção de água (capilaridade) e reduzir sua permeabilidade (CAETANO, 2000).

4.2.4 Resistência do solo à penetração

A compactação é o processo pelo qual as partículas do solo e agregados são rearranjados, tendo estes últimos suas forma e tamanhos alterados (SÁ, 2005), resultando em decréscimo do espaço poroso e aumento da densidade, decorrente do tráfego de máquinas agrícolas, equipamentos de transporte e animais (LIMA *et al.*, 2006), que ocasionam a compactação do solo.

A resistência do solo à penetração é apontada como um dos fatores limitantes ao desenvolvimento e estabelecimento das culturas, pois expressa o grau de compactação do solo. O grau de compactação varia com o tipo de solo, em função da estrutura e da classe textural, além da umidade e espécie cultivada, sendo que as principais causas do aumento da resistência do solo à penetração têm sido atribuídas ao tráfego de máquinas agrícolas (RICHARDT *et al.*, 2005).

A compactação do solo pode ser um sintoma decorrente do manejo e pode influenciar a resistência à penetração de forma diferenciada no perfil de solo. No solo, as modificações são evidenciadas pela presença de zonas endurecidas e empoçamento de água, com alterações no arranjo e volume de poros (JESUS, 2006).

A compactação afeta o crescimento radicular, aeração, retenção de água, aumentando a susceptibilidade do solo à erosão, reduzindo conseqüentemente o

crescimento de árvores e sobrevivência de mudas (SÁ, 2005). Esses efeitos são diferentes dependendo do tipo de solo, disponibilidade de água e espécies arbóreas (SÁ, 2005; AMPOOTER, 2007).

Em solos argilosos, constituídos de partículas menores, o efeito da compactação é mais severo, originando maiores problemas de compactação do que nos solos arenosos. Quando uma carga ou pressão é aplicada sobre solos argilosos, as partículas finas de argila se deslocam para os espaços deixados pelas partículas grosseiras, como as areias, causando uma diminuição no volume do solo, com conseqüente aumento na densidade global característica da compactação. Esse efeito nocivo é mais grave quando a pressão é exercida sobre solos úmidos. Quando o solo é compactado, os poros diminuem de tamanho, podendo, em condições extremas, chegar a desaparecer (JORGE, 1985).

Os Latossolos Amarelos com textura argilosa, classificação do solo das áreas de estudo, apresentam características que os tornam mais susceptíveis à compactação, devido aos elevados teores de argila. Essa condição é agravada quando os solos são preparados com número excessivo de operações de implementos e condições inadequadas de umidade.

4.3.5 Umidade gravimétrica e volumétrica

A umidade no solo constitui-se numa das variáveis mais importantes nos processos de troca de água entre o solo e a atmosfera, bem como para estudos de infiltração e drenagem do solo, de condutividade hidráulica e de irrigação, entre outros. Além disso, é uma variável indispensável para o entendimento de muitos processos hidrológicos que estão envolvidos em uma grande variedade de processos naturais (geomorfológicos, climáticos, ecológicos, etc.) que atuam em diferentes escalas espacial e temporal (ROSSATO *et al.*, 2004).

4.3 INDICADORES QUÍMICOS DE QUALIDADE DO SOLO

A análise da qualidade química do solo geralmente é utilizada para avaliar a fertilidade do solo e determinar as necessidades de nutrientes para as plantas.

4.3.1 Carbono e nitrogênio total do solo

A relação Carbono e Nitrogênio total (C/N) informa o estado de decomposição da matéria orgânica decorrente da ação microbiana e grau de atividade de organismos no solo (SILVA, 2003). Assim, relações de baixos valores (em torno de 10) indicam avançado estágio de decomposição de matéria orgânica, e valores altos (em torno de 30) indicam baixa atividade microbiana, sendo que em condições normais o valor dessa relação situa-se entre 8 e 14 (SILVA, 2003). Gama (2004) afirma que valores menores que 17 caracterizam predomínio de mineralização, e valores superiores a 33 apresentam predomínio de imobilização de nitrogênio inorgânico do solo e, portanto, baixa atividade de microorganismos.

4.3.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH representa a acidez ativa do solo, obtida da concentração de H^+ na solução do solo, expressa em valores de pH. A escala varia de 1 a 14, possuindo como faixa ácida de 1 a 7 e faixa alcalina de 7 a 14, sendo considerado neutro o valor 7. É freqüentemente encontrado na Amazônia pH entre 4 e 6,5 (SILVA, 2003).

O pH é afetado por fatores como: tipos de materiais de origem do solo, tipos de vegetação, processos de intemperização, decomposição da matéria orgânica (VIEIRA, 1988; GAMA, 2004). A acidez é originária da dissociação da água e do gás carbônico, perda de cátions trocáveis por meio de lixiviação, extração pelas culturas, e nitrificação (GAMA, 2004).

Atualmente, considera-se a faixa de pH de 5,5 a 6,5, adequada para o desenvolvimento de diversas culturas cultivadas na Amazônia. Promove-se nesta faixa de pH, disponibilidade de macronutrientes (que é proporcional ao acréscimo de pH), e de micronutrientes, como ferro, cobre, manganês e zinco, menos exigidos pelos vegetais (SILVA, 2004).

4.4 REGENERAÇÃO NATURAL EM ÁREAS PERTURBADAS E NÃO PERTURBADAS PELA EXPLORAÇÃO

A vegetação da floresta amazônica depende, em grande escala, da reciclagem dos nutrientes contidos na biomassa e nos detritos vegetais, envolvendo um conjunto complexo de mecanismos de retroalimentação direta e indireta entre o solo e a vegetação (FERREIRA *et al.*, 2002).

Em condições de floresta explorada, vários ambientes são criados em função das atividades que envolvem todo o processo de realização da intervenção. Assim, na floresta explorada, existem áreas abertas para pátios de estocagem de toras, ramais principais e secundários para o arraste das toras, e clareiras formadas pela derruba das árvores, como também, áreas de floresta remanescente sem qualquer perturbação sofrida pela atividade. Com a formação desses ambientes, ocorrem mudanças (abundância, dominância e frequência) nas populações de mudas das espécies florestais em função da intervenção realizada, reiniciando assim um novo processo de repovoamento nessas áreas, com espécies de diferentes grupos ecológicos (LOPES *et al.*, 2001).

Um dos fatores que mais influenciam no crescimento das árvores tropicais é a luz que chega às copas (JOHNS *et al.*, 1996); assim como na abertura das clareiras, a regeneração natural, suprimida com baixo nível de radiação, passa a ser capaz de crescer sob o aumento da radiação (JENNINGS *et al.*, 2001).

A sustentabilidade do manejo florestal depende da intensidade de corte, taxa de regeneração da floresta depois do corte, do crescimento e do intervalo entre colheitas (ciclo de corte) (HIGMAN *et al.*, 1999).

Em florestas exploradas, as clareiras são geralmente maiores e mais numerosas do que em florestas não-exploradas, e o solo mais compactado pelo maquinário pesado. Nas áreas exploradas o tamanho das clareiras varia em função do número de árvores cortadas (HOUT, 1999) e o tamanho das clareiras é importante, pois alguns aspectos do microclima alteram-se com o aumento da abertura do dossel (JENNINGS *et al.*, 2001).

As clareiras incrementam a heterogeneidade ambiental da estrutura da floresta, devido a fatores como luminosidade, umidade do solo, nutrientes do solo,

disponibilidade de frutos e sementes, germinação das sementes e herbívoros. Mudanças na heterogeneidade temporal e espacial podem afetar a dinâmica da floresta, alterando a colonização das espécies e promovendo a competição (OSTERTAG, 1998; LOPES *et al.*, 2001; LIMA, 2005).

Muitos estudos sobre dinâmica de abertura de clareiras elucidam os efeitos da exploração sem examinar a perturbação no contexto das condições ambientais (por exemplo, nutrientes de solo, relações de água, microclima, e topografia) em que ocorrem (OSTERTAG, 1998). Uma compreensão de como as conseqüências da formação de aberturas variam em relação a essas condições ambientais é importante para definir padrões de recuperação, depois da exploração florestal, e entender como tais padrões podem determinar a estrutura da floresta.

Um considerável número de indivíduos é danificado ou morto quando os ramais de arraste e estradas são construídos (BERTAULT; SIST, 1997). Existem poucos estudos de regeneração natural em áreas afetadas pela construção de estradas e ramais de arraste (FREDERICKSEN; PARIONA, 2002). A implementação da EIR, quando comparada a convencional, resulta em poucos impactos na área, e geralmente as trilhas de *skidder* a regeneração natural é significativa (PULKKI, 1997).

4.4.1 Diversidade e similaridade florística

As medidas de diversidade de espécies podem ser divididas em três categorias principais que são: índice de riqueza de espécies, que são essencialmente uma medida do número de indivíduos de espécies em uma unidade de amostragem definida; modelo de abundância de espécies, que descreve a distribuição dos números de indivíduos das espécies; e índices baseados na proporção da abundância de espécies, que podem ser os índices de diversidade de Shannon ou de Simpson (MAGURRAN, 1988).

O índice de diversidade revela aspectos da estrutura de uma comunidade e pode mostrar padrões gerais quando se comparam comunidades que diferem na composição de espécies (BULLA, 1994). A diversidade mínima indica que uma ou poucas espécies são altamente abundantes e a diversidade máxima indica que muitas espécies são igualmente abundantes na comunidade (WILSON *et al.*, 1996).

Portanto, a diversidade máxima poderá ser tomada como medida de equitabilidade, considerando que o índice de equitabilidade varia entre 0 e 1 e que o valor 1 representa a equitabilidade máxima, ou seja, todas as espécies são igualmente abundantes.

O índice de similaridade determina as espécies comuns entre duas ou mais populações ou comunidades (MAGURRAN, 1988).

O coeficiente de Bray-Curtis é um dos mais usados, pois é um coeficiente freqüentemente satisfatório para dados biológicas em estrutura de comunidades (CHENG, 2004).

4.5 IMPORTÂNCIA DA RELAÇÃO SOLO E VEGETAÇÃO

Atividades da exploração florestal podem inibir a regeneração de florestas tropicais, através de alterações em propriedades do solo, como por exemplo, a densidade do solo, que é responsável pela potencial de diminuição do estabelecimento e crescimento da regeneração natural em algumas florestas tropicais (FREDERICKSEN; PARIONA, 2001).

Não somente as atividades antrópicas, mas as plantas estabelecidas também podem afetar diretamente as propriedades do solo como o carbono orgânico, nitrogênio, pH e densidade aparente do solo (VIEIRA, 1988).

Embora numerosos estudos tenham sido realizados quanto à regeneração da vegetação, assim como sobre a qualidade do solo, há relativamente pouca informação sobre como as propriedades do solo mudam com o passar do tempo e sua relação com a regeneração da floresta tropical (DEUCHARS *et al.*, 1999).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido em áreas que sofreram exploração florestal de impacto reduzido na Fazenda Rio Capim, que possui um total de 140.658 ha, pertencente à empresa *Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda.*, no município de Paragominas, PA, distante cerca de 320 km de Belém, na Mesorregião do Sudeste Paraense e Microrregião de Paragominas, entre as coordenadas geográficas 03° 30' e 03° 45' de latitude Sul e 48° 30' e 48° 45' de longitude Oeste (Figura 1).

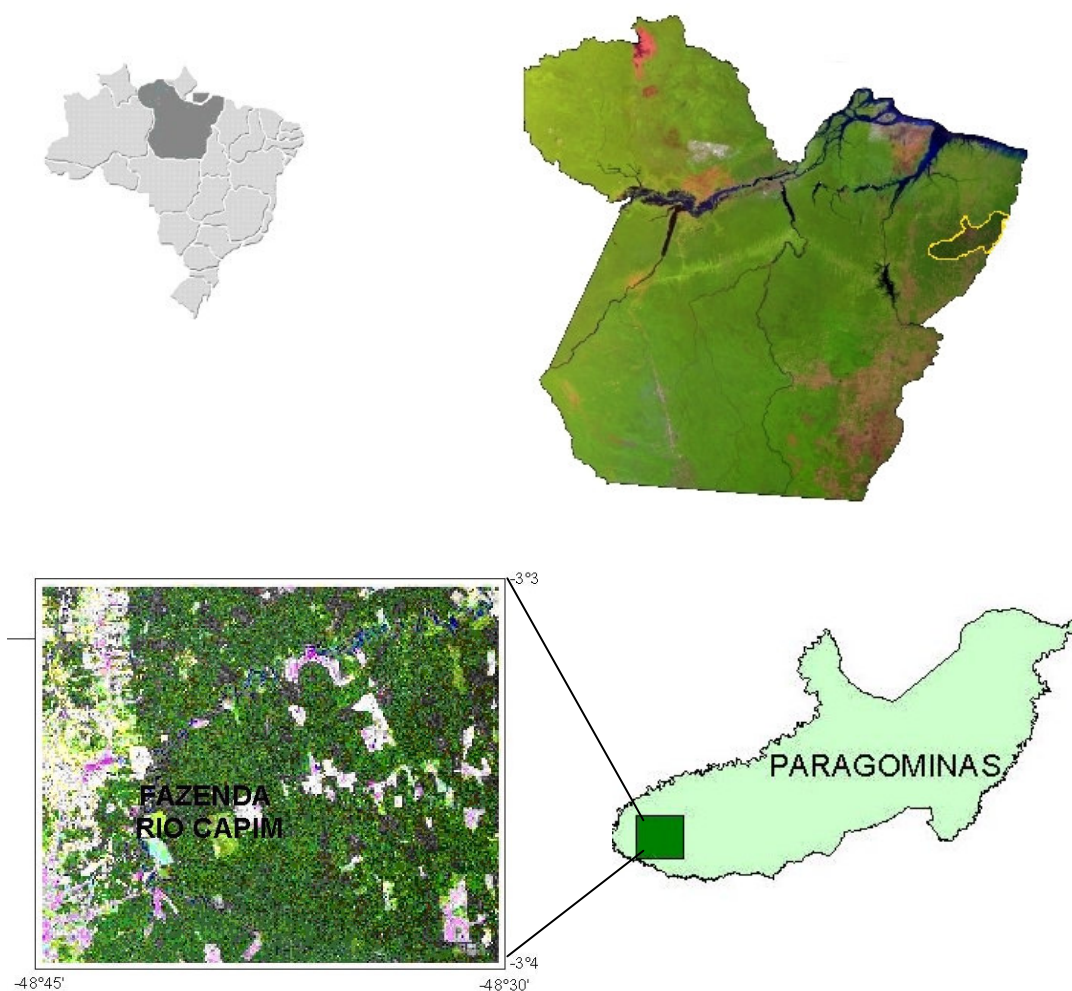


Figura 1 - Localização da Fazenda Rio Capim, propriedade da Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda., no município de Paragominas, Pará.

5.1.1 Hidrografia

O município de Paragominas é banhado pela bacia do Rio Capim, tendo o rio Surubijú como limite ao Sul, e o rio Gurupi servindo de divisa com o estado do Maranhão. Outros rios de menor porte drenam a área, tais como os rios Cauaxí, Candiru-Açu, Potiritá, Água Boa, Camaoi, Timbó-Açu e Matamatá, afluentes do rio Capim e os rios Piriá e Uraim, afluentes do rio Gurupi. Além desses rios, diversos igarapés completam a hidrografia da área (WATRIN; ROCHA, 1991).

5.1.2 Clima

A região é caracterizada por períodos de elevados índices de precipitação pluviométrica, medida de 250 mm mensais, e períodos de baixos índices, chegando a ter dois meses sem precipitação (MARTORANO; PEREIRA, 1993), com precipitação anual de aproximadamente 2.200 mm (COSTA; FOLEY, 1998).

O clima da região é quente e úmido, caracterizado por um período com muita chuva, de janeiro a maio, e um período com baixa precipitação pluviométrica, de junho a novembro, quando ocorre a maior parte da exploração madeireira (JOHNS *et al.*, 1996).

A empresa possui pluviômetro para medir a precipitação acumulada diariamente. A partir dos dados obtidos na empresa, foram confeccionados gráficos (Figura 2A e 2B) representando a precipitação acumulada mensal e precipitação média diária na Fazenda Rio Capim, principalmente, nos meses: maio, junho e setembro do ano de 2007 (meses de coleta dos dados).

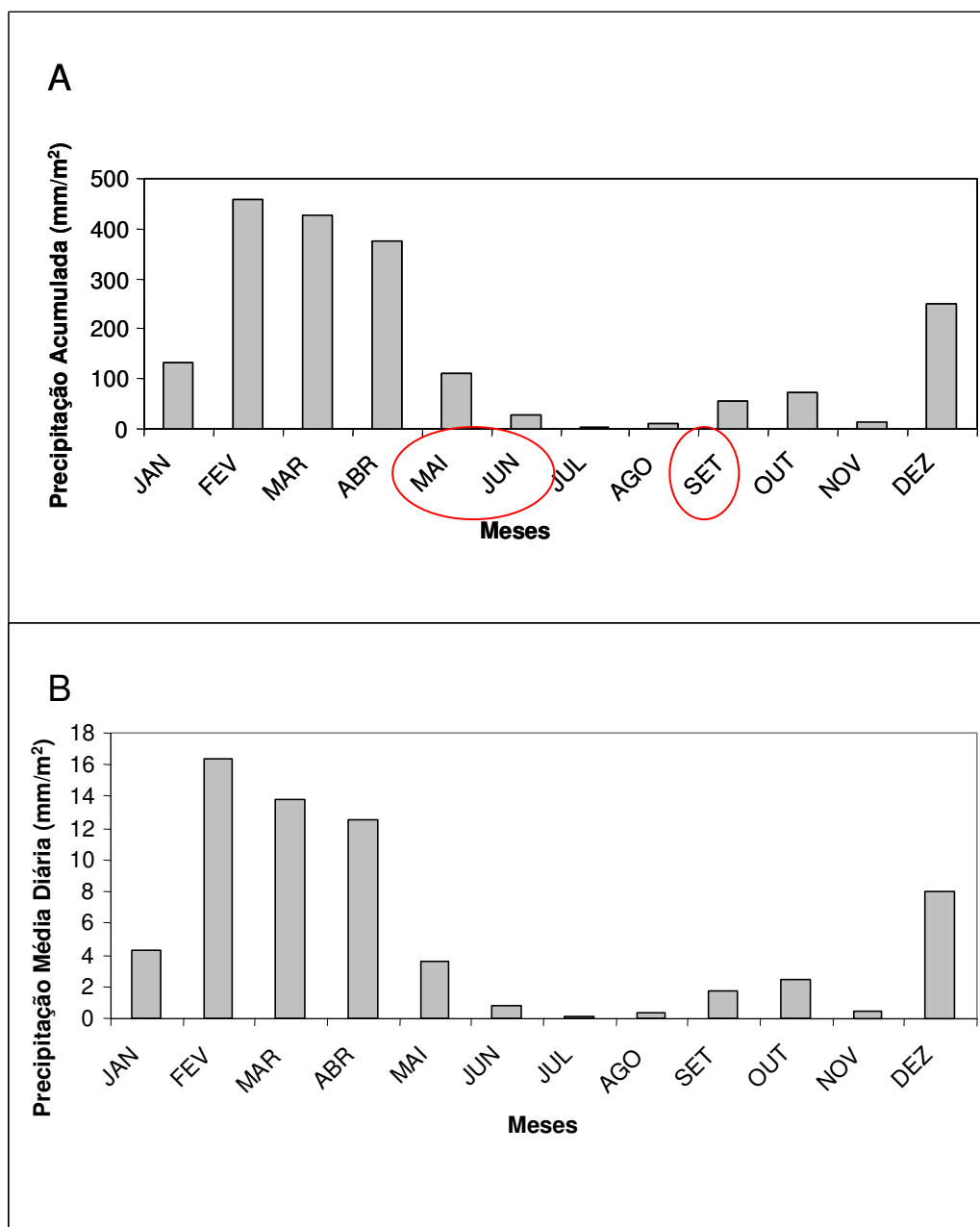


Figura 2 - A – Precipitação acumulada (mm/m²) mensal no ano de 2007. B – Precipitação média diária (mm/m²) no ano de 2007. Fonte: Estação meteorológica da Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda na Fazenda Rio Capim, município de Paragominas, PA.

5.1.3 Topografia e Relevo

O município de Paragominas tem topografia com poucas variações nos níveis altimétricos. Contudo, tais níveis se encontram em cotas mais elevadas que a média dos municípios da Microrregião de Paragominas. Na sede municipal, a altitude

alcança cotas aproximadas de 40 m, porém, mais ao sul do município, a altitude alcança cotas maiores (FERREIRA, 2003).

5.1.4 Geologia

A geologia é representada pela formação de Itapicuru, do Cretáceo, que apresenta arenitos, predominantemente vermelhos, finos, cauliníticos, argilitos vermelho laminados e calcário margoso fossilífero. Existe, ainda, a presença de sedimentos do Terciário, Barreiras e Quaternários subatual e recente. O relevo apresenta tabuleiros relativamente elevados e aplainados, formas colinosas dissecadas, baixos tabuleiros, terraços e várzea. Morfoestruturalmente faz parte da unidade que se convencionou chamar de Planalto Sul do Pará-Maranhão (FERREIRA, 2003).

5.1.5 Solos

Os principais solos na região do Município de Paragominas são: Latossolos Amarelos; Argissolos Amarelos; Plintossolos; Gleissolos; e Neossolos (RODRIGUES, 2000), e solos Aluviais e Indiscriminados nas áreas de várzea (FERREIRA, 2003). Os Latossolos Amarelos de textura média e muito argilosa são dominantes nos municípios próximos ao da área de estudo, apresentando solos profundos, bastante envelhecidos, ácidos e fortemente ácidos e de boa drenagem, apesar de, por vezes, apresentarem-se bastante argilosos (VIEIRA, 1988).

Latossolos e Argissolos encontrados em áreas de relevo plano e suavemente ondulado, sem presença de concreções lateríticas. Possuem boas propriedades físicas relacionadas a profundidade, drenagem, permeabilidade e friabilidade (MORAIS CRUIA *et al.*, 1999).

5.1.6 Vegetação

Os seguintes ambientes fitoecológicos são encontrados na região de Paragominas (VELOSO *et al.*, 1991), e especificamente na Fazenda Rio Capim:

- Floresta Ombrófila Densa, também conhecida como Floresta Equatorial Úmida de Terra Firme, é tipo florestal da área de estudo;
- Floresta Ombrófila Aluvial, conhecida também como Floresta Equatorial Úmida de Várzea.

5.1.6.1 Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Equatorial Úmida de Terra Firme

É o tipo florestal de maior expressividade e que abrange a maior superfície na Amazônia brasileira (1.997.348 km²), de grande complexidade na composição, distribuição e densidade das espécies (BENTES-GAMA, 2000). É multiestratificada, com árvores que atingem entre 20 e 50 m de altura. O clima é caracterizado por não possuir períodos biologicamente secos, geralmente com mais de 2.300 mm chuva por ano e temperaturas médias entre 22 e 28°C. É caracterizado por apresentar um dossel fechado, elevada biomassa e algumas árvores emergentes, com altura variando de 30 a 50 metros (VELOSO *et al.*, 1991).

Em imagens de satélite, este ambiente fitoecológico caracteriza-se com padrão de cor verde-escuro e textura rugosa sem contornos retilíneos definidos (Figura 1) (CIKEL, 2000).

5.1.6.2 Floresta Ombrófila Aluvial, conhecida também como Floresta Equatorial Úmida de Várzea.

Este ambiente fitoecológico ocorre nos terrenos de aluvião fluvial, inundados periodicamente pelas marés normais, diárias ou pelas marés de equinócios ou pelas cheias produzidas pelas chuvas, limitados pelo leito do rio a floresta de terra firme (VELOSO *et al.*, 1991). Na Fazenda Rio Capim é o ambiente fitoecológico de menor ocorrência na área de abrangência do Projeto, margeando alguns trechos dos rios

Capim e Surubijú. Apresenta em seu estrato superior uma baixa densidade de árvores de grande porte (emergentes), de rápido crescimento, casca lisa, tronco cônico por vezes com as formas de botija e tabulares (CIKEL, 2000).

No estrato intermediário ocorrem grandes quantidades de palmeiras, enquanto que no estrato inferior observa-se ocorrência de lianas lenhosas e herbáceas, além de grande número de epífitas e poucas parasitas (BENTES-GAMA, 2000).

Entre as espécies florestais de maior ocorrência neste ambiente, destacam-se: ucuuba (*Virola spp.*), louro (*Ocotea spp.*) e pracuuba (*Mora paraensis* Ducke). Ocorrem também, algumas espécies de palmeiras, tais como açaí (*Euterpe oleracea* Mart) e caranã (*Mauritia aculeata* Kunth).

5.2 AMOSTRAGEM E OBTENÇÃO DOS DADOS

5.2.1 Delimitação da área de estudo

A pesquisa foi realizada em três áreas de estudo, diferenciadas pelo período de exploração, em três anos distintos (2000, 2003 e 2006), ambas com a exploração florestal realizada no período seco. Em cada ano estudado foi sorteada uma UT (Unidade de Trabalho), que representa uma sub-divisão operacional da Unidade de Produção Anual (UPA) do Plano de Manejo Florestal da Fazenda Rio Capim. Em geral, cada UT possui aproximadamente 100 ha de área.

Em cada UT sorteada, nos anos de 2000 e 2003, com pátios de estocagem de aproximadamente 20m x 20m e 20m x 15m respectivamente, foi selecionada uma área de aproximadamente 250 m x 500 m (12,5 ha – área aproximada de influência de um pátio de estocagem) (Figura 3). Para a amostragem dos dados na UT explorada no ano de 2006, com pátios de estocagem de aproximadamente 30m x 40m, foi selecionada uma área de igual tamanho (250 m x 500 m) (Figura 4).

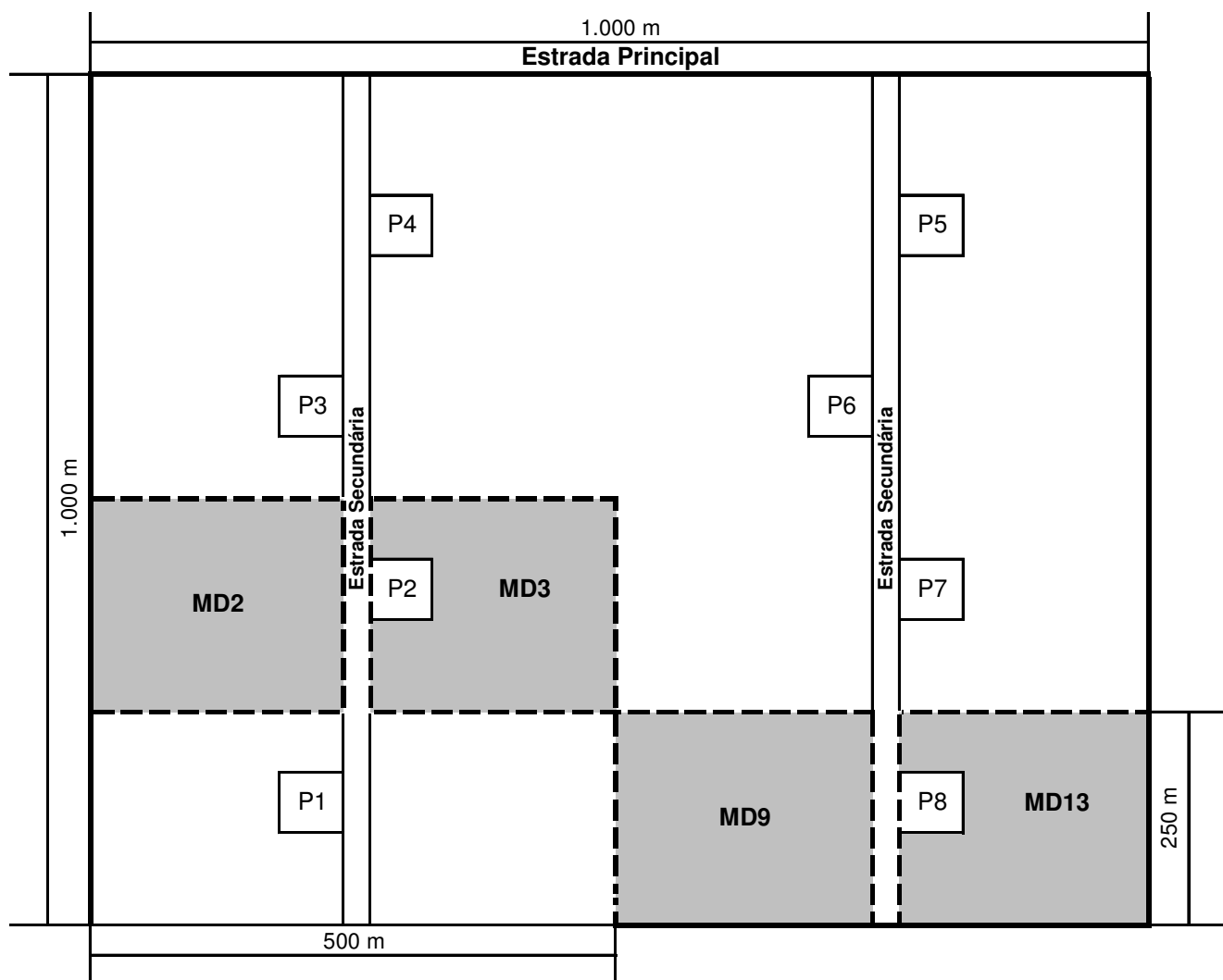


Figura 3 - Croqui da área de influência do pátio de estocagem (P) (área tracejada) e área selecionada na figura para (cinza) o estudo das UTs exploradas nos anos de 2000 (UT 01 da UPA 03) e 2003 (UT 70 da UPA 07), de 1.000m x 1.000m. P2 e P8 são, respectivamente, os pátios de estocagem escolhidos nas UPAs 2000 e 2003 para a realização do estudo e MD são os mapas de derruba utilizados para identificar as clareiras nas áreas de estudo.

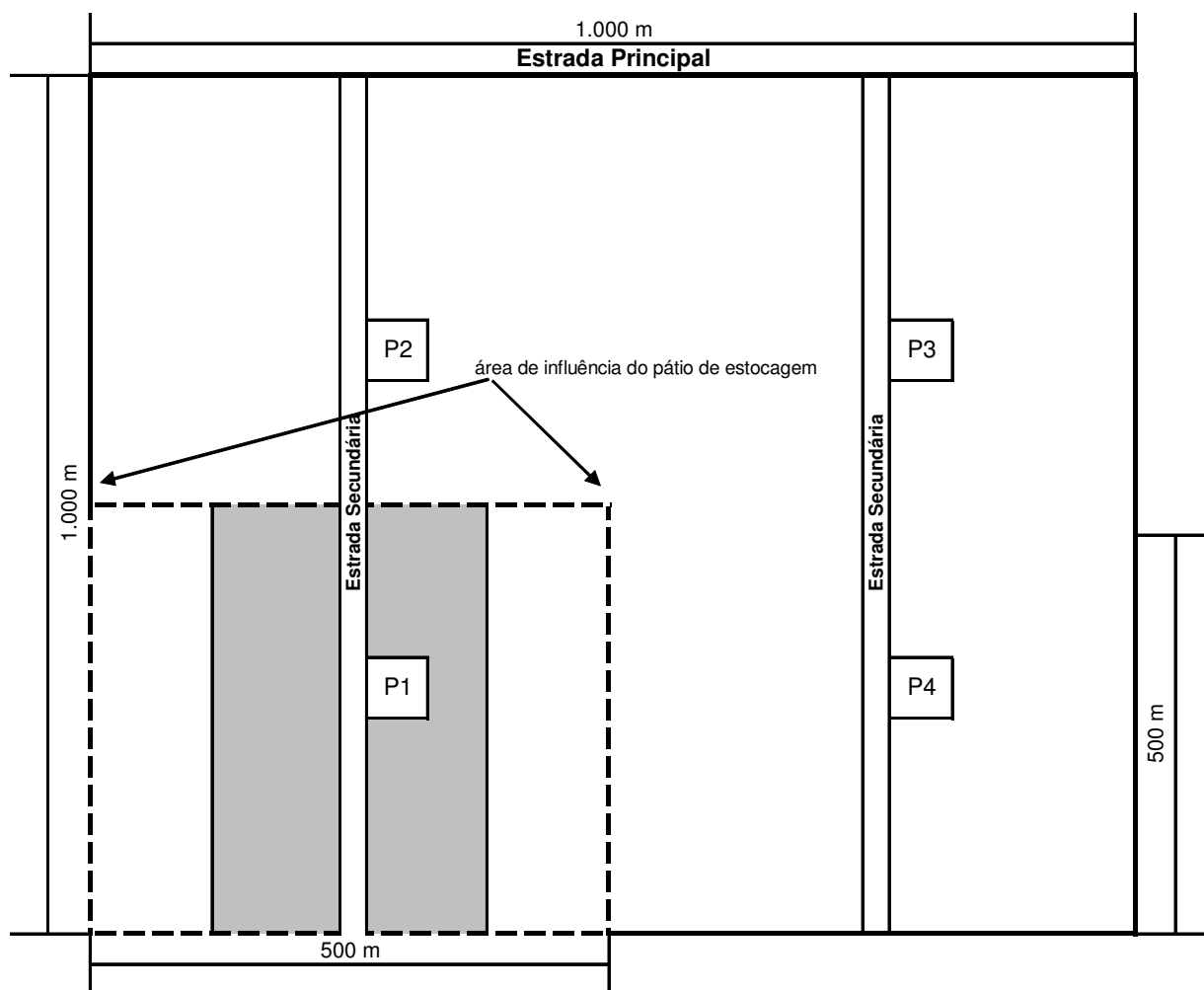


Figura 4 - Croqui da área de influência do pátio de estocagem (P) (área tracejada) e da área selecionada (cinza) para o estudo da UT explorada no ano de 2006 (UT 12 da UPA 09) de 1.000m x 1.000m. P1 é o pátio de estocagem escolhido para o estudo.

As UTs exploradas em 2006 (Figura 4) também foram submetidas às técnicas de Exploração de Impacto Reduzido, porém o número de pátios de estocagem, em cada UT em 2006, foi reduzido em relação as UTs exploradas em 2000 e 2003 (Figura 3). No entanto, foi escolhida a mesma área de influência das demais áreas de estudo.

Nas três UTs submetidas à exploração de impacto reduzido nos anos 2000, 2003 e 2006, foram consideradas cinco situações e/ou tratamentos, definidos como:

a) Trilhas de arraste primárias: passagens principais do trator florestal (*skidder*) servindo de rotas para transporte e arraste das toras da área de derruba para o pátio construído ao longo da estrada secundária (KANTOLA; HARSTELA, 1988), e devem

ser consideradas como infra-estrutura permanente (AMARAL *et al.*, 1998), utilizáveis na primeira e demais explorações.

Estas áreas são caracterizadas por forte compactação e distúrbio do solo superficial devido ao trânsito do trator florestal (MELLI-IVO *et al.*, 1997).

b) Trilhas de arraste secundárias: passagens secundárias do trator florestal (*skidder*) para a retirada de toras da área de derruba; geralmente possuem uma ou mais ramificações. São linhas de conexão entre a floresta e o pátio de estocagem ou entre a floresta e a trilha de arraste principal, sendo abandonadas logo após as operações de exploração (KANTOLA; HARSTELA, 1988).

Considerou-se distância de 4 metros, como largura máxima das trilhas de arraste primárias e secundárias, de acordo com ELIAS *et al.* (2001); D'OLIVEIRA (2000).

c) Clareira: no presente estudo, foi adotada a definição sugerida por Runkle (1982), que define clareira como sendo *a área de chão sob uma abertura no dossel estendendo-se até a base dos dosséis das árvores circundantes*, considerando a área da clareira ao nível do solo. Segundo Van der Meer *et al.* (1994), esta é considerada a melhor definição para a clareira ao nível do solo.

d) Pátios de estocagem: áreas de estoque temporário das toras, após a derruba. Devem ser considerados como estrutura permanente, sendo localizados ao longo das estradas secundárias (AMARAL *et al.*, 1998). É a área mais compactada no processo de exploração florestal, que servirá de referência para os demais tratamentos.

e) Parcelas-Controle (Floresta Remanescente): são partes da floresta sem nenhum efeito visível das operações de corte, a não ser o eventual aumento de luz vinda da clareira mais próxima (MELLO-IVO *et al.*, 1997). Neste estudo, foram consideradas como floresta remanescente, áreas situadas a uma distância mínima de 15 metros da floresta impactada pela exploração florestal.

5.3 MÉTODOS

Foram consideradas cinco situações e/ou tratamentos que foram divididas em parcelas para a realização do inventário da regeneração natural e coleta de amostras de solo e serapilheira.

Para coleta desses dados as classes de clareiras foram padronizadas.

5.3.1 Medição das clareiras

Para cada UT foram escolhidas aleatoriamente nove clareiras, classificadas, segundo o tamanho, em clareiras: pequenas (área $< 600\text{m}^2$), e grandes (área $\geq 600\text{m}^2$). Segundo Jardim *et al.* (2007), diferentes classes de tamanho de clareiras podem resultar em diferentes respostas quanto à composição da regeneração natural, e impactos no solo.

O formato de uma clareira varia de acordo com o tipo de queda, com a orientação e com as características fisionômicas das árvores e espécies caídas (LIMA, 2005). O ideal seria considerar cada clareira dentro das particularidades que a formaram, evitando a generalização de uma só clareira (LUNDQUIST; BEATTY, 2002).

Para o cálculo de área da clareira, utilizou-se o conceito de Runkle (1981) para clareira formada da exploração de uma árvore, e o conceito de Lima (2005), para clareira formada da exploração de mais de uma árvore.

Para a metodologia de Runkle (1982), foi utilizado o maior comprimento entre uma borda a outra da clareira e a maior distância perpendicular ao comprimento, adequados à fórmula da área da elipse.

Para a metodologia de Lima (2005), foi utilizada a divisão dos limites da clareira em triângulos e na mensuração dos lados de cada triângulo formado. Foi realizada pelo método dos triângulos (8 triângulos) (Figura 5). Sendo medidas sempre no sentido horário (LIMA, 2005).

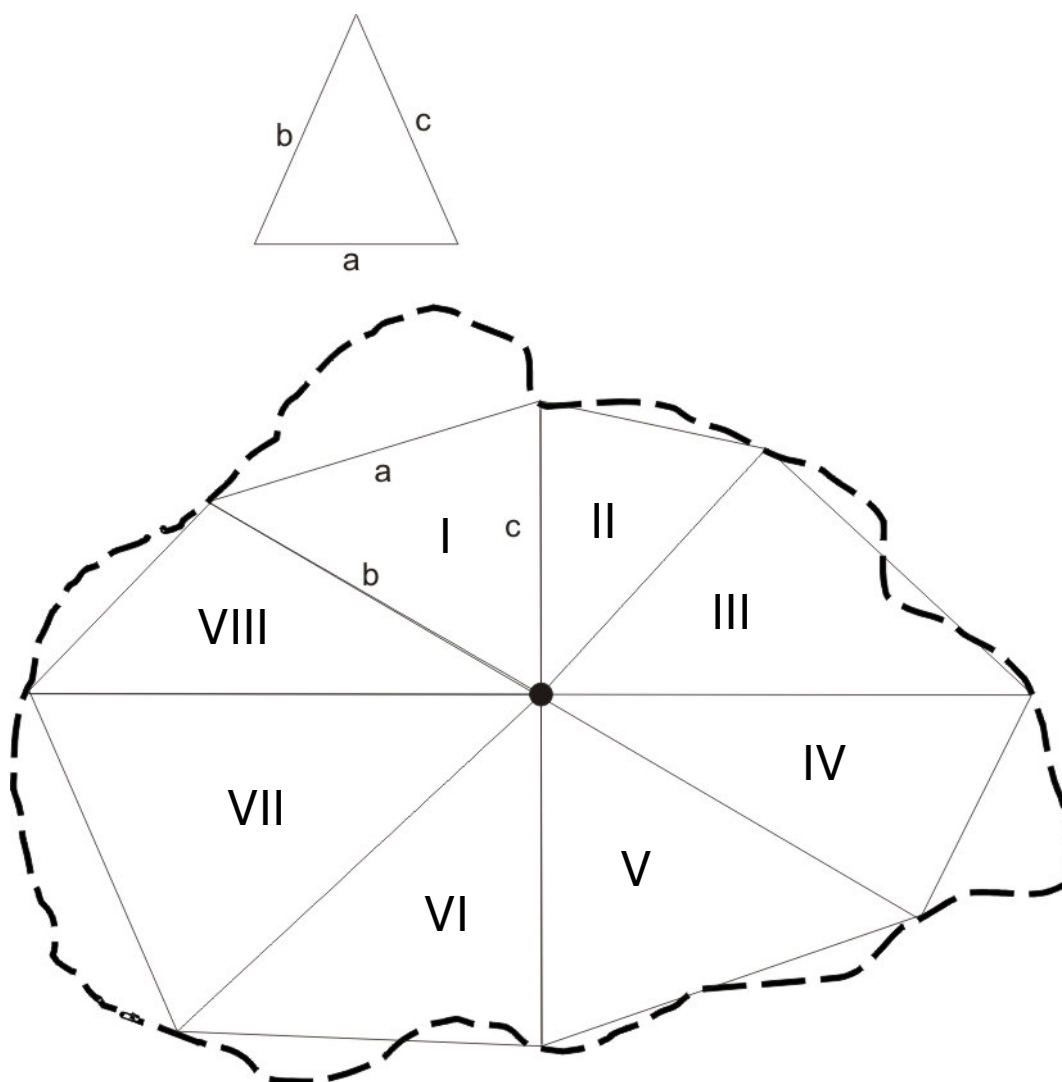


Figura 5 - Croqui de mensuração da área de uma clareira, através do método dos triângulos. As letras a, b e c são os lados do triângulo.

Segundo Lima (2005), a definição de Brokaw (1982) e o método dos triângulos (Figura 5) apresentaram correlação (R de Pearson) de $R = 0,964$, $P < 0,00001$ e a correlação entre a definição de Runkle (1981) e o método dos triângulos foi de $R = 0,956$, $P < 0,00001$. Considerando que no presente estudo foi utilizada a definição de Runkle (1981), de acordo com Lima (2005), o método dos triângulos é satisfatório para determinação da área de uma clareira.

A seguinte fórmula foi utilizada para calcular a área de uma clareira (LIMA, 2005; SPIEGEL, 1990):

$$\text{Área} = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)} \quad \text{eq. (1)}$$

s= semi-perímetro.

$$s = \frac{(a + b + c)}{2} \quad \text{eq. (2)}$$

Onde:

a, b, c = lados do triângulo

Área total da clareira = Soma das 8 áreas do triângulo

Após sorteadas e medidas as clareiras, nos determinados intervalos de tamanho, foi localizado o centro da clareira para a instalação das parcelas para inventário da regeneração natural, amostragem e medidas de parâmetros do solo.

5.3.2 Medição da regeneração

Neste estudo, somente arvoretas e varas foram mensuradas na regeneração natural da floresta. Foram definidas como arvoretas, os indivíduos com diâmetro maior ou igual a 5,0 cm e menor que 10,0 cm e como varas, indivíduos com diâmetro maior ou igual a 2,5 cm e menor que 5,0 cm.

A metodologia para classificação de arvoretas e varas encontradas nas parcelas de estudo seguiu as diretrizes para medição de parcelas permanentes (Figura 6), proposta por SILVA *et al.* (2005), com pequenas adaptações para trilhas de arraste primárias e secundárias (Figura 7).

Tanto para arvoretas quanto para varas, foi medido o diâmetro a aproximadamente 1,30 m do solo (diâmetro à altura do peito – DAP). As parcelas para medir as arvoretas tiveram dimensões de 10 m x 10 m (100 m²) (Figura 6A; 7A); todos os indivíduos foram identificados, marcados com plaqueta de alumínio, com quatro dígitos, sendo que o primeiro dígito é significa arvoreta (número 1), o segundo corresponde ao tratamento (1 - trilha primária, 2 - trilha secundária, 3 - centro de clareira, 4 - floresta remanescente, 5 - pátio de estocagem) e os dois últimos representam o número da arvoreta (ex: 1101).

Para varas, as parcelas tiveram dimensões de 5 m x 5 m (25 m²) (Figura 6B; 7B), e foram marcadas com plaquetas de alumínio, sendo que o primeiro dígito significa vara (número 2), o segundo corresponde ao tratamento, e os dois últimos representam o número da vara (ex: 2101).

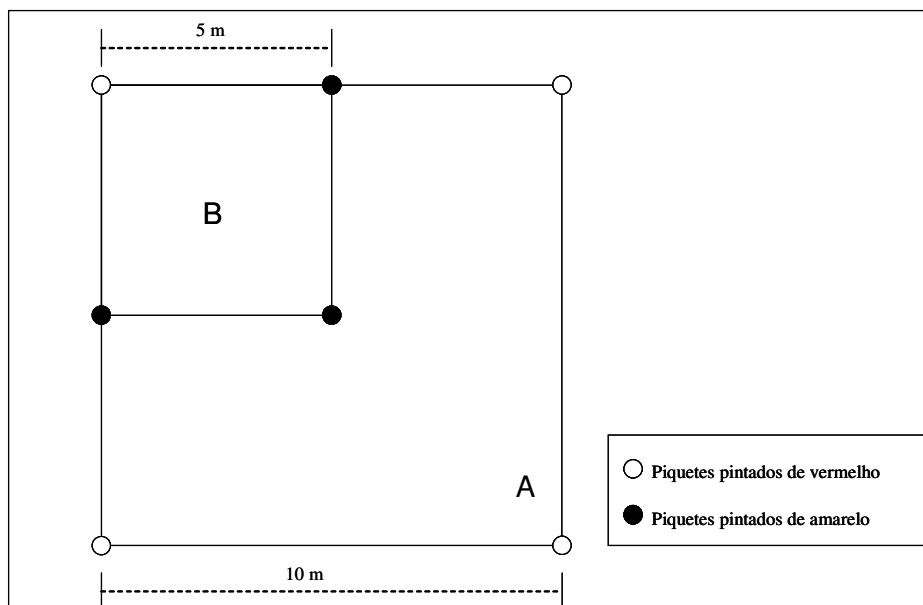


Figura 6 - Croqui das parcelas para inventário da regeneração natural em: clareiras, floresta remanescente e pátios de estocagem. A - Parcela 10 m x 10 m (medição da arvoreta), com piquetes pintados de vermelho, B - Parcela 5 m x 5 m (medição das varas), piquetes pintados de amarelo.

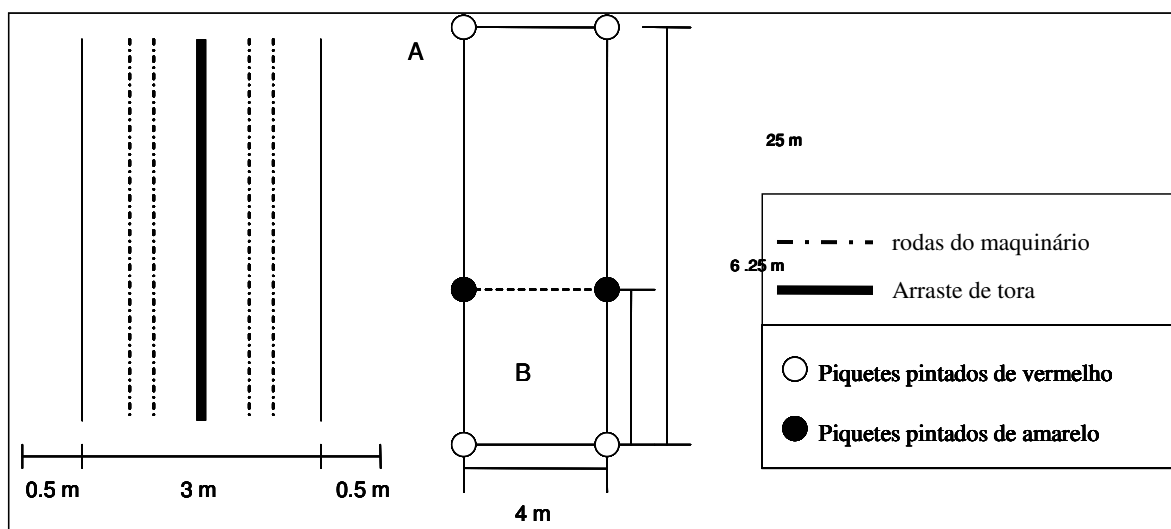


Figura 7 - Croqui das parcelas para inventário da regeneração natural em: trilhas de arraste primária e secundária. A - Parcela 25 m x 4 m (medida da arvoreta), piquetes pintados de vermelho, B - Parcela 6,25 m x 4 m (medida das varas), piquetes pintados de amarelo.

Foram utilizadas as fichas de campo apresentadas nos Anexos A (arvoreta) e B (vara), para registro da regeneração natural, preenchendo em cada parcela um formulário para arvoreta e vara, respectivamente, e preenchendo na ficha: código da espécie, nome comum e nome científico da espécie, DAP (mm) e CIF (Classe de Identificação do Fuste).

As arvoretas foram identificadas e classificadas de acordo com a classe de identificação do fuste (CIF), adotada em Silva *et al.* (2005):

1. Arvoreta viva em pé com o fuste completo.
2. Arvoreta viva em pé, sem copa, com o fuste igual ou maior que 4,0 m de comprimento.
3. Arvoreta viva em pé, sem copa, com o fuste menor que 4,0 m de comprimento.
4. Arvoreta viva caída.
5. Arvoreta morta por causa natural.
6. Arvoreta morta decorrente da exploração.

As varas foram identificadas e classificadas de acordo com a classe de identificação do fuste (CIF), adotada em Silva *et al.* (2005), apresentadas a seguir e ilustradas na Figura 8:

1. Vara viva em pé completa.
2. Vara viva em pé, quebrada ou cortada.
3. Vara viva caída.
4. Vara morta.

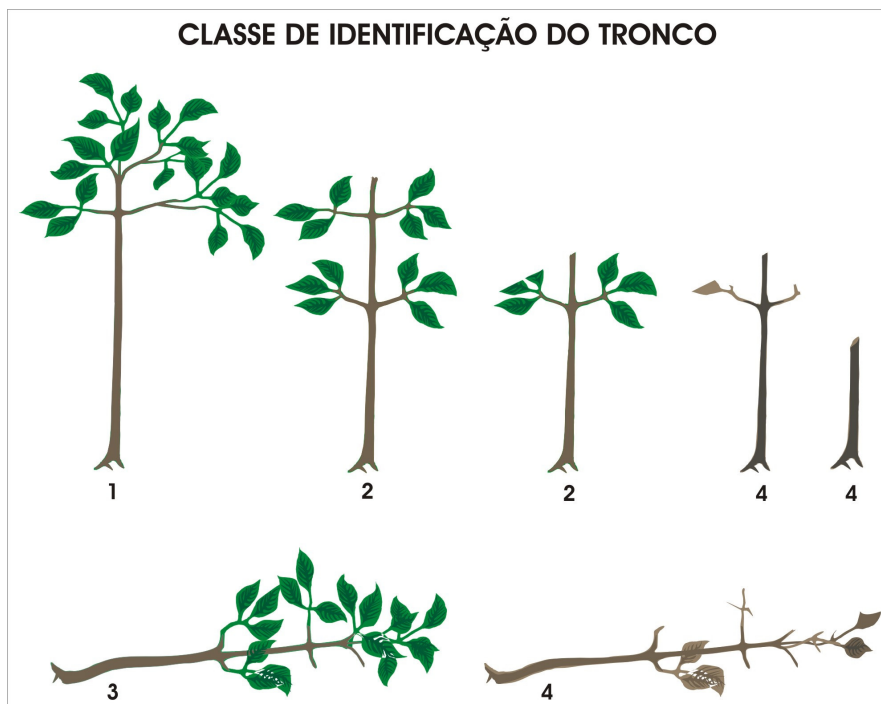


Figura 8 - Classe de Identificação de varas (CIF): (1) vara viva em pé completa; (2) vara viva em pé, quebrada ou cortada; (3) vara viva caída completa; (4) vara morta, de acordo com SILVA *et al.* (2005).

As parcelas para registro de arvoretas e varas foram instaladas nos pontos de coleta de solo, da seguinte maneira: três parcelas em trilhas de arraste primárias, três parcelas em trilhas de arraste secundárias, nove parcelas em clareiras, duas parcelas no pátio de estocagem e cinco parcelas em floresta remanescente, para cada ano estudado.

A medição de arvoretas e varas foi realizada no mês de maio de 2007, considerado como período chuvoso (ver Figura 2). As arvoretas e varas foram identificadas por um parobotânico.

Para análise da vegetação foram considerados os seguintes índices: riqueza, abundância (n_i), Índice de Shannon, Índice de Equitabilidade e similaridade florística.

O índice de Shannon é amplamente utilizado por sua simplicidade e, principalmente, por possuir duas características intrínsecas: (1) $H' = 0$ se e somente se a amostra possuir apenas uma espécie; (2) H' alcança o valor máximo quando todas as espécies forem igualmente abundantes (LEGENDRE; LEGENDRE, 1983; MAGURRAN, 1988). A equitabilidade (J') foi calculada utilizando a equação de Pielou (eq.4), seguindo as recomendações de LEGENDRE e LEGENDRE (1983).

Diferentes bases logarítmicas são utilizadas para o cálculo do índice de Shannon (MAGURRAN, 1988; KREBS, 1989), porém a base utilizada no trabalho foi “log_e” que é o logaritmo na base natural (KREBS, 1989).

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{n} \ln \frac{n_i}{n} \quad \text{eq. (3)} \quad J' = \frac{H'}{\ln S} \quad \text{eq. (4)}$$

Onde:

H' = Índice de Shannon

n = Número de indivíduos

n_i = Número de indivíduos amostrados na i-ésima espécie

ln = logaritmo neperiano (2,718)

J' = Índice de Equitabilidade

S = Número de espécies amostradas

Tanto a diversidade de Shannon quanto a equitabilidade assumem que todas as espécies foram incluídas na amostragem.

A similaridade florística foi calculada utilizando o coeficiente de Bray-Curtis, de acordo com BRAY e CURTIS (1957).

$$d_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n |x_{ik} - x_{jk}|}{\sum_{k=1}^n |x_{ik} + x_{jk}|} \quad \text{eq. (5)}$$

Onde:

d_{ij} - é o Índice de similaridade de Bray-Curtis entre a $j^{\text{ésima}}$ e a $k^{\text{ésima}}$ área;

x_{ij} - representa a abundância para a $i^{\text{ésima}}$ espécie na $j^{\text{ésima}}$ área;

x_{ik} - representa a abundância para a $i^{\text{ésima}}$ espécie na $k^{\text{ésima}}$ área.

A análise de agrupamento das espécies foi realizada seguindo as recomendações de Orlóci (1978), utilizando a distância euclidiana como medida de dissimilaridade. Segundo Orlóci (1978) e Legendre e Legendre (1983), a análise de agrupamento baseada na estrutura de abundância das espécies forma grupos que podem delimitar diferentes comunidades bióticas.

Para a determinação dos referidos índices (índices de diversidade (H') e equitabilidade (J') de Shannon, assim como de similaridade florística, calculada de acordo com Bray-Curtis) foi utilizado o programa Biodiversity Pro Versão 2.0 (McALEECE, 1997).

5.3.3 Amostras de solo e serapilheira

Amostras de solo e de serapilheira, assim como medidas da resistência à penetração foram coletadas nas seguintes situações: trilhas de arraste primárias, trilhas de arraste secundárias, centro de clareiras, pátios de estocagem, e floresta remanescente. As amostras foram retiradas dentro das parcelas de medição da regeneração natural e demais parcelas instaladas.

5.3.3.1 Trilhas de Arraste Primárias

Em cada UT foram escolhidas aleatoriamente, três trilhas de arraste primárias, e, em cada trilha, três pontos para coleta de solo, demarcados com piquetes e fita zebreada. A metodologia de coleta foi baseada em Tampokong (1996), onde o primeiro ponto foi definido dois metros do pátio de estocagem, devido ao acúmulo de detritos decorrentes da sua construção e do fechamento das entradas dos ramais de arraste, o segundo ponto foi localizado na parte intermediária da trilha e o terceiro ponto foi situado no final da trilha (Figura 9A).

Numa mesma parcela, foi retirada uma amostra de serapilheira ($0,25m^2$) e amostras de solo (profundidades de 0-10 cm para análises químicas, e 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm para análises biológicas), sendo que cada amostra de solo para análise química foi composta de três amostras simples de solo.

As amostras de solo para análises físicas foram retiradas nos trechos que passam as rodas do maquinário (RM), entre as rodas (ER), e na borda da trilha (BT), baseado em AMPOORTER *et al.* (2007) (Figura 9B).

5.3.3.2 Trilhas de Arraste Secundárias

Em cada UT foram escolhidas aleatoriamente, três trilhas de arraste secundárias. As trilhas de arraste secundárias partiram tanto da trilha principal quanto da estrada.

A amostragem de solo e serapilheira das trilhas de arraste secundária foi igual a das trilhas de arraste principal.

Dentro das parcelas de regeneração natural, instaladas nas trilhas de arraste primárias e secundárias, foram demarcadas parcelas de aproximadamente 4m x 3m, para amostragem de solo.

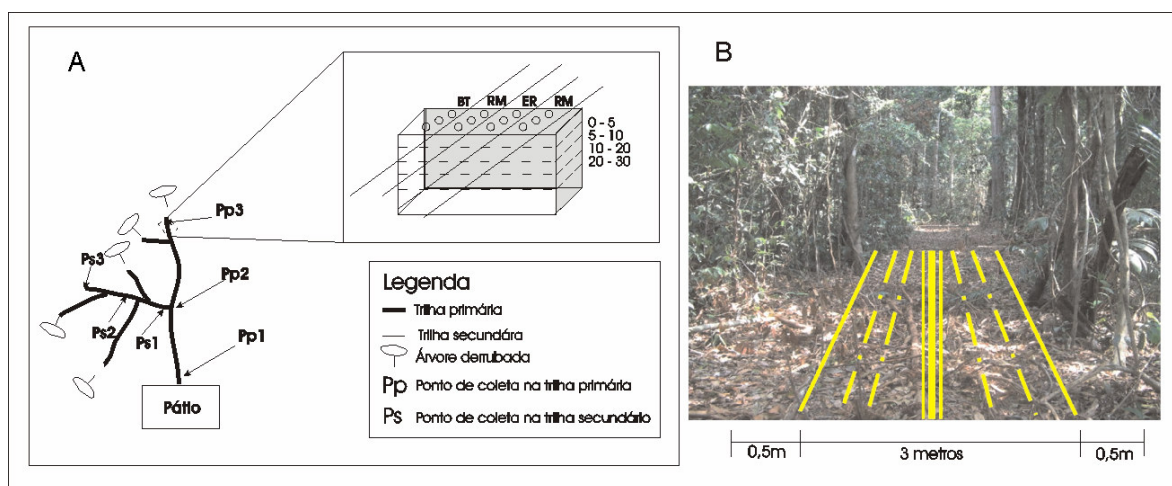


Figura 9 - (A) Croqui de localização das parcelas para inventário da regeneração natural, e para coleta de solo em uma trilha primária e secundária com (B) três pontos de coleta de solo para análises físicas: nos trechos que passam as rodas do maquinário (RM), entre as rodas (ER), e na borda da trilha (BT), baseado em AMPOORTER *et al.* (2007).

5.3.3.3 Floresta Remanescente

Para cada UT do estudo foram sorteados cinco pontos de coleta de solo, e obtida uma amostra composta em cada ponto. Os pontos de coleta foram delimitados em parcelas de 2m x 5m, e marcados com piquetes e fita zebrada (Figura 10).

O critério de instalação das parcelas na floresta remanescente levou em consideração uma distância máxima encontrada entre a área afetada pela derruba e não afetada pela derruba em todas as UTs, para que não houvesse influência dos

demais tratamentos. As parcelas foram instaladas numa distância mínima de 15 metros da área de derruba e arraste das toras pela exploração florestal.

5.3.3.4 Centro de clareira

Foram escolhidas aleatoriamente nove clareiras, para cada UT, em diferentes classes de tamanho: $100 \text{ m}^2 < \text{clareira} < 600 \text{ m}^2$, e clareiras $\geq 600 \text{ m}^2$, pois diferentes classes de clareiras podem resultar em diferentes respostas quanto a composição da regeneração natural e impactos no solo. Nas clareiras de estudo foi determinado o centro da clareira, e nele instalado uma parcela para coleta de solo com dimensões de 2m x 5m (Figura 10).

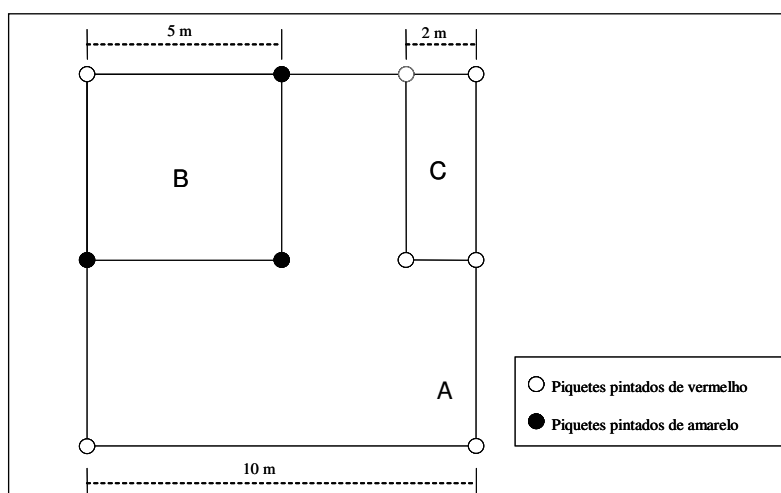


Figura 10 - A - Modelo de parcela para inventário da regeneração natural (arvoreta); B - parcela de 5m x 5m, para inventário de varas; C – parcela de aproximadamente 2m x 5m, para amostragem de solo, marcado com piquetes e fita zebreada, nos tratamentos clareira e floresta remanescente.

5.3.3.5 Pátio de Estocagem

Os pátios de estocagem das áreas exploradas em 2000, 2003 e 2006, tiveram, respectivamente, as seguintes dimensões: 20m x 20m (400 m^2), 20m x 15m (300 m^2), e 20m x 30m (600 m^2) (Figura 11). Os pátios foram divididos em parcelas de 10m x 5m, sendo que somente três parcelas, para cada ano estudado, foram sorteadas para coleta dos parâmetros de solo estudados.

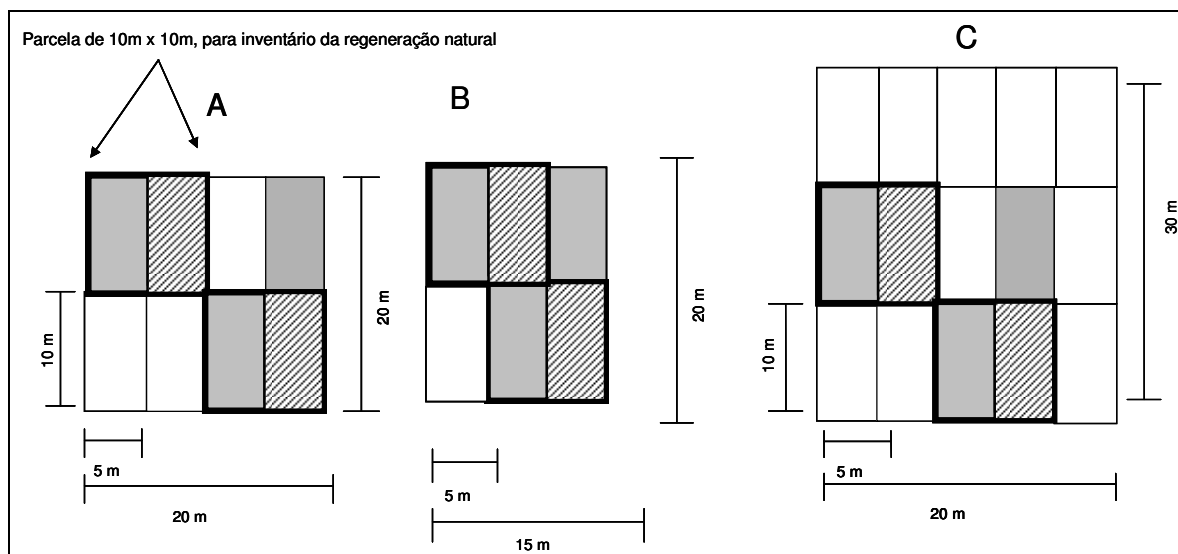


Figura 11 - A - Disposição das parcelas de coleta de solos (cinza) e regeneração natural (quadrados de 10m x 10m): A - pátio de 20m x 20m (UT explorada em 2000); B – pátio de 20m x 15m (UT explorada em 2003); C – pátio de 20m x 30m (UT explorada em 2006).

5.3.4 Procedimentos de campo e laboratório (solo)

As amostras de solo, em todos os tratamentos, foram coletadas com trado nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm (Figura 9) e armazenadas em sacos de polietileno, após remoção da serapilheira.

A serapilheira foi coletada em todos os pontos de amostragem de solo, dentro de uma grade de área de 0,25 m² (0,5m x 0,5m), e posteriormente armazenada em sacos de papel.

As amostras de solo coletadas na profundidade de 0-10 cm foram compostas de três amostras simples, e armazenadas em dois sacos de polietileno, mantidas sob refrigeração em caixa de isopor, com algumas pedras de gelo, até serem transportadas ao Laboratório de Ecofisiologia¹, para serem protocoladas, peneiradas e conservadas na geladeira até a realização das análises.

A serapilheira removida em sacos de papel foi levada à estufa sob temperatura de 60° C até atingir peso constante (aproximadamente dois a três dias). Depois foi separada manualmente em fração foliar (folhas secas, e todos os restos orgânicos depositados sobre o solo) e fração lenhosa (necromassa de madeira, galhos, raízes em geral). Em seguida, as amostras de serapilheira foram pesadas e moídas (MARTINS *et al.*, 1989).

¹ Localizado na Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA.

As amostras de solo nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm foram armazenadas em sacos de polietileno, e não foram refrigeradas, uma vez que passariam somente por análises físicas.

As amostras de solos minerais para análises químicas e biológicas, nas profundidades de 0-10 cm foram destorroadas em peneira de 2 mm (BOONE *et al.*, 1999).

Em todos os tratamentos e áreas de estudo foram coletadas 174 amostras de solo, na profundidade de 0-10 cm, em junho e outubro de 2007 (Figura 10), 87 amostras de serapilheira, em junho, e 636 amostras de solo nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm, no período chuvoso (junho).

5.3.4.1. Propriedades físicas do solo

As propriedades físicas estudadas foram: granulometria, densidade do solo, resistência à penetração, porosidade e umidade atual do solo.

5.3.4.1.1 *Granulometria*

A análise granulométrica do solo foi realizada no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental e determinada de acordo com o “Método da Pipeta” descrita em Nogueira e Souza (2005). Foram utilizadas amostras de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm, com três repetições para cada tratamento de cada UT do estudo.

A metodologia baseia-se na dispersão química, com solução de hidróxido de sódio (NaOH), e física (agitação mecânica) dos agregados ou unidades estruturais em partículas primárias (areia, silte e argila), seguida da combinação de tamisação e processo de sedimentação, para posterior quantificação proporcional de cada partícula, em g.kg^{-1} (NOGUEIRA; SOUZA, 2005).

Na fração de partículas menores que 2 mm, que predomina nos solos em relação à fração grosseira, distinguem-se três frações granulométricas: areias (areia grossa, entre 2 e 0,2 mm e areia fina, entre 0,2 e 0,05 mm), separadas por tamisação, secas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais; argila (menor que 0,002 mm), separada pelo princípio da Lei de Stokes (STOKES,

1951, citado por NOGUEIRA; SOUZA, 2005); e silte (entre 0,05 e 0,002 mm) obtida pela diferença entre areia e argila.

5.3.4.1.2 Compactação do solo

O nível de compactação do solo foi avaliado através da determinação dos valores de densidade do solo e resistência do solo à penetração.

A compactação (densidade do solo e resistência do solo a penetração) foi avaliada em todos os tratamentos, sendo que nas trilhas primárias e secundárias foram amostrados três pontos: área em que passam as rodas do maquinário (RM), entre as rodas (ER) (onde passam as toras de madeira), e na borda da trilha (BT) (Figura 9).

a) Densidade Aparente do solo

A densidade foi obtida com o método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997; ELLIOTT *et al.*, 1999) (volume do anel = 98,175 cm³).

Foram abertas trincheiras para retirar amostras de solo de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm. As amostras de solo indeformadas contidas no cilindro volumétrico foram pesadas e depois secas em estufa a 105°C, e, após 24 horas aproximadamente, pesadas as amostras secas. O tempo de permanência da amostra na estufa foi superior ao encontrado na literatura (EMBRAPA, 1997; ELLIOTT *et al.*, 1999) (24 horas), pois o solo é bastante argiloso.

Cálculo:

$$\text{Densidade aparente do solo} \left(g / cm^3 \right) = \frac{W}{V} \quad \text{eq. (6)}$$

Onde:

W = peso da amostra seca a 105°C;

V = volume do solo contido no anel em cm³.

b) Resistência à Penetração

Foi determinada com penetrômetro portátil (Geotester) (penetrador de diâmetro igual a 6,35 mm na escala de 0 a 6 Kgf.cm⁻²) em quatro profundidades: 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30cm, e com três repetições da medida para cada profundidade, marcadas com auxílio de uma régua (Figura 12).

As medições com penetrômetro portátil foram feitas nas parcelas de retirada das amostras de solo para análises físicas, porém antes da coleta de solo para densidade.

Os resultados foram expressos em força por unidade de área.



Figura 12 - Trincheira aberta para medidas de resistência do solo à penetração nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm.

5.3.4.1.3 Porosidade

A porosidade foi calculada assumindo que a densidade de partículas de solos minerais é 2,65 g/cm³. Este valor de densidade é apropriado para muitos tipos de solo exceto, para os derivados vulcânicos (ELLIOTT *et al.*, 1999).

$$\text{Porosidade total (\%)} = 1 - \frac{\text{densidade aparente do solo}}{\text{densidade das partículas}} \cdot 100 \quad \text{eq. (7)}$$

Onde:

Densidade das partículas = 2,65 g/cm³.

5.3.4.1.4 Umidade Gravimétrica Atual (%)

Amostras de solo para determinar a umidade foram coletadas em profundidades de 0-10 cm com ajuda de um trado tipo Holandês, armazenadas em recipientes herméticos, até análise no laboratório.

As amostras foram pesadas separadamente em balança analítica e levadas à estufa por aproximadamente 24 horas a 105 °C. Após esse período, deixou-se esfriar em dessecador e pesou-se o recipiente com o solo seco.

O cálculo da umidade, segundo Frighetto e Valarini (2000):

$$\text{Umidade} = \frac{W2 - W3}{W3 - W1} \cdot 100 \quad \text{eq. (8)}$$

Onde:

W1 = peso do recipiente

W2 = peso do recipiente + solo úmido

W3 = peso do recipiente + solo seco

A umidade é dada em porcentagem (%) correspondente à massa de solo.

5.3.4.1.5 Umidade Volumétrica ou Natural

Foi calculada de acordo com Lima *et al.* (2006), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm.

$$UmidadeNatural = \frac{(Peso\ solo\ úmido - Peso\ solo\ seco\ 105^{\circ}\ C) * 100}{Peso\ solo\ seco\ 105^{\circ}\ C} * D_s \quad eq. (9)$$

Ds – densidade aparente do solo.

5.3.4.2 Propriedades químicas do solo

As propriedades químicas estudadas foram: pH, teor de carbono e nitrogênio do solo (g.kg⁻¹), relação C/N. Para análises químicas foram utilizadas amostras de solo coletadas na profundidade de 0-10 cm.

5.3.4.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Foi adotada a metodologia para determinação de pH em água por potenciometria direta, baseada em Robertson *et al.* (1999) e Silva (2003), usando-se pHmetro Tecnal, modelo Tec-3MP.

5.3.4.2.2 Teor de Carbono e Nitrogênio Total e relação C/N

As amostras destinadas à análise do C e N total foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em peneiras de 2mm. Uma porção dessa amostra foi moída e passada em peneiras de 60 mesh (0,250 mm).

Para a determinação do carbono e nitrogênio total empregou-se o método da combustão seca (NELSON; SOMMERS, 1982), realizadas com equipamento LECO CNS 2000, pertencente ao Laboratório de Ecofisiologia da Embrapa Amazônia Oriental.

O teor de carbono e nitrogênio (Kg.ha⁻¹) foi calculado segundo Machado (2005), e posteriormente transformado para Mg.ha⁻¹.

$$Teor\ de\ C\ e\ N\ (kg.ha^{-1}) = \frac{Teor\ de\ C\ ou\ N\ (mgC/kg) * profundidade(cm)}{10 * Densidade\ aparente\ (g/cm^3)} \quad eq. (10)$$

5.4 ANÁLISE DOS DADOS

Para as propriedades do solo foi utilizada a análise de variância em arranjos fatoriais, em blocos completos ao acaso (ZIMMERMANN, 2004), com objetivo de incluir o máximo de combinações a vários conjuntos de tratamentos ou fatores, geralmente são mais eficientes que os experimentos simples com um só conjunto de tratamentos e permitem tirar conclusões mais gerais (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002).

Para as comparações de médias entre diferentes classes de perturbação, e demais variáveis, isoladamente, foi utilizada o Teste Tukey ($p < 0,05$). Para o cálculo, da análise de variância em arranjos fatoriais e Teste Tukey foi utilizado o programa SigmaStat 3.5 para *Windows*, desenvolvido pela Systat Software Inc®.

A análise de variância em arranjos fatoriais para os dados das propriedades físicas do solo considerou como fontes de variação: ano, tratamento e profundidade, com as interações: Ano x Tratamento, Ano x Profundidade, Tratamento x Profundidade e Ano x Tratamento x Profundidade.

A análise de variância em arranjos fatoriais para os dados das propriedades químicas do solo considerou como fontes de variação: ano, estação e tratamento, com as interações: Ano x Estação, Ano x Tratamento, Estação x Tratamento e Ano x Estação x Tratamento.

Foram realizadas comparações múltiplas em pares, utilizando o Teste Tukey entre as fontes de variação e variáveis de solo estudadas.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 AVALIAÇÃO DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL DE IMPACTO REDUZIDO SOBRE PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

O uso do solo para a exploração florestal, tanto pelo processo manual quanto pelo mecanizado, acarreta mudanças em sua estrutura e profundidade, que variam de acordo com as propriedades físicas e práticas de manejo adotadas. Essas transformações ocorrem principalmente na estrutura do solo, com efeitos na densidade, porosidade, resistência do solo, dentre outras características estruturais.

Os valores médios da análise granulométrica, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm, para diversos anos de exploração (UT explorada em 2000, 2003, e 2006) são apresentados na Tabela 1, ambos resultados não foram significativos entre todas as profundidades e entre os anos ($p>0,05$).

A textura é uma característica permanente do solo que depende do tipo do material parental e dos agentes formadores do solo (BRADY, 1989; SILVA 2003; GAMA, 2004); as propriedades físicas do solo são altamente influenciáveis pela textura e distribuição das partículas do solo (BRADY, 1989; HENDRISON, 1990). De acordo com Silva (2003) e Gama (2004), o solo com teor de argila superior a 60% possui textura muito argilosa; de acordo com a Tabela 1, o solo das UTs exploradas em 2000, 2003, e 2006 se enquadram nesta categoria. O solo das UTs de estudo (exploradas em 2000, 2003, e 2006) é do tipo Latossolo Amarelo (SILVA, 1981; RODRIGUES, 2003) com textura muito argilosa.

Em geral as partículas de argila tem a forma de placa, e quando expostas à umidade, apresentam grande plasticidade, retendo mais água que solos arenosos e siltosos (BRADY, 1989), podendo apresentar uma consistência similar a de uma massa de modelar.

Tabela 1 - Distribuição das partículas do solo (%) nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006, coletadas (n=15 para cada profundidade e para cada ano; n total=180) em quatro profundidades (0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm).

Ano da exploração das UTs	Prof. (cm)	Granulometria (%)			
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila total
2000	0 – 5	1,326	2,593	23,050	73,06
	5-10	0,846	2,393	23,210	73,60
	10-20	0,693	2,086	15,690	81,60
	20 -30	0,540	1,760	13,100	84,66
2003	0 – 5	1,506	1,466	21,870	75,20
	5-10	1,386	1,440	19,760	77,46
	10-20	0,780	1,233	15,260	82,80
	20 -30	0,653	1,106	12,860	85,46
2006	0 – 5	2,006	1,860	21,780	74,40
	5-10	1,526	1,733	18,130	78,66
	10-20	1,146	1,540	14,146	83,20
	20 -30	1,053	1,486	13,253	84,26

6.2 DENSIDADE APARENTE, POROSIDADE, RESISTÊNCIA DO SOLO E UMIDADE VOLUMÉTRICA DO SOLO NAS UTS EXPLORADAS EM 2000, 2003 E 2006 E NOS TRATAMENTOS.

6.2.1 Densidade do solo

A densidade aparente de solo de superfície argiloso pode variar de 1,00 até 1,60 g.cm⁻³, dependendo das condições físicas e químicas do solo (BRADY, 1989). De acordo com Torres e Saraiva (1999), a densidade de solos argilosos pode variar, segundo condições de mata e compactação, de 1,00 a 1,45 g.cm⁻³.

Na camada superficial (0-5 cm), os menores valores de densidade foram encontrados na Floresta Remanescente, para as UTs exploradas em 2000, valores de média $\pm$ desvio padrão (0,71 $\pm$ 0,09) e 2003 (0,8 $\pm$ 0,08), já para o ano de 2006 a densidade do solo nas clareiras (0,72 $\pm$ 0,08) é menor que nos demais anos (Tabela 2). Valores baixos para densidade (Figura 13, Tabela 2, e Tabela 3), também foram encontrados por Ferreira *et al.* (2002), em Manaus, solo do tipo Latossolo Amarelo muito argiloso, com valor mínimo de 0,74 g.cm⁻³ (0-5 cm) e máximo de 1,10 g.cm⁻³ (20-30 cm) em parcelas controle (explorada seletivamente em 1987), e valores

mínimos de $0,67 \text{ g.cm}^{-3}$ (0-5 cm) e máximo de $1,19 \text{ g.cm}^{-3}$ (20-30 cm) em parcelas manejadas (explorada seletivamente em 1993, medidas pós-exploração). Mello-Ivo e Ross (2006), na mesma região, encontraram valores entre $0,75$ e $0,82 \text{ g.cm}^{-3}$, nas profundidades de 0-3 cm e 4-7 cm.

A baixa densidade do solo observada (Figura 13, Tabela 2, Tabela 3) pode ser explicada pela grande quantidade de material orgânico na superfície deixado durante a exploração seletiva, com baixa exposição do solo as intempéries, o que favorece a regeneração natural e como consequência, aumenta a incorporação da serapilheira e o crescimento de raízes (CAETANO, 2000; MELLO-IVO, ROSS, 2006). O grande teor de matéria orgânica no solo apresenta diminuição da densidade máxima do solo e aumento da umidade ótima ou crítica para a compactação, graças à influência da matéria orgânica no poder de adsorção de água do solo (DIAS JÚNIOR, 2000; SEIXAS, 2002).

Tabela 2 - Média de Ds (Densidade), P (Porosidade), UV (Umidade Volumétrica), RP (Resistência à penetração) ($\pm$ desvio padrão) influenciado pelas UTs exploradas nos anos de 2000, 2003 e 2006, profundidade, tratamento (Clareiras, Floresta Remanescente, Pátio, Ramal Primário e Secundário).

CLAREIRA												
	2000				2003				2006			
Prof	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP
5	0,86 $\pm$ 0,12	67,44 $\pm$ 4,62	38,56 $\pm$ 4,78	2,35 $\pm$ 0,58	0,80 $\pm$ 0,10	69,70 $\pm$ 3,76	32,94 $\pm$ 3,78	3,27 $\pm$ 1,11	0,72 $\pm$ 0,08	72,72 $\pm$ 3,00	27,34 $\pm$ 4,44	2,59 $\pm$ 0,68
10	0,90 $\pm$ 0,11	65,95 $\pm$ 4,26	34,05 $\pm$ 4,60	3,15 $\pm$ 0,72	0,94 $\pm$ 0,08	64,70 $\pm$ 2,85	32,28 $\pm$ 2,19	3,64 $\pm$ 0,50	0,90 $\pm$ 0,08	65,95 $\pm$ 2,91	32,03 $\pm$ 2,50	2,90 $\pm$ 0,95
20	0,92 $\pm$ 0,09	65,40 $\pm$ 3,23	31,03 $\pm$ 5,33	3,36 $\pm$ 0,62	0,99 $\pm$ 0,09	62,81 $\pm$ 3,32	32,86 $\pm$ 2,64	3,80 $\pm$ 0,31	0,96 $\pm$ 0,12	63,83 $\pm$ 4,65	34,34 $\pm$ 3,02	3,83 $\pm$ 1,15
30	0,98 $\pm$ 0,12	63,07 $\pm$ 4,55	33,93 $\pm$ 4,78	3,61 $\pm$ 0,44	1,05 $\pm$ 0,05	60,29 $\pm$ 1,81	34,20 $\pm$ 2,09	3,98 $\pm$ 0,34	1,03 $\pm$ 0,17	61,20 $\pm$ 6,59	34,40 $\pm$ 4,02	4,01 $\pm$ 1,11
FLORESTA REMANESCENTE												
	2000				2003				2006			
Prof	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP
5	0,71 $\pm$ 0,09	73,12 $\pm$ 3,33	31,31 $\pm$ 4,43	2,37 $\pm$ 0,42	0,8 $\pm$ 0,08	69,73 $\pm$ 3,00	30,20 $\pm$ 2,47	3,28 $\pm$ 0,63	0,93 $\pm$ 0,13	64,96 $\pm$ 4,92	32,34 $\pm$ 4,93	3,55 $\pm$ 0,28
10	0,9 $\pm$ 0,08	66,04 $\pm$ 3,15	33,29 $\pm$ 2,73	3,37 $\pm$ 0,69	0,94 $\pm$ 0,11	64,35 $\pm$ 4,11	27,02 $\pm$ 8,72	3,17 $\pm$ 0,93	0,99 $\pm$ 0,12	62,69 $\pm$ 4,49	32,37 $\pm$ 4,41	4,76 $\pm$ 0,88
20	1,01 $\pm$ 0,12	62,07 $\pm$ 4,34	36,65 $\pm$ 5,82	3,71 $\pm$ 0,35	1,04 $\pm$ 0,07	60,60 $\pm$ 2,63	32,81 $\pm$ 0,64	3,78 $\pm$ 1,27	1,02 $\pm$ 0,12	61,34 $\pm$ 4,59	31,89 $\pm$ 2,95	4,91 $\pm$ 0,99
30	1,05 $\pm$ 0,08	60,52 $\pm$ 2,84	34,98 $\pm$ 8,40	3,68 $\pm$ 0,39	1,08 $\pm$ 0,06	59,19 $\pm$ 2,12	32,61 $\pm$ 6,01	4,49 $\pm$ 0,53	1,00 $\pm$ 0,07	62,43 $\pm$ 2,77	30,95 $\pm$ 2,68	4,91 $\pm$ 1,07
PÁTIO												
	2000				2003				2006			
Prof	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP
5	0,81 $\pm$ 0,11	69,46 $\pm$ 4,20	31,51 $\pm$ 4,62	2,08 $\pm$ 0,85	1,07 $\pm$ 0,21	59,58 $\pm$ 7,76	26,90 $\pm$ 7,15	5,70 $\pm$ 0,33	1,09 $\pm$ 0,04	58,80 $\pm$ 1,35	35,02 $\pm$ 6,34	6,19 $\pm$ 0,18
10	1,12 $\pm$ 0,13	57,91 $\pm$ 4,74	37,76 $\pm$ 4,73	4,84 $\pm$ 0,76	1,00 $\pm$ 0,30	62,43 $\pm$ 11,39	32,43 $\pm$ 8,63	5,57 $\pm$ 0,35	1,22 $\pm$ 0,12	53,90 $\pm$ 4,47	42,14 $\pm$ 4,37	5,49 $\pm$ 0,97
20	1,16 $\pm$ 0,09	56,26 $\pm$ 3,37	38,90 $\pm$ 3,77	5,19 $\pm$ 0,22	1,26 $\pm$ 0,18	52,60 $\pm$ 6,77	41,19 $\pm$ 5,02	5,84 $\pm$ 0,22	1,31 $\pm$ 0,03	50,59 $\pm$ 1,24	45,89 $\pm$ 0,58	4,89 $\pm$ 0,57
30	1,18 $\pm$ 0,09	55,60 $\pm$ 3,32	39,23 $\pm$ 3,74	5,57 $\pm$ 0,37	1,21 $\pm$ 0,17	54,19 $\pm$ 6,39	40,18 $\pm$ 5,67	5,42 $\pm$ 0,15	1,21 $\pm$ 0,05	54,52 $\pm$ 1,71	43,39 $\pm$ 2,41	4,14 $\pm$ 0,40
RAMAL PRINCIPAL												
	2000				2003				2006			
Prof	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP
5	0,83 $\pm$ 0,13	68,82 $\pm$ 4,72	35,13 $\pm$ 4,84	2,77 $\pm$ 0,50	0,83 $\pm$ 0,13	68,60 $\pm$ 5,06	31,57 $\pm$ 4,45	4,06 $\pm$ 0,76	0,96 $\pm$ 0,15	63,79 $\pm$ 5,51	38,63 $\pm$ 7,53	5,09 $\pm$ 0,49
10	0,90 $\pm$ 0,10	66,06 $\pm$ 3,82	31,91 $\pm$ 4,25	3,73 $\pm$ 0,73	0,97 $\pm$ 0,11	63,33 $\pm$ 4,04	33,59 $\pm$ 7,35	4,40 $\pm$ 1,00	1,10 $\pm$ 0,14	58,33 $\pm$ 5,42	36,22 $\pm$ 9,91	5,26 $\pm$ 0,96
20	0,97 $\pm$ 0,05	63,37 $\pm$ 2,03	33,43 $\pm$ 2,66	4,01 $\pm$ 0,68	1,03 $\pm$ 0,10	61,06 $\pm$ 3,70	32,51 $\pm$ 3,23	4,80 $\pm$ 0,8	1,12 $\pm$ 0,10	57,64 $\pm$ 3,77	37,07 $\pm$ 3,93	5,25 $\pm$ 0,91
30	1,02 $\pm$ 0,08	61,39 $\pm$ 2,87	34,80 $\pm$ 3,24	4,29 $\pm$ 0,54	1,02 $\pm$ 0,09	61,40 $\pm$ 3,48	31,58 $\pm$ 2,97	4,79 $\pm$ 0,7	1,15 $\pm$ 0,11	56,79 $\pm$ 3,97	36,89 $\pm$ 3,87	5,35 $\pm$ 0,76
RAMAL SECUNDÁRIO												
	2000				2003				2006			
Prof	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP
5	0,79 $\pm$ 0,09	70,10 $\pm$ 3,48	32,70 $\pm$ 4,06	3,14 $\pm$ 0,55	0,88 $\pm$ 0,12	66,71 $\pm$ 4,37	32,69 $\pm$ 4,64	3,55 $\pm$ 0,56	0,92 $\pm$ 0,14	65,29 $\pm$ 5,35	33,92 $\pm$ 4,99	4,95 $\pm$ 0,89
10	0,91 $\pm$ 0,08	65,74 $\pm$ 2,88	31,56 $\pm$ 3,51	3,99 $\pm$ 0,87	0,98 $\pm$ 0,12	63,12 $\pm$ 4,68	32,47 $\pm$ 3,50	4,24 $\pm$ 0,44	1,04 $\pm$ 0,08	60,60 $\pm$ 2,98	36,05 $\pm$ 2,36	5,16 $\pm$ 1,07
20	0,90 $\pm$ 0,05	65,89 $\pm$ 1,90	31,7 $\pm$ 10,26	4,06 $\pm$ 0,66	1,01 $\pm$ 0,11	61,93 $\pm$ 4,15	32,13 $\pm$ 2,69	4,43 $\pm$ 0,31	1,10 $\pm$ 0,09	58,44 $\pm$ 3,38	36,07 $\pm$ 3,11	5,27 $\pm$ 0,79
30	0,95 $\pm$ 0,05	64,15 $\pm$ 2,05	31,11 $\pm$ 3,28	4,20 $\pm$ 0,74	1,02 $\pm$ 0,10	61,58 $\pm$ 3,94	32,64 $\pm$ 2,76	4,45 $\pm$ 0,31	1,13 $\pm$ 0,04	57,29 $\pm$ 1,56	35,40 $\pm$ 1,59	5,58 $\pm$ 0,75

Hendrison (1990), no Suriname, utilizando o Sistema Silvicultural Celos, em solos com textura argilosa e com camada orgânica removida, encontrou no Ramal Principal (RP), dois anos após exploração florestal, média de $1,15 \text{ g.cm}^{-3}$ para 0-7 cm de profundidade, $1,33 \text{ g.cm}^{-3}$ para 10-15 cm, e $1,54 \text{ g.cm}^{-3}$ para 40-50 cm. Na mesma área, oito anos após a exploração foi verificado que o solo continuava compactado em relação à área não perturbada, valores menores de densidade do solo foram encontrados no presente estudo (Tabela 2; Tabela 3). O mesmo autor analisou o ramal secundário, um ano pós-exploração, e verificou que não foi significativo o incremento da densidade do solo. Resultado semelhante foi encontrado nas três UTs estudadas aqui neste trabalho, uma vez que, no ramal secundário geralmente, arrastam-se de uma a três toras para o ramal principal ou diretamente para o pátio de estocagem.

Segundo Brady (1989), partículas sólidas de solos de textura fina tendem a ser organizadas em grãos porosos ou grânulos, especialmente se houver presença adequada de matéria orgânica, condição esta que assegura total elevado de espaços de poros, além de baixa densidade de volume.

Durante o processo de coleta de campo, observou-se grande quantidade de raízes no solo, e durante o procedimento para obtenção da densidade do solo no laboratório, foi observada diferença expressiva entre o peso úmido do solo e peso seco (seco em estufa a 105°C), uma vez que a massa de raízes também perdeu umidade, afetando e justificando os baixos valores de densidade do solo.

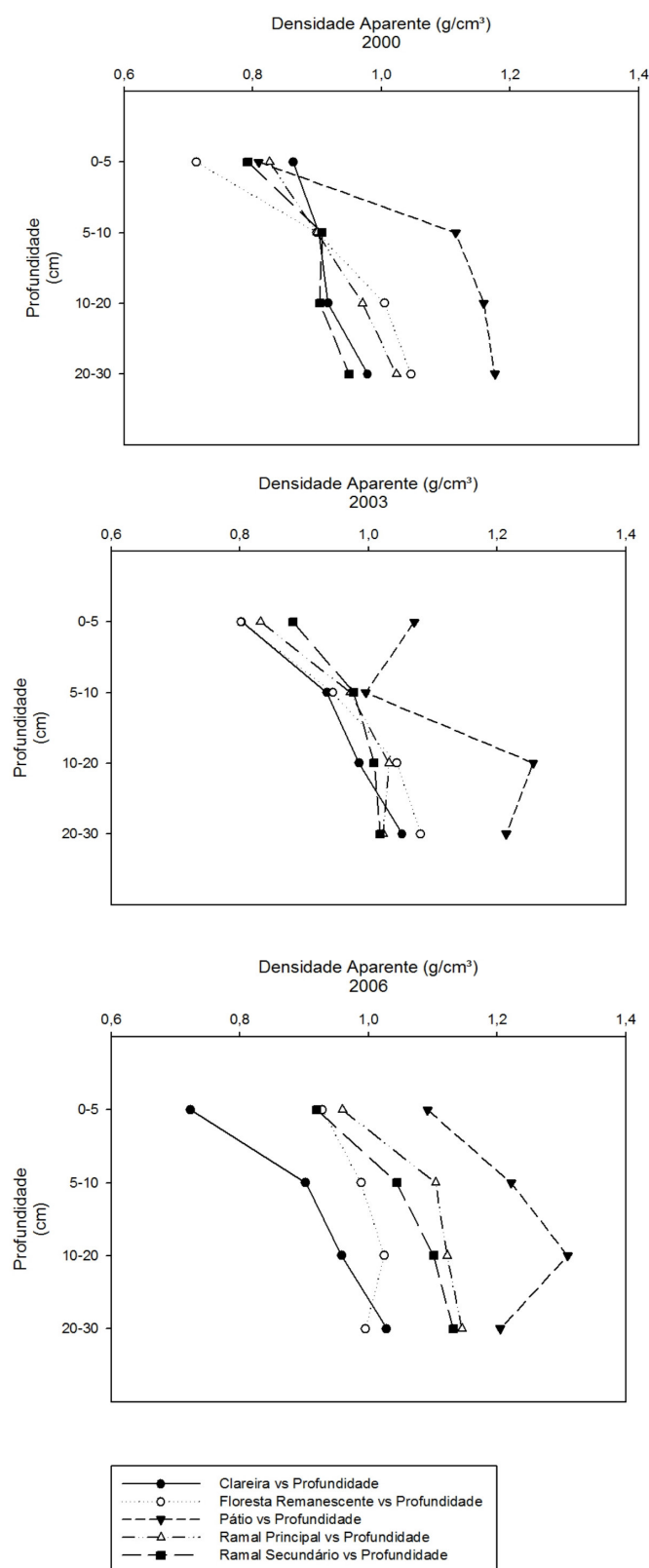


Figura 13- Densidade do solo nos tratamentos (Clareira, Floresta Remanescente, Pátio, Ramal Principal, Ramal Secundário) em função das profundidades. (A) UT explorada em 2000, (B) UT explorada em 2003, (C) UT explorada em 2006.

6.2.1.1 Densidade do solo entre anos, tratamentos e profundidades

Levando em consideração o arranjo formado pelos anos, tratamentos e profundidades, foi observado que a análise de variância para as três fontes de variação (ano, tratamento e profundidade), individualmente, foi altamente significativa ($p < 0,001$; $n=636$), porém quando agrupados, os fatores (ano, tratamento, profundidade) são interpretado de forma correta, uma vez que o efeito de cada fator é influenciado pelo outro fator.

O efeito entre anos depende em que nível os tratamentos estão presentes. O arranjo entre anos (diferentes UTs de exploração) e tratamentos (clareira, floresta remanescente, ramal principal, ramal secundário, pátio de estocagem) foi altamente significativo ($p < 0,001$), enquanto que para os demais arranjos não foi significativo (Ano x Prof.; $p=0,449$ e Trat .x Prof.; $p=0,748$).

A comparação múltipla de valores de densidade (2000 x 2003); (2000 x 2006) e (2003 x 2006) entre todos os anos através do Teste de Tukey, demonstrou que houve diferença altamente significativa entre os três anos de exploração ($p < 0,001$). Entre os tratamentos foi encontrada diferença altamente significativa entre pátio e demais tratamentos ($p < 0,001$), assim como ramal principal com clareira, e ramal secundário com clareira. Quando comparada a floresta remanescente com a clareira, não foi observada diferença estatística entre elas ($p > 0,05$), o que significa que a densidade do solo entre as clareiras e a floresta remanescente são semelhantes, ou seja, a derruba das árvores não influenciou na densidade do solo nas clareiras.

O Pátio de estocagem (P), Ramal Principal (RP) e ramal secundário (RS) podem ser considerados infra-estruturas permanentes do manejo florestal, diferentes da clareira e floresta remanescente, ou seja, o intervalo de 6 anos, entre as UTs exploradas em 2000 e 2006, não foi suficiente para que a densidade voltasse ao que era (FR, como parâmetro de floresta natural), mostrando que os tratamentos (P, RP, RS) são os mais afetados pela colheita seletiva de madeira.

Na comparação múltipla dos valores de densidade do solo em todos os anos e entre profundidades não foi encontrada diferença significativa na profundidade de 20-30 cm ($p=0,863$).

Estudo realizado seis meses após exploração seletiva em Manaus, com vegetação e solo semelhantes às UTs do presente estudo, mostrou que a densidade

do solo nas profundidades de 0-3 cm e 4-7 cm apresentou diferença estatística significativa entre centro de clareira e trilhas de arraste (MELLO-IVO; ROSS, 2006). Resultados análogos foram encontrados na UT explorada em 2006, onde as interações entre ramal principal, ramal secundário e clareira, foram significativas ($p < 0,05$). Não foi encontrada diferença significativa entre pátio e ramal principal (0,948). Esses tratamentos (ramal principal, secundário, e pátio) foram os que mais sofreram a influência da passagem do *skidder* e toras retiradas.

A grande quantidade de material orgânico na superfície, consequência do maior crescimento de raízes, incorporação da serapilheira (GUIMARÃES; MELLO-IVO, 1997; MELLO-IVO; ROSS, 2006), e revolvimento superficial do solo, em decorrência do rodado do *skidder* no arraste das toras, justificam estatisticamente a menor densidade nas profundidades de 0-5 cm em todas as UTs (Figura 13).

6.2.1.2 Densidade do solo entre anos, classes de clareiras e profundidades

Utilizando a análise de variância em arranjo fatorial para os anos, profundidades e classes de clareira estudadas ($n=108$), verificou-se que a variação entre anos e classes de clareira não foi significativa, em todas as comparações múltiplas (Teste Tukey). Na análise entre as profundidades, a profundidade 0-5 cm foi diferente significativamente ($p < 0,001$) das demais profundidades, o mesmo ocorreu entre as profundidades de 10-30 cm, entretanto, entre 10-20 cm não houve diferença ($p=0,427$), não havendo diferença, também, entre 20-30 cm ($p=0,362$). Quando analisados em conjunto, Ano x Classe de clareiras x Profundidade, não apresentam diferença significativa ($p=0,717$).

Tabela 3 - Média $\pm$ DP de valores de Densidade (Ds), Porosidade (P), Umidade Volumétrica (UV), RP (Resistência à Penetração) nos anos de 2000, 2003 e 2006; por tratamento (clareira, ramal primário e secundário), por classe de clareira (maior e menor de 600 m²) e por profundidade.

CLAREIRA (C1 = CLAREIRA > 600m ²)												
Prof	2000				2003				2006			
	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP
5	0,78 $\pm$ 0,04	70,54 $\pm$ 1,46	36,42 $\pm$ 4,74	2,41 $\pm$ 0,67	0,76 $\pm$ 0,12	71,42 $\pm$ 4,89	33,82 $\pm$ 4,40	2,92 $\pm$ 1,16	0,73 $\pm$ 0,01	72,45 $\pm$ 0,55	27,98 $\pm$ 4,77	2,57 $\pm$ 1,23
10	0,89 $\pm$ 0,03	66,31 $\pm$ 1,26	31,56 $\pm$ 3,78	3,10 $\pm$ 0,53	0,90 $\pm$ 0,07	66,19 $\pm$ 2,46	30,51 $\pm$ 0,85	3,20 $\pm$ 0,32	0,92 $\pm$ 0,02	65,23 $\pm$ 0,66	32,83 $\pm$ 3,25	3,33 $\pm$ 1,27
20	0,89 $\pm$ 0,10	66,14 $\pm$ 3,80	29,36 $\pm$ 6,53	3,36 $\pm$ 0,79	0,97 $\pm$ 0,06	63,40 $\pm$ 2,18	32,41 $\pm$ 1,46	3,60 $\pm$ 0,15	1,02 $\pm$ 0,06	61,36 $\pm$ 2,12	35,22 $\pm$ 0,23	4,35 $\pm$ 1,15
30	0,99 $\pm$ 0,15	62,74 $\pm$ 5,68	33,51 $\pm$ 6,61	3,56 $\pm$ 0,61	1,03 $\pm$ 0,05	61,17 $\pm$ 1,99	33,28 $\pm$ 2,27	4,12 $\pm$ 0,18	0,99 $\pm$ 0,03	62,67 $\pm$ 1,12	32,94 $\pm$ 0,74	4,00 $\pm$ 1,37
CLAREIRA (C2 = CLAREIRA < 600m ²)												
Prof	2000				2003				2006			
	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP
5	0,97 $\pm$ 0,11	63,57 $\pm$ 4,26	41,24 $\pm$ 3,70	2,28 $\pm$ 0,54	0,83 $\pm$ 0,09	68,85 $\pm$ 3,23	32,50 $\pm$ 3,79	3,45 $\pm$ 1,15	0,72 $\pm$ 0,09	72,79 $\pm$ 3,45	27,16 $\pm$ 4,72	2,59 $\pm$ 0,61
10	0,91 $\pm$ 0,18	65,51 $\pm$ 6,77	37,16 $\pm$ 3,78	3,22 $\pm$ 1,00	0,96 $\pm$ 0,08	63,95 $\pm$ 2,93	33,16 $\pm$ 2,15	3,87 $\pm$ 0,43	0,90 $\pm$ 0,09	66,16 $\pm$ 3,32	31,80 $\pm$ 2,51	2,77 $\pm$ 0,93
20	0,94 $\pm$ 0,07	64,48 $\pm$ 2,57	33,10 $\pm$ 2,91	3,35 $\pm$ 0,46	0,99 $\pm$ 0,10	62,52 $\pm$ 3,93	33,09 $\pm$ 3,17	3,90 $\pm$ 0,33	0,94 $\pm$ 0,13	64,54 $\pm$ 5,04	34,08 $\pm$ 3,43	3,68 $\pm$ 1,20
30	0,97 $\pm$ 0,09	63,49 $\pm$ 3,42	34,47 $\pm$ 1,36	3,68 $\pm$ 0,09	1,06 $\pm$ 0,05	59,85 $\pm$ 1,62	34,66 $\pm$ 2,04	3,91 $\pm$ 0,40	1,04 $\pm$ 0,20	60,79 $\pm$ 7,54	34,82 $\pm$ 4,54	4,01 $\pm$ 1,15
RAMAL PRIMÁRIO (BT = BORDA DA TRILHA)												
Prof	2000				2003				2006			
	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP
5	0,84 $\pm$ 0,10	68,16 $\pm$ 3,71	35,17 $\pm$ 4,05	2,70 $\pm$ 0,54	0,82 $\pm$ 0,07	68,96 $\pm$ 2,63	31,61 $\pm$ 2,98	3,68 $\pm$ 0,50	0,88 $\pm$ 0,18	66,95 $\pm$ 6,62	35,23 $\pm$ 5,56	4,00 $\pm$ 1,23
10	0,87 $\pm$ 0,13	67,11 $\pm$ 4,86	30,85 $\pm$ 4,02	3,48 $\pm$ 0,62	0,94 $\pm$ 0,09	64,41 $\pm$ 3,55	32,15 $\pm$ 3,60	3,92 $\pm$ 0,51	1,01 $\pm$ 0,14	61,85 $\pm$ 5,40	33,15 $\pm$ 8,89	4,51 $\pm$ 0,94
20	0,97 $\pm$ 0,07	63,34 $\pm$ 2,49	33,25 $\pm$ 3,29	3,69 $\pm$ 0,78	1,01 $\pm$ 0,08	62,04 $\pm$ 2,93	32,55 $\pm$ 2,20	4,38 $\pm$ 0,74	1,08 $\pm$ 0,07	59,24 $\pm$ 2,66	35,26 $\pm$ 2,86	5,03 $\pm$ 0,87
30	1,02 $\pm$ 0,08	61,37 $\pm$ 2,93	35,17 $\pm$ 3,97	4,23 $\pm$ 0,48	1,04 $\pm$ 0,09	60,82 $\pm$ 3,46	32,16 $\pm$ 2,42	4,54 $\pm$ 0,74	1,11 $\pm$ 0,09	58,06 $\pm$ 3,24	35,45 $\pm$ 2,56	5,33 $\pm$ 0,81
RAMAL PRIMÁRIO (RM = RODA DO MAQUINÁRIO)												
Prof	2000				2003				2006			
	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP
5	0,84 $\pm$ 0,15	68,18 $\pm$ 5,62	36,91 $\pm$ 5,43	2,86 $\pm$ 0,41	0,88 $\pm$ 0,18	66,95 $\pm$ 6,76	32,66 $\pm$ 4,98	4,70 $\pm$ 0,75	0,99 $\pm$ 0,10	62,67 $\pm$ 3,68	38,43 $\pm$ 5,01	5,84 $\pm$ 1,33
10	0,94 $\pm$ 0,07	64,59 $\pm$ 2,48	34,06 $\pm$ 3,72	4,01 $\pm$ 0,81	0,99 $\pm$ 0,14	62,59 $\pm$ 5,18	35,14 $\pm$ 11,91	5,09 $\pm$ 0,80	1,16 $\pm$ 0,14	56,12 $\pm$ 5,23	39,62 $\pm$ 5,87	5,90 $\pm$ 0,48
20	0,97 $\pm$ 0,06	63,39 $\pm$ 2,16	33,81 $\pm$ 2,97	4,25 $\pm$ 0,57	1,07 $\pm$ 0,10	59,59 $\pm$ 3,83	33,81 $\pm$ 3,14	5,36 $\pm$ 0,56	1,17 $\pm$ 0,08	55,93 $\pm$ 2,99	39,11 $\pm$ 2,98	5,55 $\pm$ 0,65
30	1,04 $\pm$ 0,08	60,78 $\pm$ 3,16	35,64 $\pm$ 2,95	4,47 $\pm$ 0,60	1,02 $\pm$ 0,11	61,40 $\pm$ 4,22	31,62 $\pm$ 3,29	5,08 $\pm$ 0,55	1,21 $\pm$ 0,08	54,36 $\pm$ 3,15	39,59 $\pm$ 3,26	5,58 $\pm$ 0,62

Tabela 3: Continuação

RAMAL PRIMÁRIO (ER = ENTRE O RODADO)												
	2000				2003				2006			
Prof	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP
5	0,79± 0,13	70,13± 4,92	33,32± 4,79	2,74± 0,58	0,80± 0,13	69,89± 5,06	30,44± 5,29	3,79± 0,60	1,01± 0,13	61,76± 4,91	42,23± 10,03	5,44± 1,34
10	0,89± 0,10	66,46± 3,70	30,82± 4,57	3,68± 0,74	0,98± 0,09	63,00± 3,38	33,48± 3,99	4,19± 1,22	1,14± 0,11	57,03± 4,22	35,90± 13,50	5,37± 0,91
20	0,97± 0,04	63,37± 1,57	33,22± 1,78	4,10± 0,63	1,02± 0,11	61,56± 4,19	31,15± 3,91	4,65± 0,81	1,12± 0,13	57,75± 4,90	36,83± 4,98	5,16± 1,15
30	1,01± 0,07	62,02± 2,73	33,59± 2,66	4,18± 0,56	1,01± 0,08	61,98± 2,97	30,96± 3,35	4,76± 0,75	1,11± 0,12	57,94± 4,59	35,63± 4,39	5,13± 0,85
RAMAL SECUNDÁRIO (BT = BORDA DA TRILHA)												
	2000				2003				2006			
Prof	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP
5	0,78± 0,04	70,42± 1,39	33,71± 1,81	3,08± 0,68	0,82± 0,13	69,23± 4,73	29,99± 6,85	3,23± 0,67	0,87± 0,06	67,27± 2,09	31,66± 2,33	4,54± 0,65
10	0,91± 0,06	65,80± 2,20	31,54± 2,51	3,86± 0,76	0,92± 0,06	65,11± 2,13	30,81± 1,73	4,17± 0,32	1,05± 0,06	60,26± 2,27	35,56± 2,90	4,61± 0,58
20	0,91± 0,05	65,54± 1,80	25,12± 12,9	4,19± 1,01	0,99± 0,12	62,70± 4,56	31,29± 3,38	4,43± 0,38	1,10± 0,04	58,37± 1,44	35,65± 1,20	4,77± 0,76
30	0,95± 0,04	64,28± 1,43	31,33± 0,98	4,08± 1,06	0,98± 0,12	62,91± 4,44	31,03± 3,83	4,64± 0,28	1,10± 0,02	58,56± 0,91	34,55± 1,45	5,26± 0,59
RAMAL SECUNDÁRIO (RM = RODA DO MAQUINÁRIO)												
	2000				2003				2006			
Prof	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP
5	0,83± 0,01	68,83± 0,40	34,52± 1,63	3,26± 0,54	0,97± 0,12	63,31± 4,71	35,63± 3,81	3,38± 0,42	0,99± 0,22	62,75± 8,45	35,77± 6,20	6,02± 0,22
10	0,95± 0,13	64,29± 4,73	33,31± 5,52	4,57± 1,21	1,07± 0,16	59,78± 6,22	35,50± 4,18	4,34± 0,55	1,05± 0,10	60,19± 3,59	36,27± 2,17	6,31± 0,08
20	0,90± 0,06	66,13± 2,18	33,25± 0,93	4,06± 0,60	1,08± 0,12	59,13± 4,45	34,15± 2,44	4,56± 0,41	1,15± 0,12	56,62± 4,70	36,51± 3,27	6,10± 0,06
30	0,96± 0,02	63,85± 0,89	30,36± 2,52	4,52± 0,82	1,07± 0,09	59,49± 3,27	34,13± 1,91	4,51± 0,18	1,14± 0,06	56,85± 2,15	34,67± 1,23	6,31± 0,15
RAMAL SECUNDÁRIO (ER = ENTRE O RODADO)												
	2000				2003				2006			
Prof	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP	Ds	P	UV	RP
5	0,77± 0,17	71,06± 6,51	29,85± 6,43	3,10± 0,65	0,86± 0,05	67,58± 0,1,9	32,44± 0,91	4,04± 0,26	0,90± 0,13	65,86± 4,77	34,34± 6,53	4,28± 0,28
10	0,87± 0,003	67,12± 0,11	29,82± 1,84	3,56± 0,40	0,94± 0,11	64,48± 4,34	31,09± 2,80	4,20± 0,59	1,02± 0,11	61,36± 4,01	36,34± 2,94	4,57± 1,12
20	0,90± 0,07	65,99± 2,47	36,69± 12,1	3,92± 0,53	0,95± 0,08	63,96± 3,06	30,94± 1,49	4,29± 0,12	1,05± 0,09	60,33± 3,36	36,04± 5,11	4,94± 0,59
30	0,95± 0,01	64,32± 3,72	31,65± 5,87	4,00± 0,43	1,00± 0,12	62,33± 4,65	32,75± 2,23	4,19± 0,32	1,15± 0,02	56,45± 0,70	36,98± 0,88	5,18± 0,82

6.2.1.3 Densidade do solo entre anos, locais (ramal principal e secundário) e profundidades

No arranjo entre os anos, locais e profundidades, verificou-se que existe diferença significativa entre ano e profundidade ($p < 0,001$), separadamente. No processo de comparação múltipla entre os anos (Teste Tukey), foi verificada diferença altamente significativa ($p < 0,001$) entre as UTs exploradas entre 2000, 2003 e 2006.

A comparação múltipla entre os locais, ramal principal e ramal secundário não foram significativos ($p = 0,056$). Entre as profundidades (5-10cm, 5-20cm, 5-30cm e 10-30cm) as diferenças foram altamente significativas ($p < 0,001$), com exceção nas profundidades de 10-20 cm ($p = 0,090$) e 20-30 cm ($p = 0,431$).

Não existe diferença significativa ($p = 0,108$) entre as UTs exploradas em 2000 e 2003 para o arranjo ano e ramal principal, assim como não foi encontrada diferença significativa entre as UTs exploradas em 2003 e 2006 para a variável ramal secundário ($p = 0,230$).

Para a comparação entre as profundidades, não foram encontradas diferenças significativas entre 10-20 cm ($p = 0,090$) e 20-30 cm ($p = 0,431$), resultado semelhante aos demais arranjos (anos x tratamentos x profundidades; anos x classe de clareira x profundidade) apresentados anteriormente para densidade.

6.2.1.4 Densidade do solo entre anos, tratamentos (ramal primário e secundário), locais (borda da trilha (BT), entre o rodado (ER), roda do maquinário (RM)), e profundidades.

Para a análise entre anos, tratamentos e locais, isoladamente, foi encontrada diferença altamente significativa para os anos e locais ($p < 0,001$). Através do Teste Tukey, observou-se que existe diferença estatística altamente significativa ($p < 0,001$) entre todos os anos. Para o fator local do arraste principal e secundário (BT, ER, RM), verificou-se que existe diferença significativa entre RM e BT ($p = 0,001$), assim como RM e ER ($p = 0,008$), porém ER e BT não diferiram estatisticamente ($p = 0,829$).

Na comparação entre ano 2000 e locais, não foi verificada diferença entre ER e BT ($p=0,513$), o mesmo resultado foi verificado para o ano 2003 ($p=0,184$), já para o ano 2006, foi encontrada diferença significativa entre todas as comparações múltiplas.

Na comparação entre diferentes anos e borda da trilha, não foi encontrada diferença ($p<0,05$) entre todos os anos, para diferentes anos e entre o rodado não foi encontrado diferença estatística entre 2000 e 2003 ($p=0,987$), e para roda do maquinário, entre 2003 e 2006 ($p=0,314$) e 2000 e 2003 ($p=0,366$).

Os locais BT e RM diferem significativamente ($p<0,01$) nos intervalo de profundidade, com exceção das profundidades 10-20 e 20-30 cm, ($p>0,05$) tanto para todas as UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006, isoladamente. Resultados diferentes foram encontrados por Ampoorter *et al.* (2007), numa plantação de *Pinus* na Holanda, em solos de textura argilosa, pós-exploração, em que todas as profundidades nesses mesmos locais (BT, ER e RM) diferiram entre si, somente nas profundidades de 30-40 cm.

No mesmo estudo, resultados semelhantes foram encontrados entre o trabalho de Ampoorter *et al.* (2007) e o presente estudo para o arranjo ano x local (BT, ER, RM) x profundidade, sendo altamente significativos ($p<0,001$). Porém, na profundidade o processo de comparação múltipla não foi significativo ($p<0,05$) estatisticamente para a profundidade (20-30 cm).

Entretanto, levando em consideração a profundidade, para a UT explorada em 2000 não houve diferença significativa entre os locais (RM, ER, BT), para a UT explorada em 2003, verificou-se diferença significativa entre RM e ER ($p=0,016$), e RM e ER ($p=0,021$), não sendo significativo para ER e BT ($p=0,997$). Entre o ano de 2006, não foi encontrado diferença significativa entre RM e ER ($p=0,154$). A profundidade mostra-se extremamente importante para verificar os efeitos da exploração florestal no desenvolvimento da floresta, pois a densidade do solo varia com as profundidades.

6.2.1.5 Densidade do solo entre anos, locais do ramal principal (início, meio e fim do ramal) e profundidades.

Considerando as análises entre anos, locais (início, meio e fim) do ramal primário e profundidades, verificou-se que a variação ano, isoladamente, apresentou diferença altamente significativa ($p < 0,001$), em processos múltiplos de comparação, a variação ano foi altamente significativa entre os anos 2000 e 2003, e 2006 e 2003 ($p < 0,001$) e não significativo entre os anos 2000 e 2006 ($p = 0,059$).

A comparação entre os locais (início, meio e fim da trilha) não foi diferente ($p = 0,824$) para nenhuma das comparações. A diferença nos valores da média entre diferentes níveis de profundidade é altamente significativa ($p < 0,001$), e através de comparações múltiplas entre as profundidades, verificou-se que não houve diferença significativa somente para as profundidades de 20-30 cm ($p = 0,596$), como mostrado em outros arranjos.

6.2.3 Porosidade

A porosidade é diretamente proporcional à densidade do solo. Assim, na área de floresta remanescente, tem-se um solo mais poroso, provavelmente por ser um ambiente pouco perturbado e mais protegido das intempéries (sol, chuva, vento), conforme verificado na Figura 14, para UTs exploradas em 2000 e 2003.

Valores médios de porosidade e seu desvio padrão são encontrados na Tabela 1 e Tabela 2. Mello-Ivo e Ross (2006), em profundidades de 0-3 cm, para classes de trilha de trator, centro de clareira, floresta remanescente, encontraram resultados semelhantes aos encontrados na UT explorada em 2006.

Nos resultados da análise de variância em fatorial para ano, tratamento e profundidade ($n = 636$), foram observados valores semelhantes aos encontrados para densidade, uma vez que os valores de porosidade foram calculados, a partir da densidade encontrada. Resultados estatísticos para densidade foram semelhantes à densidade aparente do solo para todos os arranjos realizados.

O pátio de estocagem apresentou menor porosidade, para todos os anos, seguido do ramal principal e secundário, principalmente para a UT explorada em 2003 e 2006 (Tabela 1). Esses resultados são importantes para o entendimento da distribuição da água dentro dos poros, revelando assim uma redução na disponibilidade de água. Mello-Ivo e Ross (2006) encontraram valores semelhantes de porosidade total, aos encontrados na Tabela 8, nos tratamentos: trilhas do trator, centro de clareira e floresta remanescente. Os mesmos autores encontraram também, nas trilhas de arraste, menor porcentagem de poros, uma vez que não trabalharam com pátio. Segundo Chauvel *et al.* (1990), essa redução em % dos poros provoca a redução de água disponível para as plantas.

Na Figura 14 e na Tabela 2, pode-se observar o efeito da porosidade em função do tratamento e profundidade nas três UTs. A comparação entre os anos e tratamentos, para a classe clareira, não foi encontrada diferença significativa entre 2000 e 2003 ($p=1,000$), o que significa que houve uma melhora da porosidade do solo entre os tratamentos, uma vez que para a UT explorada em 2006, houve diferença significativa entre os tratamentos ($p>0,001$).

Na Floresta remanescente, não foi encontrada diferença para todas as comparações; no pátio não foi encontrada diferença estatística entre os anos 2000 e 2006 ($p=0,991$), o mesmo foi encontrado para o ramal principal ($p=0,907$), ou seja, as médias são parecidas. O ramal secundário da UT explorada em 2003 é semelhante a ao ramal da UT explorada em 2006 ($p=0,235$), quanto porosidade do solo.

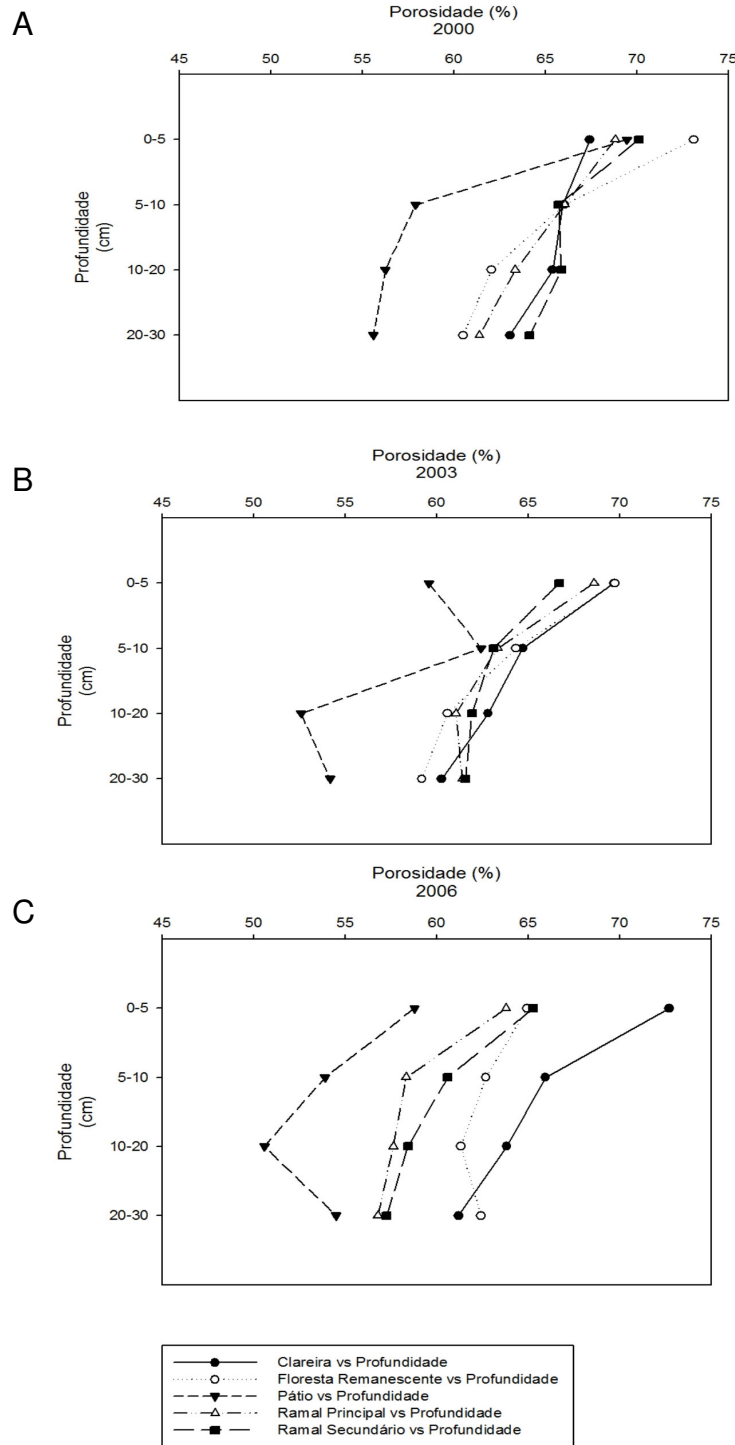


Figura 14 - Porosidade nos tratamentos (Clareira, Floresta Remanescente, Pátio, Ramal Principal, Ramal Secundário) em função das profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm. (A) UT explorada em 2000, (B) UT explorada em 2003, (C) UT explorada em 2006.

6.2.4 Resistência do solo à penetração

A resistência do solo à penetração depende da densidade do solo e do teor de umidade deste, aumentado com a diminuição da umidade e com o aumento da densidade. Ela integra os efeitos da densidade e da umidade nas condições físicas do solo, necessária para o crescimento das raízes (TORMENA *et al.*, 2002).

Ela é um fator limitante no desenvolvimento de culturas, pois expressa o grau de compactação do solo, variando com o tipo de solo, espécie cultivada, sendo suas causas atribuídas ao tráfego de máquinas. Ela causa efeitos no sistema radicular, como aumento do diâmetro das raízes na camada compactada e diminuição do diâmetro das raízes ao penetrar em pequenos poros, podendo provocar modificações morfológicas e fisiológicas específicas em cada espécie ou cultivar (RICHARDT *et al.*, 2005), reduzindo a produtividade (HENDRISON, 1990).

A resistência do solo variou de 2,27 a 6,19 kgf.cm⁻²; os maiores valores estão concentrados nos tratamentos pátio, ramal principal e ramal secundário (Figura 15, Tabela 2, Tabela 3).

Greacen e Sands (1980) propõem níveis críticos de resistência, tabulando valores entre 0,8 e 5,0 Kgf.cm⁻², dependendo da espécie, tipo de solo e características do penetrômetro. A relação entre crescimento da raiz e a resistência do solo é desconhecida para diversas espécies florestais nas regiões tropicais (GREACEN; SANDS, 1980).

6.2.4.1 Resistência do solo entre anos, tratamentos e profundidades

Levando-se em consideração a análise dos anos, tratamentos e profundidades (n=636), foi observado que a variância para as três fontes de variação, individualmente, foi altamente significativa (p<0,001). O efeito ano x tratamento e ano x profundidade foi altamente significativo (p<0,001), porém não houve diferença significativa entre tratamento e profundidade (p=0,794). A interação entre ano, tratamento e profundidade foi significativa (p=0,003).

A comparação múltipla entre todos os anos foi altamente significativa (p<0,001), justificando a variação ano, resultado semelhante ao encontrado para densidade; entre os tratamentos, todas as variáveis foram estatisticamente significativas, com exceção

do ramal primário e ramal secundário ($p=0,052$). Para a interação entre profundidades, os valores também foram semelhantes.

6.2.4.2 Resistência do solo entre anos, classes de clareiras e profundidades

Utilizando a análise de variância em análise fatorial para os anos, profundidades e classes de clareiras estudadas, foi observado que só existe diferença estatisticamente significativa entre o nível de profundidade ($p<0,001$), isoladamente, resultado semelhante foi encontrado para densidade.

Para comparação entre anos, através do Teste Tukey, observou-se que existe diferença significativa para as áreas exploradas em 2000 e 2003 ($p=0,031$). Não houve diferença significativa entre as classes de clareira ($p=0,922$), assim como na densidade aparente, porém entre as profundidades 5-10, 10-20, e 20-30cm houve diferença significativa, resultados semelhantes foram encontrados para densidade.

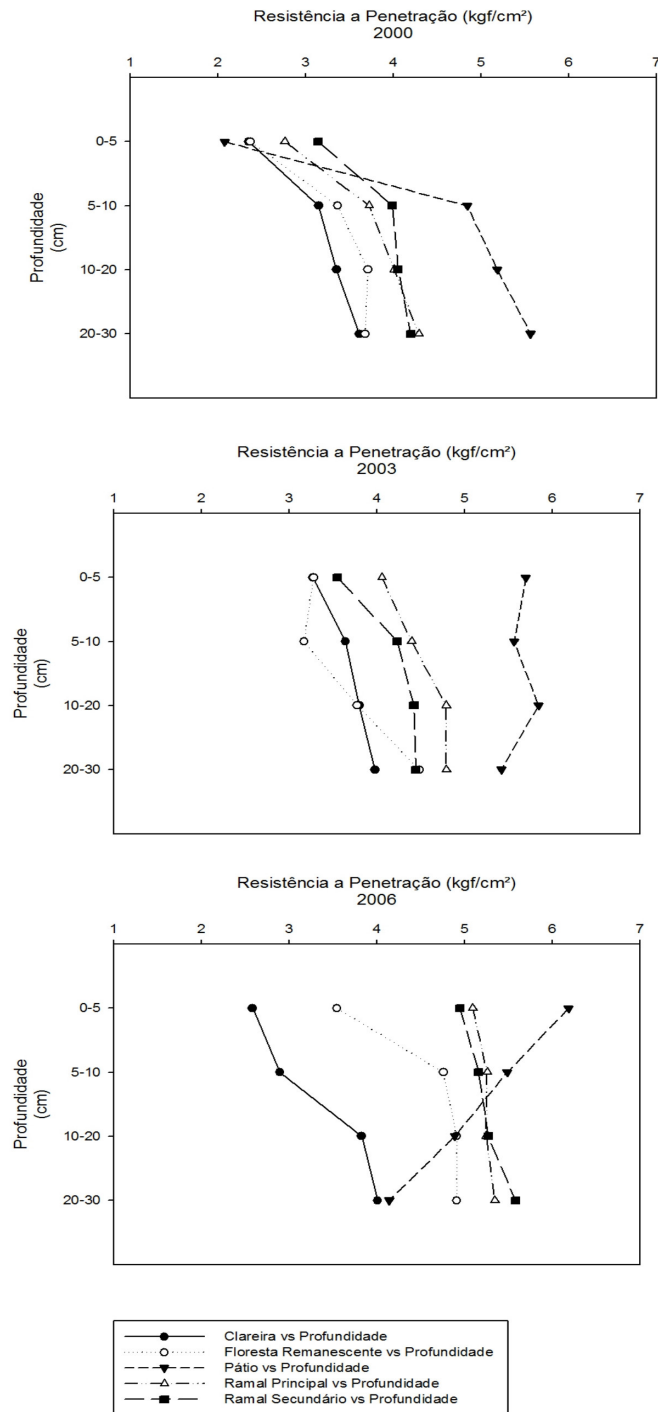


Figura 15 - Resistência do solo (Kgf.cm^{-2}) nos tratamentos (Clareira, Floresta Remanescente, Pátio, Ramal Principal, Ramal Secundário) em função das profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm. (A) UT explorada em 2000, (B) UT explorada em 2003, (C) UT explorada em 2006.

6.2.4.3 Resistência do solo entre anos, locais (ramal primário e secundário) e profundidades

O resultado da análise de variância em arranjo fatorial para anos, locais (ramal primário e secundário) e profundidades, foi semelhante ao encontrado para densidade aparente do solo, estatisticamente a variável ano e profundidade, isoladamente, são altamente significativos ($p < 0,001$); a comparação entre os fatores anos através do Teste Tukey foi altamente significativa para todas as comparações múltiplas ($p < 0,001$); a comparação entre os locais ramais principal e secundário, não foi significativa ($p = 0,483$), e entre as profundidades não foi encontrada diferença significativa entre as profundidades 10-20cm ($p = 0,373$) e 20-30cm ($p = 0,801$).

6.2.4.4 Resistência do solo entre anos, tratamentos, locais (borda da trilha (BT), entre o rodado (ER), roda do maquinário (RM)) e profundidades.

Para esse arranjo houve diferença altamente significativa para a variável ano e tratamento (ramal principal e secundário) ($p < 0,001$). Através da comparação múltipla, por meio do Teste Tukey, observou-se que existe diferença altamente significativa entre os anos, e entre os locais ($p < 0,001$), com exceção do local Borda da Trilha (BT) e Entre o Rodado (ER) ($p = 0,480$), semelhante ao encontrado para densidade.

Para o arranjo anos x locais x profundidades, as variáveis isoladas foram altamente significativas ($p < 0,001$), semelhantes aos encontrados para densidade do solo. O efeito de diferentes anos depende do nível de profundidade presente, sendo estatisticamente significativa a interação entre eles ($p < 0,001$). Comparações múltiplas entre os locais, apontaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre todos os arranjos possíveis.

Para as comparações entre local e ano (Teste de Tukey), verificou-se que não existe diferença estatística na comparação entre todos os locais do ano de 2000, ou seja, houve melhora na qualidade física do solo; para o ano de 2003 não foi encontrada diferença estatística no ER e BT ($p = 0,472$), pois houve uma recuperação das características no ER em relação a BT, a própria matéria orgânica contida no solo contribuiu para a redução do impacto no momento da exploração, e também pelo fato

do peso da tora no momento do arraste, ser dividido com o *skidder*, diminuindo a pressão real da tora no solo; e para o ano de 2006, houve diferença significativa entre todas as comparações ($p < 0,001$), ou seja, o *skidder* fez sempre a mesma rota, o mesmo foi encontrado para densidade do solo.

Ampoorter *at al.* (2006) também encontraram diferença entre a roda do maquinário e borda da trilha para área de floresta plantada, pós-exploração ($p < 0,001$).

6.2.4.5 Resistência do solo entre anos, locais do ramal principal (início, meio e fim do ramal) e profundidades

Considerando o arranjo anos, locais (início, meio e fim) do ramal principal e profundidades, observou-se que para a variação ano, assim como para profundidade, diferença significativa ($p < 0,001$), semelhante à densidade.

Isoladamente, a variação ano, em processos múltiplos de comparação foi altamente significativa entre todos os anos ($p < 0,001$), enquanto que para densidade não houve diferença entre 2000 e 2003 ($p = 0,059$).

A comparação entre locais (início, meio e fim da trilha) não foi significativa ($p = 0,0907$) para nenhuma das interações. A diferença nos valores da média entre diferentes níveis de profundidade é altamente significativa ($p < 0,001$), e através de comparações múltiplas entre profundidades, verificou-se que não houve diferença significativa para as profundidades de 20-30 cm ($p = 0,801$), semelhante à densidade.

Foi encontrada diferença significativa para arranjos entre todos os anos com locais (Início, meio e fim) separados ($p < 0,001$) para todos os arranjos, resultado semelhante foi encontrado para densidade, com exceção para os anos 2000 e 2003, com início ($p = 0,584$) para os anos 2000 e 2003, meio ($p = 0,215$) e fim ($p = 0,409$), ambos sem diferença significativa estatisticamente.

O efeito da compactação do solo ao longo do tempo, em três áreas diferentes, porém com mesmo tipo de solo, mostrou melhora das propriedades física, principalmente nas primeiras camadas, principalmente pela grande concentração de serapilheira no solo, favorecendo o processo de recuperação do solo. Estudo em floresta temperada, por Hatchell e Rallston (1971) citado Hendrison (1990), indica que a

compactação e distúrbios em solos florestais necessitam de período de 20 anos ou mais para o restabelecimento da estrutura do solo.

De modo geral, a densidade do solo e resistência à penetração, mostraram-se semelhantes em vários aspectos, já que as duas são diretamente proporcionais. Essa semelhança é consequência da pressão exercida no solo pelo maquinário e as intempéries que o solo foi exposto, pela abertura de clareiras, ramais e pátios.

6.2.5 Umidade volumétrica

De forma geral, o aumento da compactação do solo resultou em diminuição da quantidade de água disponível no solo (Tabela 2, Tabela 3).

6.2.5.1 Umidade volumétrica entre anos, tratamentos e profundidades

Para a análise entre anos, tratamentos e profundidades, verificou-se diferença significativa entre ano, tratamento e profundidade, isoladamente ($p < 0,001$), e para o arranjo entre ano e tratamento ($p < 0,001$). O mesmo resultado foi encontrado para densidade, porosidade e resistência do solo.

6.2.5.2 Umidade volumétrica entre anos, classes de clareiras e profundidades

Utilizando a análise de variância em arranjo fatorial para ano, profundidade e classe de clareira estudada, observou-se que a variação ano das UTs exploradas com profundidades é altamente significativo ($p < 0,001$). Na comparação entre os anos, através do Teste Tukey, observou-se que existe diferença significativa ($p = 0,038$) entre os anos de 2000 e 2006, para umidade, uma vez que a presença das copas das árvores, que promovem o acúmulo de resíduos orgânicos (folhas e galhos), diminuem a incidência de radiação solar direta no solo encontrado nos tratamentos para a UT explorada no ano de 2000, influenciando no alto valor de umidade encontrado.

A comparação entre as classes de clareiras ($C1 > 600\text{m}^2$ e $C2 < 600\text{m}^2$) não foi significativa ($p=0,075$), assim como entre as profundidades. A diferença significativa foi entre as classes de clareira para a UT explorada em 2000 ($p=0,008$).

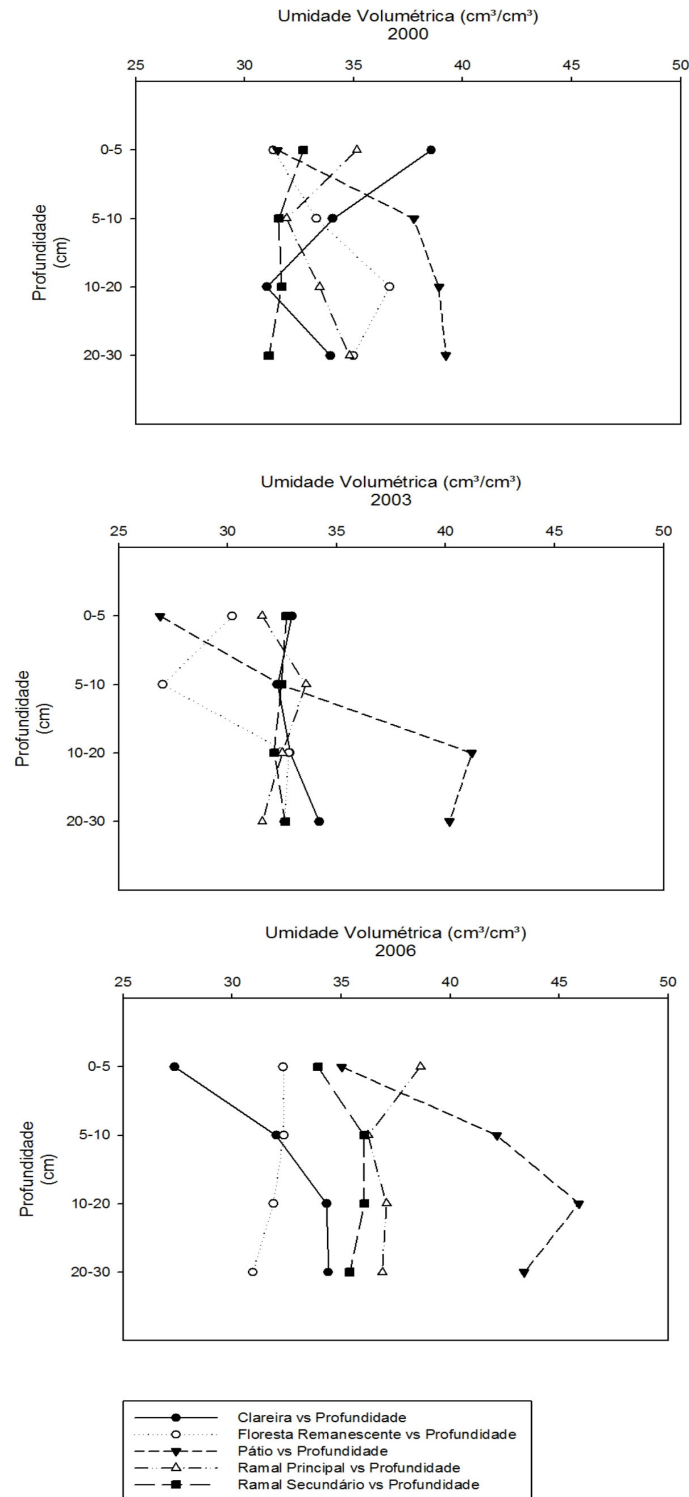


Figura 16 - Umidade volumétrica do solo nos tratamentos (Clareira, Floresta Remanescente, Pátio, Ramal Principal, Ramal Secundário) em função das profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm. (A) UT explorada em 2000, (B) UT explorada em 2003, (C) UT explorada em 2006.

6.2.5.3 Umidade entre anos, locais (ramal primário e secundário) e profundidades

A umidade volumétrica nesse arranjo tem grande diferença entre os anos ($p < 0,001$) e locais ($p = 0,029$), semelhante para densidade, porosidade e resistência do solo a penetração, que diferenciaram somente entre os anos e profundidades ($p < 0,001$).

Entre os anos não foi encontrado diferença estatística entre as UTs exploradas em 2000 e 2003 ($p = 0,838$), pois a presença da regeneração e serapilheira influenciaram no aumento da umidade. Na comparação entre tratamentos para a UT explorada em 2000, não foi encontrada diferença significativa entre ramal principal e secundário ($p = 0,174$), porém para a UT explorada em 2003 e 2006, foi verificada diferença significativa entre as comparações de ramal principal ($p < 0,001$) e secundário. A presença da regeneração natural estabelecida e de grande quantidade de serapilheira (item 5.3.2) em todos os tratamentos nas UTs exploradas em 2000 e 2003, pode ter influenciado na não significância da umidade entre os anos.

6.2.5.4 Umidade entre anos, locais (borda da trilha (BT), entre o rodado (ER), roda do maquinário (RM)) e profundidades.

A umidade volumétrica nesse arranjo tem grande diferença entre os anos ($p < 0,001$) e locais ($p < 0,001$), semelhante para densidade, porosidade e resistência do solo à penetração, que diferenciaram somente entre os anos e profundidades, todos com ($p < 0,001$). Entre os anos não foi encontrada diferença estatística, assim como entre as UTs exploradas em 2000 e 2003 ($p = 0,248$), o mesmo foi encontrado entre os anos, locais (ramal primário e secundário).

Entre os locais ER e BT não foi encontrado diferença significativa ($p = 0,472$), assim como para densidade e porosidade. Levando em comparação, local e os anos 2000 e 2003, isoladamente, não foi encontrada diferença estatística para nenhuma das interações. Porém entre o local e o ano 2006, foi encontrada diferença significativa, entre RM e BT ($p < 0,001$) e entre RM e BT ($p = 0,036$), o mesmo foi encontrado para densidade, porosidade e resistência do solo.

Para o arranjo anos, locais e profundidades, o resultado foi semelhante para ano e local, isoladamente, não existindo diferença no arranjo 2000 x 2003 ($p=0,248$).

6.2.5.5 Umidade entre anos, locais do ramal principal (início, meio e fim do ramal) e profundidades

A umidade volumétrica nesse arranjo tem grande diferença entre os anos ($p<0,001$) e não apresentou diferença entre locais ($p=0,538$), semelhante aos encontrados nos demais arranjos para a umidade. Entre os anos não foi encontrado diferença, entre as UTs exploradas em 2000 e 2003 ($p=0,248$), o mesmo foi encontrado para demais arranjos para profundidade.

6.3 AVALIAÇÃO DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL DE IMPACTO REDUZIDO NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO

6.3.1 Variação do pH nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006

Os valores médios de pH variaram entre 4,99 a 5,92 no período chuvoso, e 4,72 a 5,37, no período seco (Tabela 4). Valores entre 3,9 a 4,5 foram encontrados em Manaus (BIOT *et al.*, 1997) em parcelas exploradas seletivamente em 1987 e medidas em 1995 (intervalo de 8 anos). Ainda em Manaus, Neu (2005) encontrou valores entre 4,29 e 4,94, em floresta primária. Silva *et al.* (2006) encontraram para profundidades de 0-20 cm, em Marituba, Pará, pH 5,0 para floresta secundária (abandonada a mais de 40 anos), pH 5,7 para derruba e queima (3 meses antes da coleta de solo) e pH 4,4 para pastagem (abandonada há 4 anos). Figueira (2006) em São Francisco do Pará, solo Argissolo amarelo Distrófico, textura arenosa, encontrou pH 3,5, valor menor ao encontrado para todos os tratamentos e UTs de exploração.

Gama (2004) afirma que um solo no intervalo de pH 4,4 e pH 6,5 é considerado moderadamente ácido. Esta classificação pode ser aplicada ao presente estudo, pois foram encontrados resultados semelhantes ao intervalo proposto por Gama (2004). De acordo com Silva (2003), é freqüente encontrar esse intervalo na Amazônia, onde o desenvolvimento de diversas culturas cultivadas na Amazônia é realizado nesta faixa

de pH, promovendo a disponibilidade de macronutrientes (que é diretamente proporcional ao acréscimo do pH), e de micronutrientes, como ferro, cobre, manganês e zinco, que são menos exigidos pelos vegetais e estão presentes neste valor de pH da faixa sugerida. Assim, embora não se atinja o máximo de nutrientes de acordo com a disponibilidade em seu valor específico de pH, obtém-se a disponibilidade de grande variedade de elementos essenciais ao desenvolvimento do vegetal (SILVA, 2003).

No arranjo fatorial para anos x estação (período chuvoso e seco) x tratamentos (clareira, floresta remanescente, pátio de estocagem, ramal principal e secundário) não foram considerados as profundidades, pois as coletas foram realizadas somente nas profundidades de 0-10 cm ($n=87$, para cada estação).

O efeito entre diferentes anos (UTs exploradas em 2000, 2003, 2006), isoladamente, não foi significativo ($p=0,28$), porém para a estação foi significativo ($p<0,001$), ou seja, o pH é diferente nas estações seca e chuvosa, pois a chuva é um dos fatores que afetam o pH, uma vez que a água lixivia os nutrientes básicos na água de drenagem (GAMA, 2004); a comparação entre os tratamentos foi altamente significativa ($p<0,001$).

A relação ano x tratamento é estatisticamente significante ($p=0,012$). Através do Teste de Tukey, verificou-se que não existe diferença significativa entre todos os tratamentos da UT explorada em 2006, ou seja, não existe efeito do tratamento sobre o pH do solo numa área pós-exploração.

Para a UT explorada em 2003, foi verificada diferença significativa entre pátio e ramal principal ($p=0,002$), pátio e clareira ($p<0,001$), floresta remanescente e ramal principal ($p=0,049$). Com base nos resultados das propriedades físicas, os tratamentos pátio e ramal principal são os tratamentos mais compactados, e conseqüentemente a umidade é menor, nas primeiras camadas, influenciando o pH.

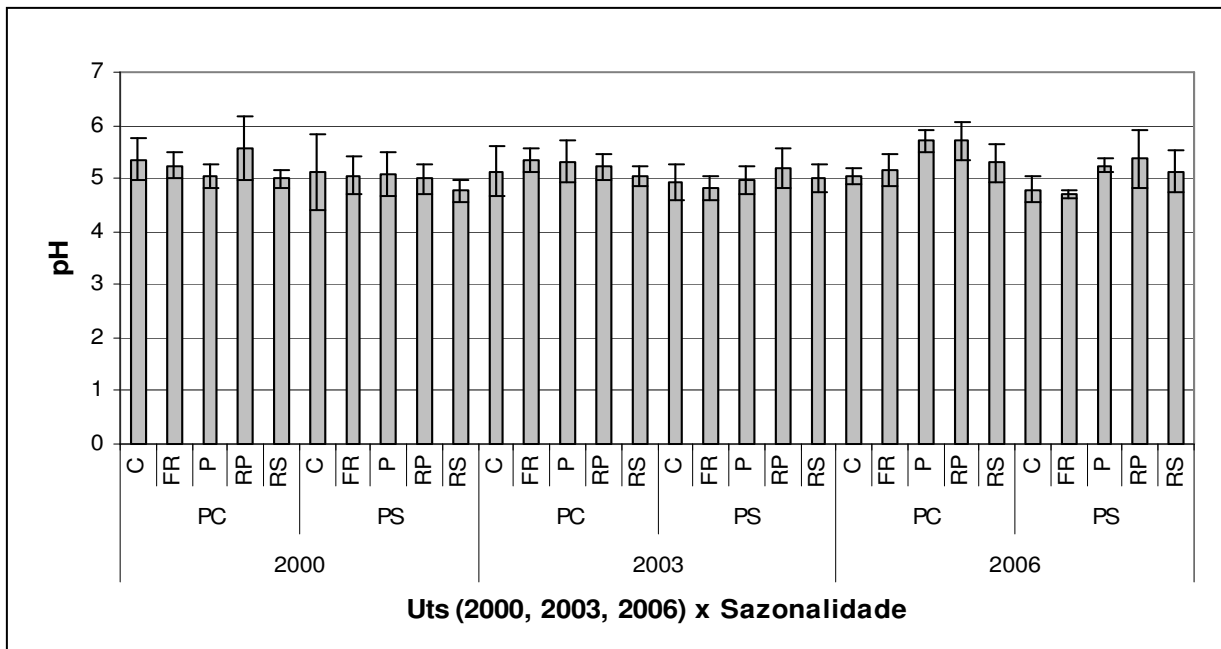


Figura 17 - Valores médios de pH em cada UT (2000, 2003 e 2006), estação do ano (PC- Período Chuvoso, PS- Período Seco) e tratamentos (C-Clareira, FR-Floresta Remanescente, P-Pátio, RP-Ramal Principal, RS-Ramal Secundário).

Tabela 4 - Média dos valores de pH, C(g.kg⁻¹), N(g.kg⁻¹), C/N, Estoque de C (MgC.ha⁻¹), Estoque de N (MgN.ha⁻¹), Estoque de ramos (Ton.ha⁻¹), Estoque de Folhas (Ton.ha⁻¹), Estoque de serapilheira (Ton.ha⁻¹) nas UTs exploradas nos anos de 2000, 2003 e 2006 e tratamento (Clareira, Floresta Remanescente, Pátio, Ramal Primário e Secundário).

CLAREIRA									
	pH	C g.kg ⁻¹	N g.kg ⁻¹	C/N	Estoque C MgC.ha ⁻¹	Estoque N MgN.ha ⁻¹	Estoque de Ramos (Ton.ha ⁻¹)	Estoque de Folhas (Ton.ha ⁻¹)	Estoque serapilheira total (Ton.ha ⁻¹)
2000 (PC)	5,36±0,40	26,94±7,65	2,42±0,63	11,16±0,95	30,75±9,27	2,76±0,77	2,42±1,34	2,54±0,69	4,96±1,64
2000 (PS)	5,10±0,71	34,12±10,76	2,71±0,60	12,39±1,20	39,09±13,70	3,10±0,78			
2003 (PC)	5,13±0,46	38,16±27,63	2,93±0,64	12,14±4,12	45,69±37,81	3,43±1,15	2,97±2,18	2,37±0,66	5,34±2,60
2003 (PS)	4,93±0,35	32,27±5,84	2,59±0,28	12,39±0,97	37,58±9,19	3,01±0,53			
2006 (PC)	4,04±0,16	29,65±2,65	2,63±0,12	11,29±0,76	36,57±3,25	3,25±0,27	4,71±2,91	4,51±1,32	9,50±3,14
2006 (PS)	4,68±0,74	25,93±1,31	2,25±0,09	11,53±0,52	32,08±2,96	2,78±0,24			
FLORESTA REMANESCENTE									
	pH	C g.kg ⁻¹	N g.kg ⁻¹	C/N	Estoque C MgC.ha ⁻¹	Estoque N MgN.ha ⁻¹	Estoque de Ramos (Ton.ha ⁻¹)	Estoque de Folhas (Ton.ha ⁻¹)	Estoque serapilheira total (Ton.ha ⁻¹)
2000 (PC)	5,36±0,40	28,1±2,87	2,47±0,19	11,40±1,02	34,98±4,16	3,08±0,35	2,59±1,09	3,35±0,91	5,94±1,75
2000 (PS)	5,10±0,71	32,65±5,29	2,61±0,33	12,51±1,24	40,64±7,15	3,25±0,54			
2003 (PC)	5,13±0,46	31,00±5,25	2,99±0,44	10,37±0,59	36,31±10,35	3,49±0,89	2,36±1,69	3,22±0,80	5,59±2,07
2003 (PS)	4,93±0,35	27,40±2,30	2,50±0,23	10,95±0,63	31,74±5,10	2,89±0,42			
2006 (PC)	5,04±0,16	32,73±11,22	2,95±0,64	10,87±1,36	34,96±14,20	3,13±0,90	5,12±4,58	3,00±0,25	8,67±4,62
2006 (PS)	4,78±0,24	26,59±5,05	2,28±0,37	11,65±0,93	28,51±8,91	2,43±0,62			

Tabela 4 – Continuação...

PÁTIO									
	pH	C g.kg ⁻¹	N g.kg ⁻¹	C/N	Estoque C MgC.ha ⁻¹	Estoque N MgN.ha ⁻¹	Estoque de Ramos (Ton.ha ⁻¹)	Estoque de Folhas (Ton.ha ⁻¹)	Estoque serapilheira total (Ton.ha ⁻¹)
2000 (PC)	5,03±0,22	29,17±10,92	2,42±0,56	11,79±1,60	31,54±15,86	2,59±0,93	2,92±2,60	3,86±1,05	6,79± 3,43
2000 (PS)	5,08±0,40	34,20±7,28	2,54±0,41	13,38±0,92	35,80±8,10	2,67±0,58			
2003 (PC)	5,32±0,39	31,90±9,40	2,57±0,46	12,26±1,38	30,97±4,88	2,53±0,40	10,74±1,43	2,60±1,35	13,34±2,13
2003 (PS)	4,98±0,26	32,15±5,74	2,26±0,36	14,22±0,36	32,48±9,98	2,27±0,75			
2006 (PC)	5,71±0,21	38,45±20,93	2,40±0,96	15,42±2,30	33,11±17,38	2,07±0,69	15,73±7,30	0,73±0,15	15,16±9,02
2006 (PS)	5,25±0,14	31,93±3,40	2,23±0,07	14,31±1,07	27,56±2,03	1,93±0,00			
RAMAL PRIMÁRIO									
	pH	C g.kg ⁻¹	N g.kg ⁻¹	C/N	Estoque C MgC.ha ⁻¹	Estoque N MgN.ha ⁻¹	Estoque de Ramos (Ton.ha ⁻¹)	Estoque de Folhas (Ton.ha ⁻¹)	Estoque serapilheira total (Ton.ha ⁻¹)
2000 (PC)	5,58±0,60	35,03±6,81	2,99±0,43	11,67±1,00	41,31±11,80	3,51±0,75	2,65±1,41	3,72±1,83	6,37±2,79
2000 (PS)	4,99±0,28	34,71±7,25	2,82±0,36	12,22±1,06	41,06±12,95	3,32±0,51			
2003 (PC)	5,22±0,24	32,94±5,61	2,93±0,40	11,24±0,92	36,91±7,78	3,27±0,56	3,28±2,32	3,30±1,41	6,58±3,24
2003 (PS)	4,19±0,38	31,71±3,72	2,63±0,24	12,07±0,90	35,45±5,65	2,93±0,36			
2006 (PC)	5,72±0,36	42,58±10,16	3,35±0,52	12,58±1,58	41,52±10,76	3,26±0,61	6,62±3,65	3,21±1,40	9,68±3,47
2006 (PS)	5,37±0,25	34,07±8,92	2,61±0,46	12,90±1,40	33,35±9,90	2,55±0,55			
RAMAL SECUNDÁRIO									
	pH	C g.kg ⁻¹	N g.kg ⁻¹	C/N	Estoque C MgC.ha ⁻¹	Estoque N MgN.ha ⁻¹	Estoque de Ramos (Ton.ha ⁻¹)	Estoque de Folhas (Ton.ha ⁻¹)	Estoque serapilheira total (Ton.ha ⁻¹)
2000 (PC)	4,99±0,16	31,32±1,61	2,72±0,22	11,53±0,71	36,87±1,75	3,20±0,10	2,27±1,44	3,74±1,69	6,01±1,90
2000 (PS)	4,77±0,22	30,30±3,74	2,50±0,15	12,08±0,73	35,85±6,35	2,95±0,34			
2003 (PC)	5,06±0,19	31,68±3,22	2,80±0,32	11,35±0,92	34,12±3,99	3,02±0,39	2,32±1,12	2,96±0,48	5,28±1,44
2003 (PS)	5,01±0,26	30,73±3,19	2,48±0,17	12,36±0,55	33,03±2,92	2,67±0,16			
2006 (PC)	5,30±0,25	35,45±1,11	3,11±0,19	11,43±0,53	36,22±2,99	3,18±0,37	7,44±2,76	4,06±0,54	11,50±3,20
2006 (PS)	5,13±0,40	32,57±7,15	2,65±0,38	12,22±0,93	33,04±5,78	2,69±0,31			

6.3.2 Serapilheira (ton.ha⁻¹) nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006

O valor médio de serapilheira, incluindo galhos e folhas, para 87 pontos de coleta, na UT explorada em 2000 foi de 6,01 ton.ha⁻¹, em 2003 foi de 7,23 ton.ha⁻¹ e em 2006 igual a 10,90 ton.ha⁻¹. Para todos os tratamentos (Tabela 4), o resultado mostra uma redução com decorrer dos anos pós-exploração, devido a decomposição de resíduos originários da exploração. Existe diferença significativa entre 2000-2006 ($p<0,001$) e 2003-2006 ($p<0,001$), porém entre 2000-2003 ($p=0,381$) não houve diferença significativa.

Nos tratamentos da UT explorada em 2000 não foi observada diferença significativa para todas as comparações, porém para as UTs exploradas em 2003 e 2006, somente as comparações múltiplas entre pátio e demais tratamentos foram significativas ($p<0,001$), como visualizado na Figura 18.

A quantidade de serapilheira nas áreas exploradas (clareira e ramal principal) foi maior do que a encontrada na floresta remanescente (parcela controle), para todos os anos, o mesmo foi encontrado por Biot *et al.* (1997), com exceção do pátio e ramal secundário, pois não foi considerado como tratamento. Barbosa *et al.* (2005), em Itacoatiara, Manaus, numa área submetida à exploração seletiva, encontraram maior quantidade de serapilheira nas trilhas de arraste, do que floresta remanescente.

Ocorreu uma redução da quantidade de serapilheira total no decorrer dos anos pós-exploração (Figura 18). Segundo Luizão (2007), a serapilheira grossa, com diâmetro entre 2 e 10 cm é decomposta em menos de 5 anos, serapilheira essa encontrada em grande quantidade no pátio de estocagem.

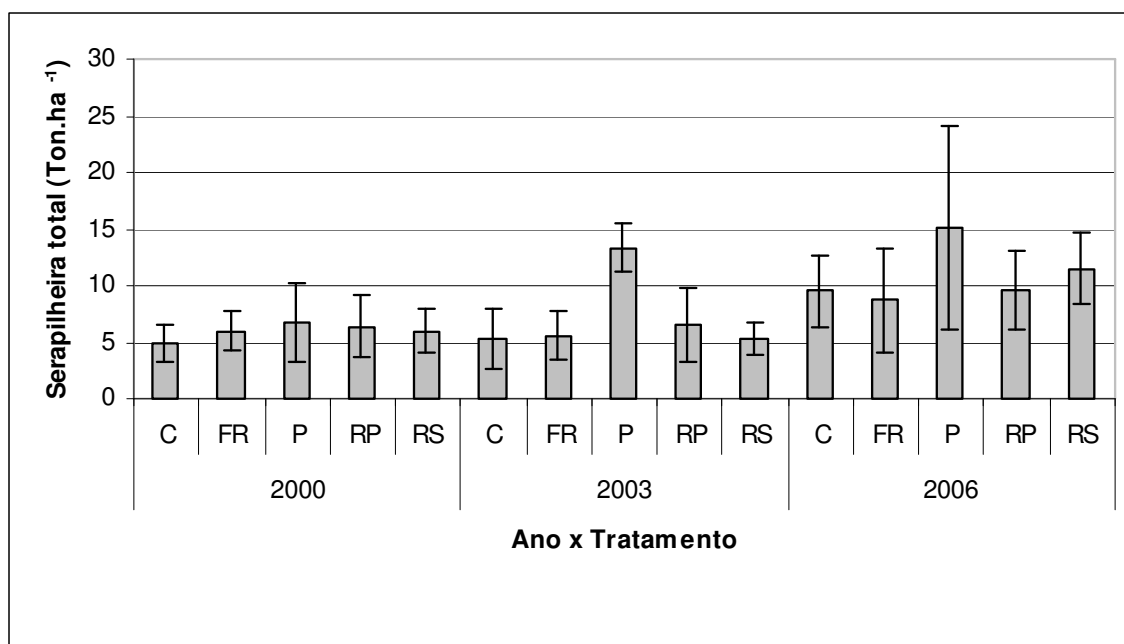


Figura 18 - Média de serapilheira total nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006, e tratamentos (C-Clareira, FR-Floresta Remanescente, P-Pátio, RP-Ramal Principal e RS-Ramal Secundário).

O resultado da extração seletiva de madeira na serapilheira é, portanto, uma alta redistribuição do carbono e adição de material orgânico novos. A serapilheira incluindo folhas e galhos podem afetar o estabelecimento de plantas da regeneração natural, favorecendo, em épocas distintas de corte, as espécies pioneiras.

De acordo com Martins e Rodrigues (1999), fatores como temperatura, umidade do solo e disponibilidade de nutrientes estão sujeitos a alterações em decorrência da quantidade de serapilheira depositada, afetando conseqüentemente, a germinação e o estabelecimento de plântulas. A presença de serapilheira nos tratamentos submetidos à exploração melhora as condições para germinação de sementes e sobrevivência de plântulas, primeiro estágio da regeneração natural, ao proteger o solo da insolação direta.

O estoque de serapilheira nas UTs e tratamentos é muito importante, pois é a principal forma de adição de matéria orgânica e nutrientes ao solo da floresta.

6.3.3 Avaliação do teor e estoque de carbono e nitrogênio, e relação C/N nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006 em diferentes sazonalidades e tratamentos

O estoque de carbono e nitrogênio está diretamente relacionado com a presença da serapilheira (MOREIRA; COSTA, 2004). Segundo Cerri *et al.* (1996), a principal fonte de carbono do solo é a serapilheira; pH, drenagem e textura são as principais características que determinam a quantidade de carbono.

6.3.3.1 Teor de carbono total (g.kg^{-1})

Os valores médios do teor de C variaram entre 26,94 a 42,59 g.kg^{-1} no período chuvoso, e 25,94 a 34,71 g.kg^{-1} , no período seco (Tabela 4). Segundo Gama (2004), o teor de carbono acima de 15,0 g.kg^{-1} de carbono é considerado como alto, o que procede para as três UTs exploradas.

Freitas *et al.* (2000), em latossolo vermelho de textura argilosa, em Goiânia, na camada de 0-10 cm para diversos tratamentos (vegetação natural do cerrado, pastagem degradada e não degradada, cultura convencional de longa duração, e plantio direto), apresentou teores de carbono que variaram entre 19 e 22,6 g.kg^{-1} , não apresentando diferença significativa entre os tratamentos, resultado semelhante ao do estudo, tanto para o teor quanto para o estoque de carbono.

Demattê e Demattê (1993), comparando floresta amazônica com cerrado, para profundidade de 0-10 cm e teor de argila maior que 60%, encontrou valor de 19 g.kg^{-1} de carbono total, para as duas situações, que são bem inferiores aos valores encontrados no presente estudo (Tabela 4).

O aumento do teor de carbono em solos argilosos se deve às características dos minerais de argila, podendo ser apontado como um importante fator de proteção física do carbono orgânico (TELLES, 2003). Segundo Neu (2005), em Manaus, os solos arenosos que não apresentam essa proteção física, possuem pequena capacidade de adsorção do carbono e as concentrações encontradas tornam-se menores.

Quando analisados em conjunto ano x estação x tratamento, não foi encontrada diferença significativa ($p>0,05$), porém, quando analisados separadamente, somente o tratamento apresentou diferença significativa ($p<0,05$).

As maiores concentrações de carbono para a UT explorada em 2006 estão nas áreas ramais primários, ramais secundários e pátios, tanto no período seco

como no chuvoso, porém foi encontrada diferença significativa somente para ramal principal x floresta remanescente ($p=0,019$). Para as UTs exploradas em 2000 e 2003, verificou-se uma estabilização das concentrações de C, em decorrência dos teores mais elevados logo após a exploração de 2006, porém não houve diferença significativa entre os anos, como discutido anteriormente (Tabela 4, Figura 19), resultado semelhante foi encontrado por FERREIRA *et al.* (1997), em Manaus.

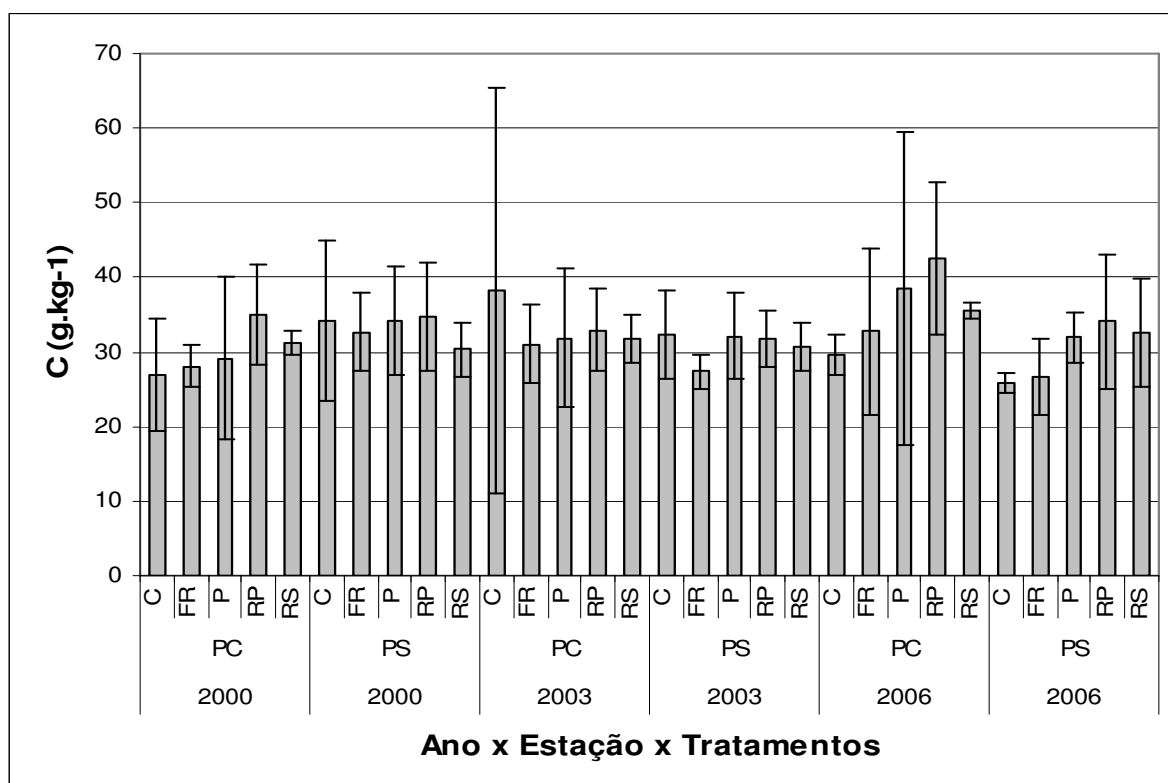


Figura 19 - Concentração de Carbono (g.kg⁻¹) nas UTs (exploradas em 2000, 2003 e 2006), estação (chuvosa, seca), e tratamentos (C-Clareira, FR-Floresta Remanescente, P-Pátio, RP-Ramal Principal, RS-Ramal Secundário).

6.3.3.2 Estoque de carbono (Mg.ha⁻¹)

Foi realizado o arranjo fatorial para ano x estação x tratamento (ramal primário e secundário) e não foi encontrada diferença significativa para nenhuma das interações.

Johnson *et al.* (2001), ao estudar o estoque de carbono de florestas secundárias sem a remoção da camada superficial, observaram que as clareiras com 10 anos de idade apresentaram conteúdo de carbono, na profundidade de 0-10

cm, semelhante ao da floresta primária. Isso é explicado pela grande quantidade de serapilheira, e decomposição lenta da mesma, na superfície do solo.

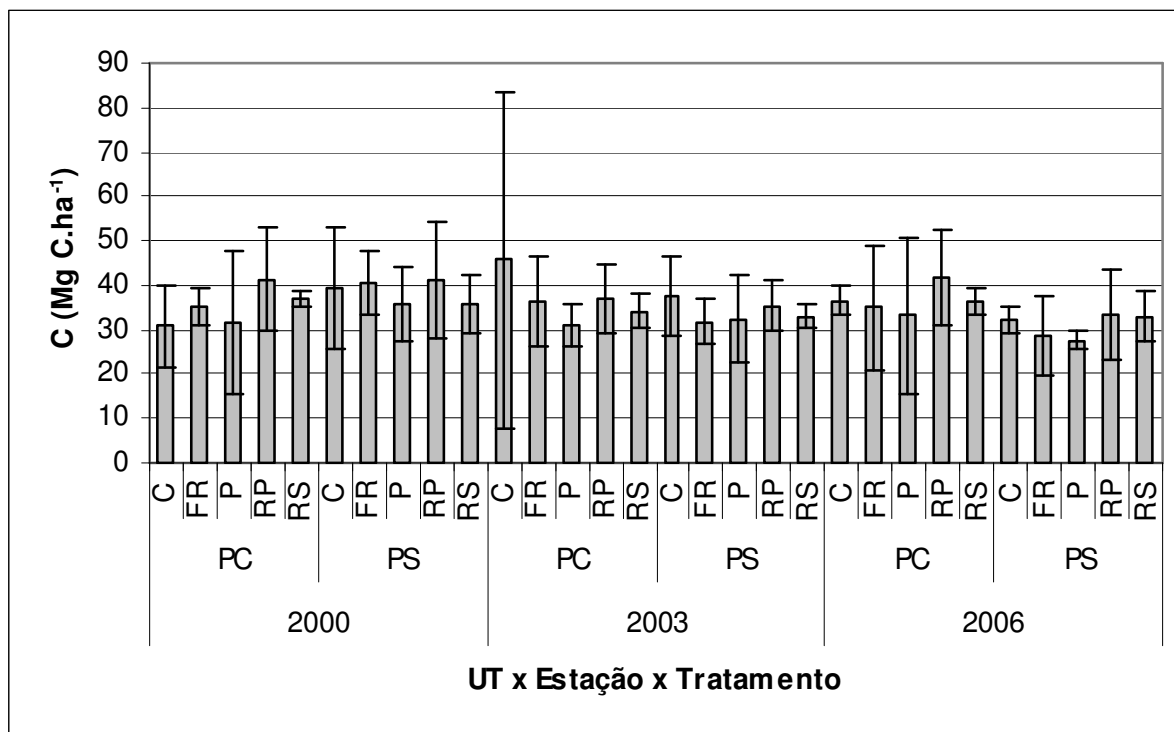


Figura 20 - Estoque de Carbono (Mg.C.ha^{-1}) nas UTs (exploradas em 2000, 2003 e 2006), estação (chuvosa, seca), e tratamentos (C-Clareira, FR-Floresta Remanescente, P-Pátio, RP-Ramal Principal, RS-Ramal Secundário).

No que diz respeito à conservação do carbono no solo, o tipo de solo e principalmente a textura, influenciam muito na retenção do carbono. De maneira que solos com maior teor de argila tendem a fixar mais carbono (FONTANA *et al.*, 2001).

6.3.3.3 Teor de Nitrogênio Total (g.kg^{-1})

Os valores médios do teor de N variaram entre 2,42 a 3,35 g.kg^{-1} no período chuvoso, e 2,23 a 2,82 g.kg^{-1} , no período seco (Tabela 4). Ferreira *et al.* (1997) em uma floresta de terra firme em Manaus, submetida à exploração seletiva, na mesma profundidade do presente estudo, encontrou teores de nitrogênio entre 2,0 g.kg^{-1} e 3,6 g.kg^{-1} , semelhante ao encontrado no presente estudo (Figura 21).

Segundo Gama (2004), o teor de nitrogênio acima de 1,5 g.kg^{-1} de nitrogênio é considerado como de alto teor, o que procede para as três UTs exploradas.

Silva *et al.* (2006) encontraram em Marituba, Pará, na profundidade de 0-20 cm, os seguintes teores de nitrogênio total: 1,2 g.kg^{-1} em floresta secundária

(abandonada a mais de 40 anos), $1,1 \text{ g.kg}^{-1}$ em área de derruba e queima (3 meses antes da coleta de solo), $1,1 \text{ g.kg}^{-1}$ para pastagem abandonada (abandonada há 4 anos), não apresentando diferença significativa em função do manejo, apresentando maiores concentrações de nitrogênio total nas camadas superficiais em relação a outras profundidades estudadas, devido grande quantidade de matéria orgânica.

De acordo com a análise de variância em arranjos fatoriais para anos x estações x tratamentos, foi verificada diferença significativa ($p < 0,001$) entre a estação e tratamentos, isoladamente, ou seja, o teor de nitrogênio variou somente com a sazonalidade e entre os tratamentos.

A concentração de nitrogênio total está correlacionada com o gradiente textural do solo, com valores significativamente maiores nos solos argilosos quando comparados com arenosos, de acordo com Neu (2005) em estudo realizado em Manaus e Presidente Figueiredo.

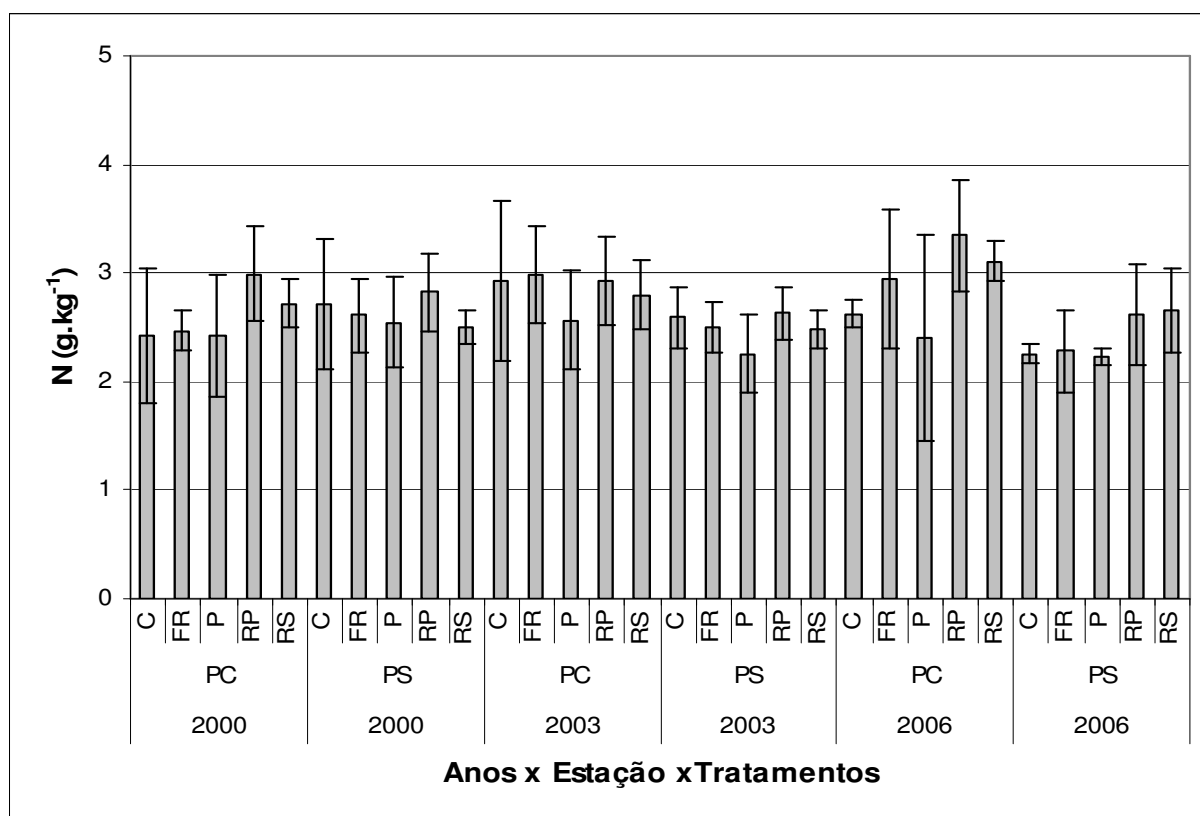


Figura 21 - Concentração de Nitrogênio (g.kg^{-1}) nas UTs (exploradas em 2000, 2003 e 2006), estação (chuvosa, seca), e tratamentos (C-Clareira, FR-Floresta Remanescente, P-Pátio, RP-Ramal Principal, RS-Ramal Secundário).

6.3.3.4 Estoque de Nitrogênio (Mg.ha^{-1})

O estoque de Nitrogênio, no arranjo entre ano x estação (período seco e chuvoso) x tratamento (clareira, floresta remanescente, pátio ramal principal e secundário), mostrou diferença significativa entre diferentes anos (UTs exploradas em 2000, 2003, 2006) ($p=0,049$), diferentes estações ($p=0,008$) e tratamentos ($p<0,001$), isoladamente; não foi encontrada diferença significativa entre os possíveis arranjos dessas três variáveis.

Foi verificada diferença significativa entre a UTs exploradas em 2000 e 2006 ($p=0,042$). Os arranjos entre o fator estação foram significativos ($p=0,007$). Valores de estoque de nitrogênio (Mg.ha^{-1}), podem ser visualizados na Figura 22.

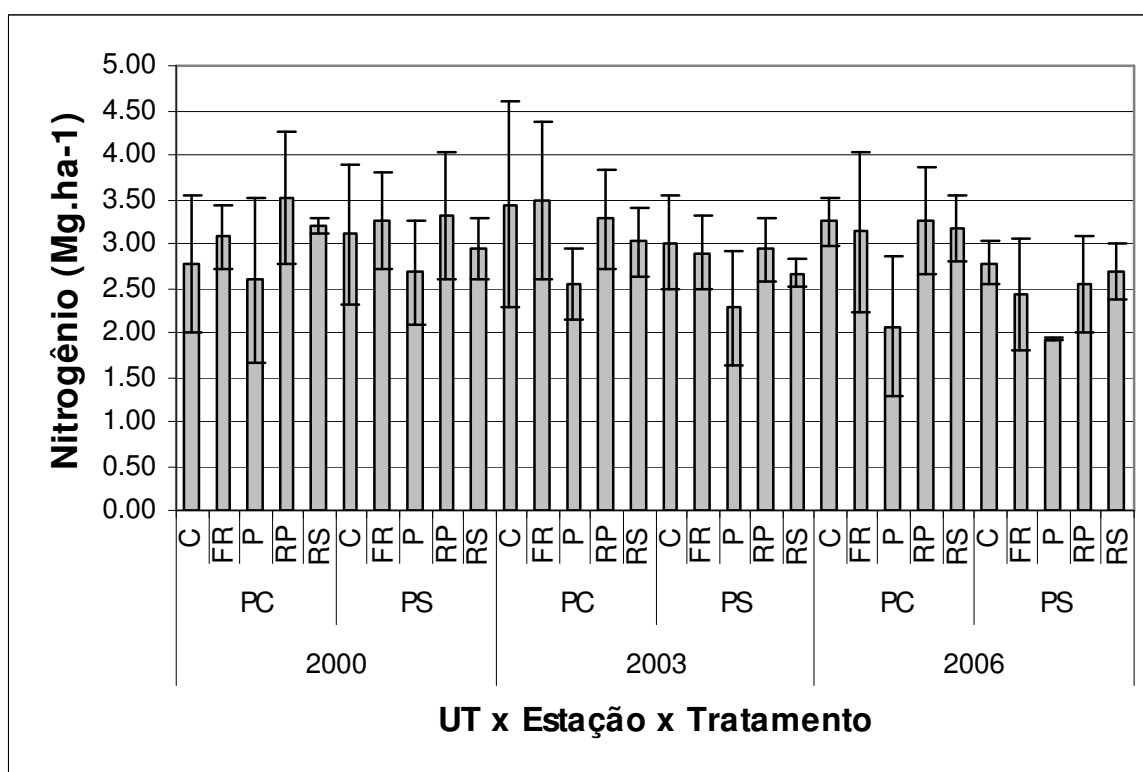


Figura 22 - Estoque de Nitrogênio (Mg.C.ha^{-1}) nas UTs (exploradas em 2000, 2003 e 2006), estação (chuvosa, seca), e tratamentos (C-Clareira, FR-Floresta Remanescente, P-Pátio, RP-Ramal Principal, RS-Ramal Secundário).

A comparação entre tratamentos da UT explorada em 2000, não foi significativa ($p>0,05$) para nenhuma das comparações, o mesmo ocorreu para a UT explorada em 2006. Na UT explorada em 2003, os tratamentos foram significativos entre os seguintes arranjos em 2003: C x FR ($p<0,001$), RS x FR ($p=0,003$), RP x FR ($p=0,025$), P x FR ($p=0,019$).

Quando analisados, ano x tratamento, o estoque de N foi diferente significativamente ($p=0,017$), ou seja, o estoque de N variou entre os anos e entre os tratamentos nos anos.

6.3.3.5 Relação C/N

A relação C/N foi diretamente proporcional ao estoque de carbono no solo, de acordo com Tabela 4. A relação C/N para as UTs exploradas apresentaram valores médios entre 10,37 e 15,42 no período chuvoso, e 10,95 a 14,91 no período seco (Tabela 4).

Esta relação nos permite avaliar a atividade de organismos no solo. De acordo com Gama (2004), valores menores que 17, apresentam mineralização ou liberação do nitrogênio inorgânico do solo. Ou seja, segundo a relação C/N do solo encontrado em todas as UTs e tratamentos, na profundidade de 0-10 cm, verificou-se alta atividade de microrganismos, devido fatores como grande quantidade de matéria orgânica, montante de N presente nos solo, umidade, com maior grau de humificação e estabilidade da matéria orgânica nos mesmos.

Ferreira *et al.* (1998), numa área de exploração seletiva em Manaus, monitorada por períodos de até 360 dias, na camada de 0-10 cm do solo, nas diferentes classes de perturbação, semelhantes às classes do presente estudo, apresentou valores da relação C/N entre 12,3 e 14,7; Telles (2003) e Neu (2005) encontraram valores, em latossolo amarelo, entre 11,7 e 14,6, na superfície do solo, valores semelhantes aos encontrados nos tratamentos e UTs deste estudo (Tabela 4, Figura 23).

Moreira e Costa (2004) em floresta primária em Coari no Amazonas, encontrou valor médio de 10,91, semelhante ao encontrado para o tratamento floresta remanescente (Tabela 4).

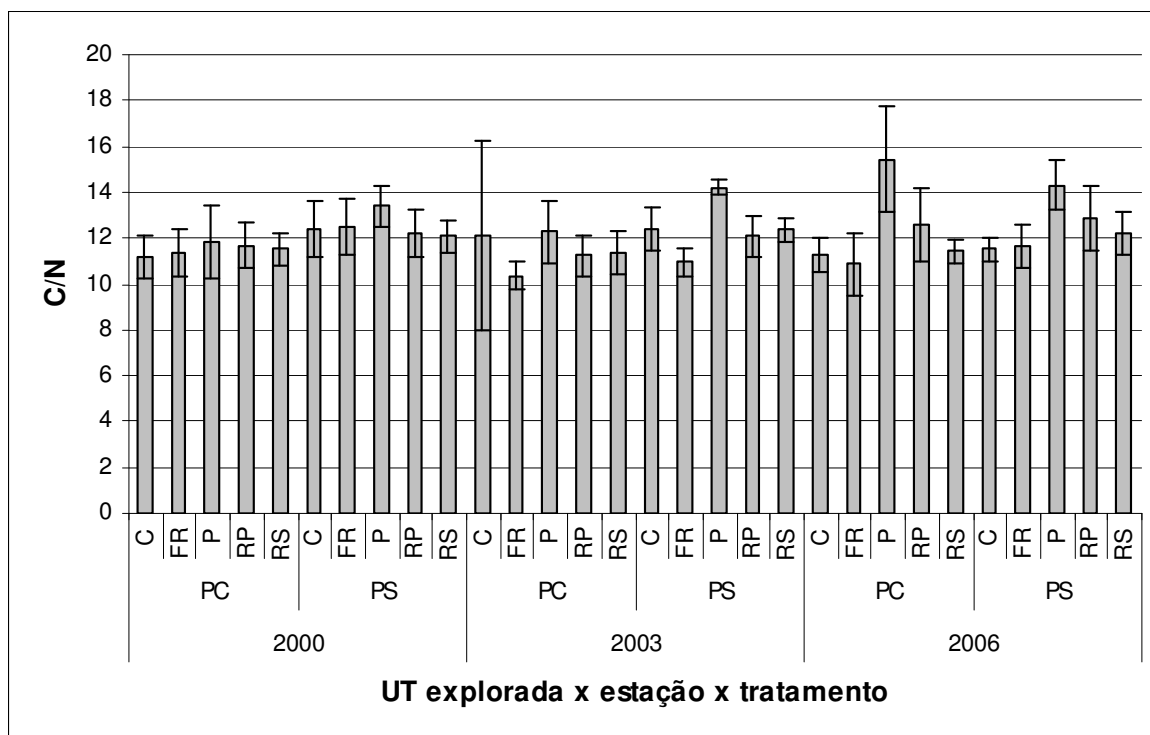


Figura 23 - Valores médios de C/N em cada UT (2000, 2003 e 2006), estação do ano (PC-Período Chuvoso, PS-Período Seco) e tratamentos (C-Clareira, FR-Floresta Remanescente, P-Pátio, RP-Ramal Principal, RS-Ramal Secundário).

No arranjo fatorial entre ano x estação x tratamento, o efeito entre diferentes anos (UTs exploradas em 2000, 2003, 2006), não foi significativo ($p=0,217$), porém, quando analisados separadamente, as estações foram diferentes significativamente ($p=0,004$), assim como os tratamentos ($p<0,001$).

Na comparação entre fatores entre ano x estação, foi verificada diferença significativa entre período seco e chuvoso na UT explorada em 2000 ($p=0,034$), e 2006 ($p=0,012$), porém não foi encontrada diferença significativa na UT explorada em 2003 ($p=0,634$).

Para a comparação entre anos x estações, o período seco, não apresentou nenhuma diferença significativa entre as UTs, porém no período chuvoso, foi encontrada diferença significativa entre as UTs exploradas em 2000-2003 ($p=0,044$), e 2003-2006 ($p=0,044$).

Através da comparação múltipla entre o fator ano x tratamento, verificou-se que não existe diferença significativa entre todos os tratamentos na UT explorada em 2000 e 2006, porém foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos nas UTs exploradas em 2003 para: FR e RP ($p=0,002$), FR e RS ($p<0,001$), FR e C ($p<0,001$), FR e P ($p=0,013$), resultados esses, que influenciaram no resultado do

arranjo ano x estação x tratamento, quanto a significância do efeito das UTs (2000, 2003, 2006) a nível de tratamento ($p=0,017$).

Altos valores da relação C/N indicam uma boa decomposição dos resíduos orgânicos para os tratamentos e UTs exploradas em 2000, 2003, e 2006.

6.4 EFEITO DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL NA REGENERAÇÃO NATURAL

Nos tratamentos das UTs exploradas em 2000, 2003, e 2006 foram registradas, nas classes arvoretas e varas, 102 espécies, distribuídas em 69 gêneros e 40 famílias (Anexo C), sendo 65 espécies encontradas em 2000, 62 espécies em 2003 e 29 espécies em 2006 (Anexo D).

6.4.1 Riqueza e abundância das arvoretas

Na UT explorada em 2000 foram encontradas 192 indivíduos para a classe de arvoretas e nos tratamentos (clareira, floresta remanescente, pátio de estocagem, ramal principal e ramal secundário), distribuídos em 57 espécies. *Palicourea guianensis* (Erva-de-rato) e *Vismia guianensis* (Lacre) foram as espécies mais abundantes na classe das arvoretas, com 25,52% e 11,98% dos indivíduos, respectivamente (Anexo C, Anexo D, Figura 25). *Palicourea guianensis* foi a espécie com maior abundância nos tratamentos clareira (36 indivíduos) e ramal secundário (9 indivíduos). No pátio de estocagem, a espécie com maior abundância foi *Vismia guianensis* (10 indivíduos) (Anexo D; Figura 24).

Na UT explorada em 2003 foram encontradas 108 indivíduos para todos os tratamentos, com exceção do pátio de estocagem, distribuídos em 44 espécies. *Jacaranda copaia* (Para-pará) foi a espécie mais abundante com 11,11% dos indivíduos, seguida de *Poecylanthe effusa* (Gema-de-ovo) com 7,41% dos indivíduos (Anexo C; Anexo D; Figura 25). *Jacaranda copaia* foi a única espécie encontrada nas clareiras para classe de arvoretas. *Rinorea guianensis* (Acariquarana, Canela-de-jacamim) foi a espécie com maior abundância na floresta remanescente (5 indivíduos). Não foi encontrada arvoreta no pátio de estocagem (Anexo D; Figura 24).

Para a UT explorada em 2006 foram encontradas 51 indivíduos, distribuídos em 21 espécies, para todos os tratamentos, com exceção do pátio de estocagem. *Rinorea guianensis* foi a espécie mais abundante com 17,65% dos indivíduos,

seguida de *Sagotia racemosa* (Arataciú) com 13,73% dos indivíduos, ambos encontrados somente nas clareiras e floresta remanescente (Anexo C; Anexo D; Figura 25). Nas clareiras a predominância é de *Lecythis idatimon* com 4 indivíduos, seguindo de *Rinorea racemosa* com 3 indivíduos, o mesmo foi encontrado no tratamento floresta remanescente, com 7 e 6 indivíduos, respectivamente (Anexo D; Figura 24).

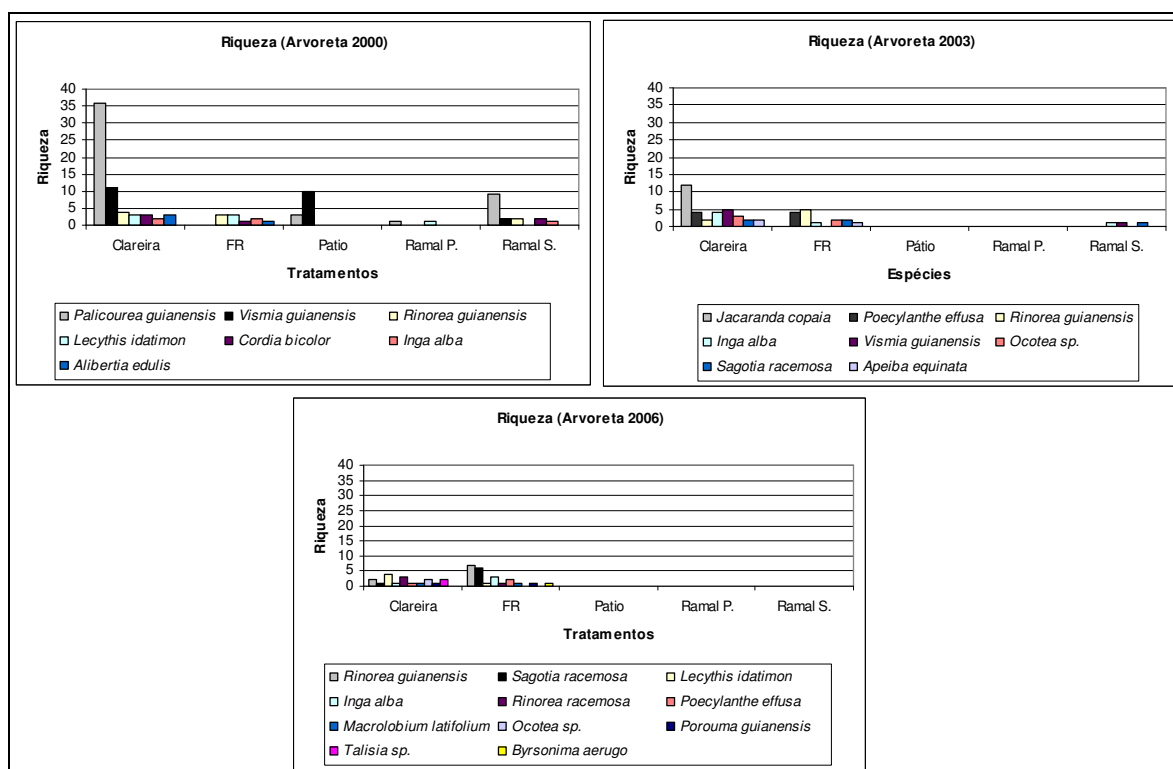


Figura 24 - Riqueza da classe de arvoretas nas UTs exploradas em 2000 (A), 2003 (B) e 2006 (C).

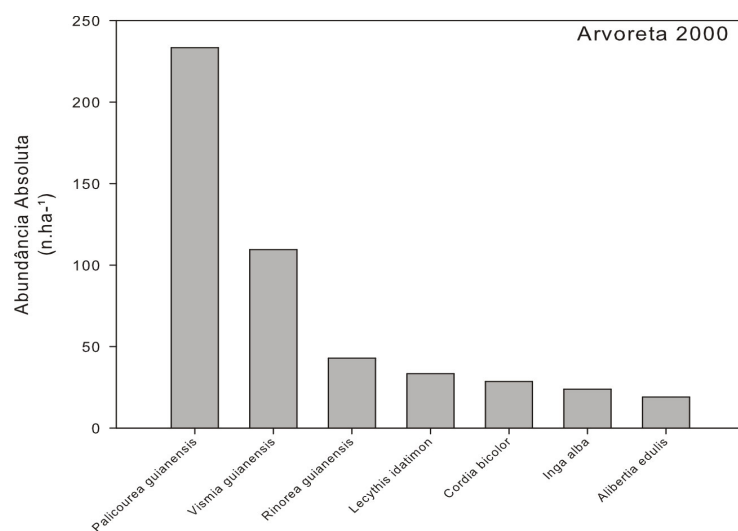
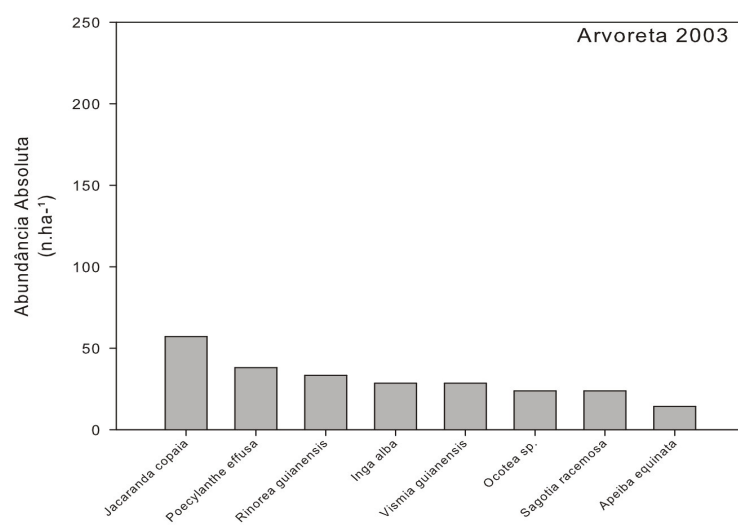
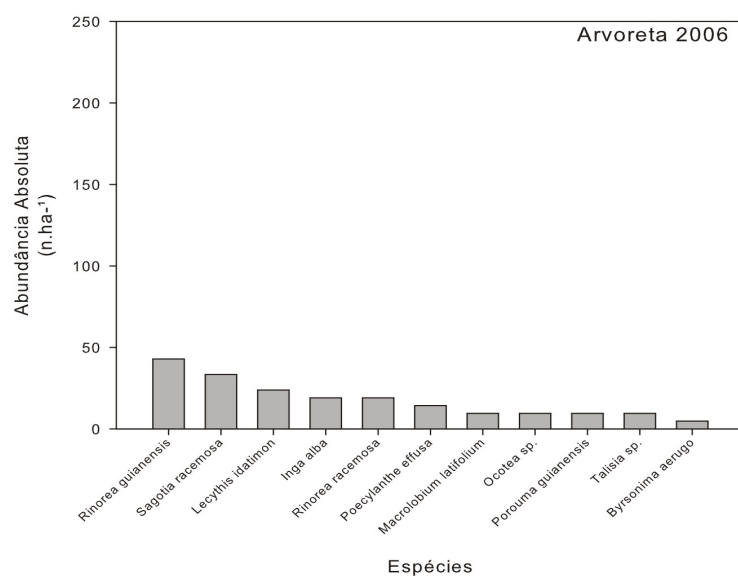
A**B****C**

Figura 25 - Abundância absoluta das principais espécies na classe de arvoretas nas UTs exploradas em 2000 (A), 2003 (B) e 2006 (C).

6.4.2 Riqueza e abundância das varas

Na UT explorada em 2000 foram encontradas total de 83 indivíduos, para a classe de varas, distribuídos em 32 espécies, para a classe de varas nos tratamentos (ramal principal, ramal secundário, clareira, pátio de estocagem e floresta remanescente). *Vismia guianensis* (Lacre) e *Palicourea guianensis* (Erva-de-rato) foram as espécies mais abundantes com 22,89% e 16,87% do total de varas, respectivamente (Anexo C; Anexo D, Figura 27), dados semelhantes foram encontrados para a classe de arvoretas na mesma UT (Anexo D), em ambas as classes, as espécies não foram encontradas no tratamento floresta remanescente. *Palicourea guianensis* foi a espécie com maior abundância no tratamento clareira (12 indivíduos). No pátio de estocagem, a espécie com maior abundância foi *Vismia guianensis* (Lacre) (7 indivíduos), dado semelhante ao encontrado para arvoretas, assim como no Ramal principal (4 indivíduos) (Anexo D, Figura 24; Figura 26). Nas parcelas de Floresta Remanescente, a espécie com maior abundância foi *Duguetia* sp. (Envira).

Na UT explorada em 2003 foram encontradas 97 indivíduos em todos os tratamentos, com exceção do pátio de estocagem, distribuídos em 39 espécies. *Vismia guianensis* (Lacre) foi a espécie mais abundante com 13,40% dos indivíduos, seguida de *Zanthoxylum regnellianum* (Limãozinho) com 7,22% dos indivíduos (Anexo C; Anexo D; Figura 28), ambos encontrados somente nas classes clareira e ramais. *Vismia guianensis* (8 indivíduos) foi a espécie com maior abundância nas clareiras, seguida de *Cecropia* sp. (6 indivíduos) (Anexo D; Figura 26). Não foram encontradas varas e nem arvoretas no tratamento pátio (Figura 24), pois os indivíduos ainda se encontram na fase de mudas.

Na UT explorada em 2006 foram encontrados 24 indivíduos, distribuídos em 17 espécies, nos tratamentos clareira e floresta remanescente. *Poeppigia procera* (Pau-branco) foi a espécie mais abundante com 12,5% dos indivíduos (Anexo C; Anexo D, Figura 27). Nas clareiras a predominância é de *Poecylanthe effusa* (Gema-de-ovo) com 2 indivíduos, e na floresta remanescente *Poeppigia procera* (Pau-branco) e *Rinorea racemosa* (Canela-de-jacamim), ambos com 2 indivíduos (Anexo C; Anexo D; Figura 26). Não foram encontrados indivíduos nos demais tratamentos, assim como para a classe arvoreta, pois a exploração foi muito recente.

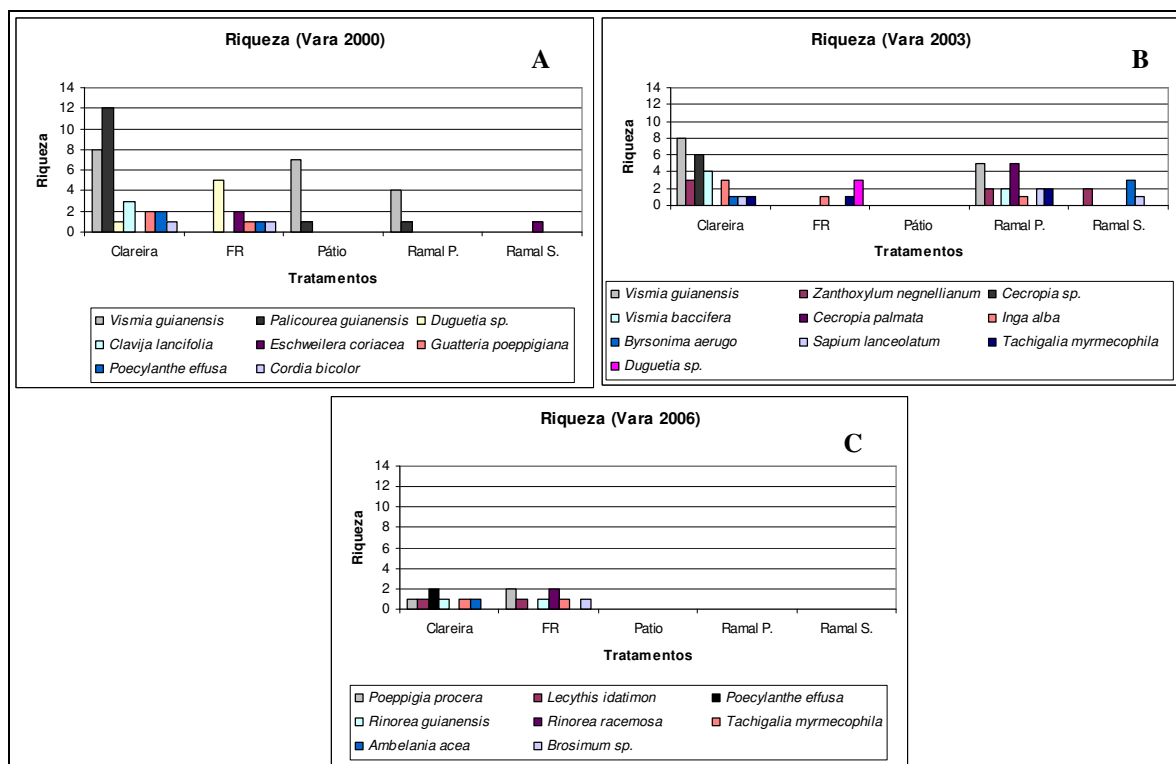


Figura 26- Riqueza na classe de varas na UTs exploradas em 2000 (A), 2003 (B) e 2006 (C) nos tratamentos: clareira, FR (Floresta Remanescente), pátio, ramal principal e ramal secundário.

No pátio de estocagem, da UT explorada em 2000, foram encontrados 10 indivíduos pertencentes a 4 espécies, nos ramais principais (9 indivíduos, 9 espécies) e secundários (1 indivíduo). Na UT explorada em 2003, o ramal principal apresentou 23 indivíduos de 11 espécies e ramal secundário 11 indivíduos de 8 espécies, porém não foi encontrado indivíduo para o tratamento pátio de estocagem (Anexo D).

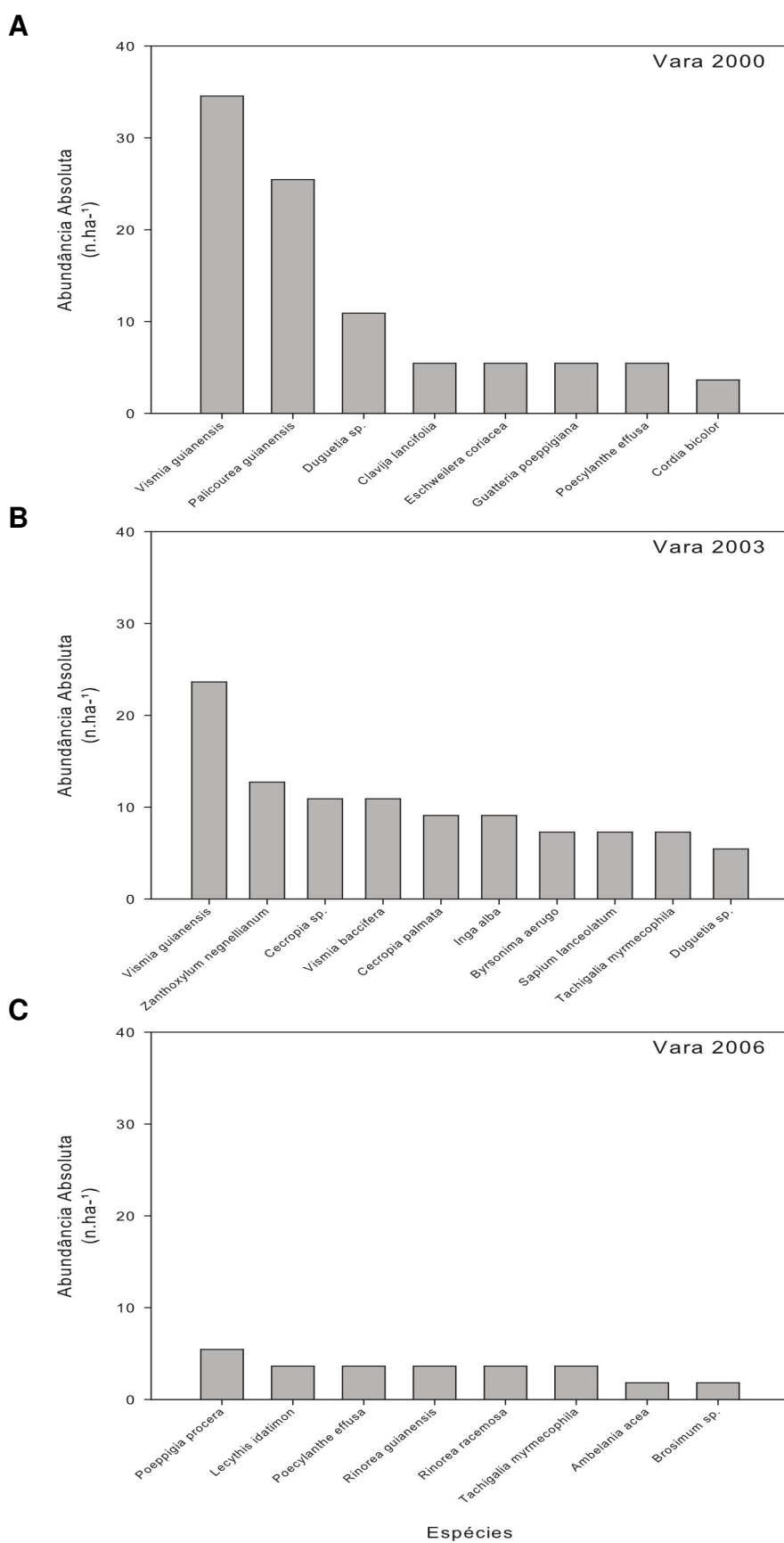


Figura 27 - Abundância absoluta das principais espécies na classe de varas nas UTs exploradas em 2000 (A), 2003 (B) e 2006 (C).

Áreas impactadas pela exploração como estradas, trilhas de arraste, clareiras e pátios, são importantes tanto para estudo da regeneração de espécies no grupo ecológico, intolerantes à sombra (FREDERICKSEN; MOSTACEDO, 2000), como de espécies que demandam por luz e pioneiras (LOPES, 2001). Ambos autores, citados anteriormente, encontraram alta regeneração natural de espécies que demandam luz em áreas de exploração seletiva na Bolívia e na Floresta Nacional do Tapajós, respectivamente.

Essa é uma tendência das áreas diretamente impactadas pela exploração no presente estudo (clareiras, ramais primários e secundários, pátios de estocagem). *Vismia guianensis* é um exemplo de espécie pioneira (FONTES, 1999). Esta espécie é uma das mais abundantes nas clareiras, ramais principais e secundários, tanto na classe arvoreta quanto vara, em todos os anos avaliados.

A riqueza e abundância da classe de varas nos tratamentos ramal primário e secundário apareceram somente nas UTs exploradas em 2000 e 2003, pois a exploração é muito recente, porém no pátio não foi encontrado nenhum indivíduo na UT explorada em 2003.

Além do microclima criado pelo aumento da penetração da radiação solar, no pós-exploratório, este fato, citado no parágrafo anterior, pode ser explicado por diversos fatores, como a quantidade de matéria orgânica no solo, que é a fonte de nutrientes e influencia as propriedades do solo, funcionando como granulador de partículas minerais; a compactação do solo, uma vez que solos compactados, possuem menos água entre os poros, acarretando uma diminuição de água disponível para as plantas, alterando crescimento radicular e conseqüentemente reduzindo o crescimento na parte aérea (CHAUVEL *et al.*, 1990; RUSSEL, 1973; BRADY, 1989; FREDERICKSEN; PARIONA, 2001; SEIXAS, 2002; BATEY; McKENZIE, 2006), dentre outros. Esses fatores, dentre outros, apresentados no item 5.1 e 5.2, influenciam no crescimento e desenvolvimento de plantas.

6.4.3 Diversidade de espécies

A idéia de diversidade de espécies está baseada na pressuposição de que as espécies influenciam umas às outras e ao meio em que vivem, e isto se pode medir com os números de espécies presentes e suas abundâncias relativas (KREBS, 1989).

A abundância relativa das espécies, assim como a riqueza florística, são refletidas no valor de índice de diversidade do local. Em tese, o índice de diversidade de Shannon em estágios sucessionais iniciais, como no presente estudo, em pátios e ramais principais (devido ao grande impacto na vegetação), mostra alta ocorrência de espécies pioneiras com ciclo de vida curto seria muito maior que nas áreas de floresta remanescente e até mesmo em áreas exploradas.

As três UTs em estudo apresentaram alta diversidade e alta equitabilidade (valores próximos de 1) (Tabela 5). Os valores encontrados para o índice de Shannon (H') foram semelhantes aos valores encontrados na Floresta do Tapajós por Oliveira (2005), na floresta remanescente das UTs exploradas em 1983, 1987, 1989 (um, cinco e sete anos pós-exploração) $H'=3,81$, e na área com influência direta pela exploração seletiva (árvores exploradas com DAP >45 cm) foi encontrado $H'=3,55$ para medições realizadas em 1983, $H'=3,63$ em 1987, e 3,66 em 1989. Em uma área de Floresta Ombrófila Densa explorada na Floresta da Jari, Amapá foi encontrado o valor de $H' = 3,99$ para medição realizada em 1984 (antes da exploração). Após a exploração os valores encontrados foram: 1986 ($H' = 3,97$), um ano após exploração, 1988 ($H' = 3,97$), três anos pós-exploração, e 1990 ($H' = 3,98$), cinco anos pós-exploração (AZEVEDO, 2006). A equitabilidade (J') determinada no presente estudo foi alta, variando de 0,79 (ano de 2000) a 0,90 (ano de 2006) (Tabela 5), semelhante ao encontrado por Azevedo (2006) (variando de $J' = 0,87$ a $J' = 0,94$), ou seja, tanto na Floresta da Jari quanto nas áreas estudadas aqui neste trabalho, as espécies encontradas são igualmente abundantes.

Foram encontradas na UT explorada no ano de 2000, 65 espécies, maior que a encontrada em 2003, com 62 espécies, e 2006 com 29 espécies (Tabela 5), pois com o decorrer dos anos pós-exploração ocorre um crescimento em altura e volume das mudas que passam para estágio de varas e posteriormente arvoretas.

Neste estudo, os pátios avaliados nos anos de 2003 e 2006 não apresentaram indivíduos que se enquadrassem na metodologia para avaliação da regeneração natural, assim como no ramal principal e ramal secundário do ano de 2006 (Tabela 6).

Tabela 5 – Nº de espécies, índice de diversidade de Shannon (H') e equitabilidade (J') nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006.

Ano	Espécies*	Shannon H' Log Base 2,718	Shannon Hmax Log Base 2,718	Equitabilidade J'
2000	65	3,303	4,174	0,791
2003	62	3,696	4,127	0,896
2006	29	3,035	3,367	0,901

* Número de espécies na comunidade (KREBS, 1989).

Tabela 6 – Nº de espécies, índice de diversidade de Shannon (H') e equitabilidade (J') agrupado por ano de exploração das UTs (2000, 2003 e 2006) e tratamento (C - clareira; FR - Floresta Remanescente; P - Pátio; RP - Ramal Principal e RS - Ramal Secundário).

Ano/Tratamento	Espécies*	Índice de Shannon H' Log Base 2,718	Índice de Shannon H _{max} Log Base 2,718	Equitabilidade J'
2000C	47	2,979	3,850	0,774
2000FR	32	3,302	3,466	0,953
2000P	7	1,372	1,946	0,705
2000RP	7	1,792	1,946	0,921
2000RS	12	2,123	2,485	0,854
2003C	43	3,368	3,761	0,896
2003FR	30	3,256	3,401	0,957
2003P	0	0	0	0
2003RP	12	2,279	2,485	0,917
2003RS	10	2,211	2,303	0,960
2006C	21	2,870	3,045	0,943
2006FR	19	2,666	2,944	0,905
2006P	0	0	0	0
2006RP	0	0	0	0
2006RS	0	0	0	0

* Número de espécies na comunidade (Krebs, 1989).

Na Tabela 6 observa-se que o maior número de indivíduos da regeneração natural (arvoretas e varas), assim como o número de espécies, encontra-se na classe de clareiras para as UTs exploradas nos anos de 2000 e 2003, seguida da floresta remanescente.

Na UT explorada em 2006, verificou-se que a floresta remanescente possui número maior de indivíduos do que a clareira. Não foram encontrados indivíduos na classe estudada, no pátio, ramal principal e ramal secundário na UT explorada em

2006, pois a área foi explorada recentemente, assim como no pátio da UT explorada em 2003 (Figura 28).

No pós-exploratório, o crescimento da regeneração natural pode ser explicado por diversos fatores, como quantidade de matéria orgânica no solo, que influencia nas propriedades do solo, compactação do solo, uma vez que solos compactados, possuem menos água entre os poros, acarretando numa diminuição de água disponível para as plantas, alterando crescimento radicular e conseqüentemente reduzindo o crescimento na parte aérea das plantas.

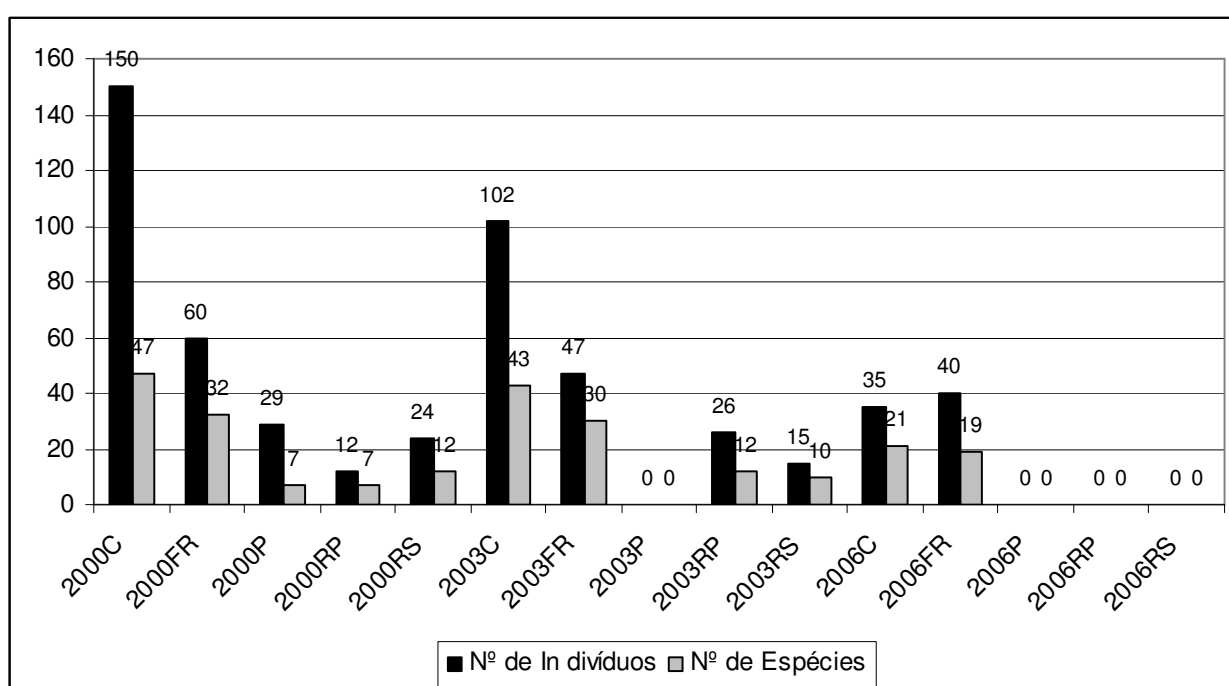


Figura 28 - Número de indivíduos e número de espécies para cada tratamento (C - clareira; FR - Floresta Remanescente; P - Pátio; RP - Ramal Principal e RS - Ramal Secundário) em cada ano de estudo (2000, 2003 e 2006), na Fazenda Rio Capim, pertencente a Cikel Brasil Verde Madeiras.

6.4.4 Similaridade florística

A similaridade florística estima o grau de semelhança entre as populações entre e dentro de áreas diferentes, a partir da presença e/ou ausência dos componentes das populações amostradas (KREBS, 1989).

A similaridade florística foi calculada utilizando o coeficiente de Bray e Curtis, segundo Bray e Curtis (1957). A análise de agrupamento das espécies foi realizada utilizando a distância euclidiana como medida de dissimilaridade, que pode ser transformada em medida de similaridade, segundo (ANDRADE *et al.*, 1990).

As UTs exploradas em 2000 e 2003 possuem maior similaridade (35,93%), seguida da UT explorada em 2003 e 2006 (33,46%), e UTs exploradas em 2000 e 2006 (26,93%); a similaridade florística entre as UTs exploradas em 2000 e 2003 é maior, pois a exploração é mais antiga. Estas áreas estão em fase sucessional e regeneração estabelecida (Tabela 7; Figura 29).

Tabela 7 - Matriz de similaridade da regeneração natural nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006.

Matriz de Similaridade			
	2000	2003	2006
2000	*	35,93	26,93
2003	*	*	33,46
2006	*	*	*

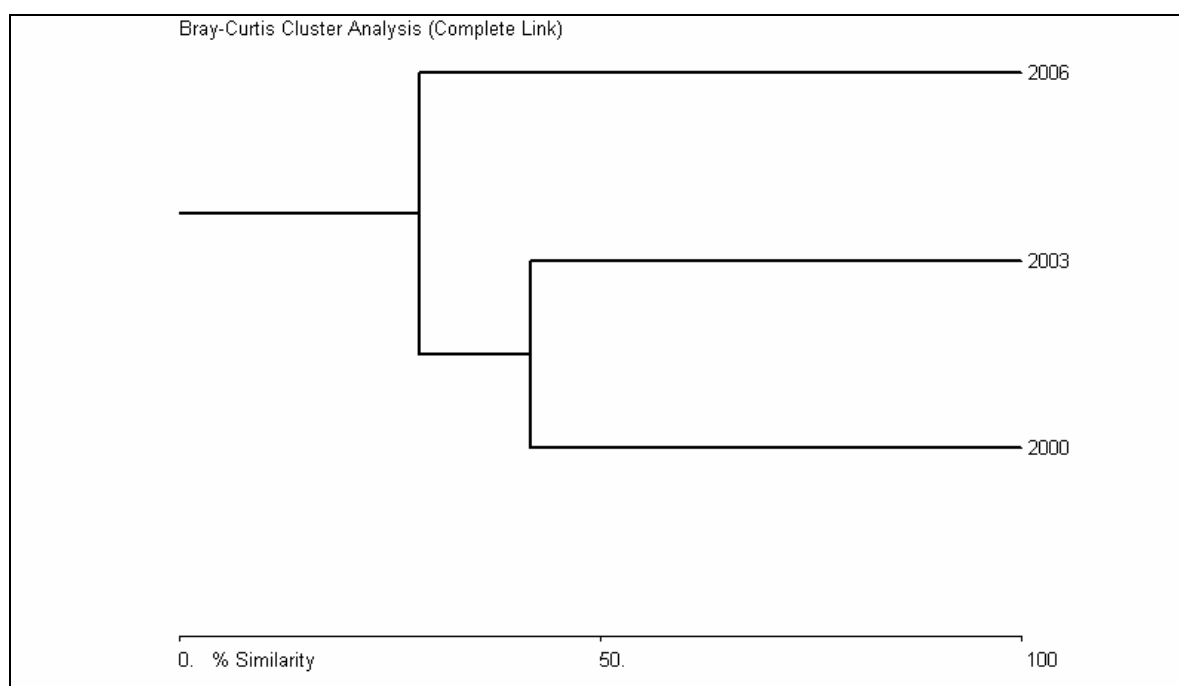


Figura 29 - Dendrograma de similaridade (%) da regeneração natural (arvoretas e varas) nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006, na Fazenda Rio Capim, pertencente a empresa Cikel Brasil Verde Madeiras.

O dendrograma de similaridade entre as classes de tamanho arvoretas e varas, nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006 indicou maior similaridade entre varas e arvoretas na UT explorada em 2000 (48,73%), e sucessivamente, varas e arvoretas na UT explorada em 2003 (41,05%), e varas e arvoretas na UT explorada

em 2006 (34,67%) (Tabela 8; Figura 29). Essa similaridade agrupada entre os anos mostra com clareza a dinâmica na regeneração natural de uma floresta que sofreu exploração seletiva.

Segundo D'Oliveira (2000), imediatamente após a exploração, ocorre uma rápida colonização de espécies pioneiras na área com rápida taxa de crescimento e ciclo de vida curto, como a *Vismia sp.*, também encontrada nas áreas de estudo. Cinco anos após a exploração, espécies pioneiras de ciclo curto como o *Solanum sp.* desaparecem.

Essa dinâmica na regeneração pode explicar a similaridade entre as áreas estudadas de 2000-2003, entre 2003-2006 (Tabela 7, Figura 29) e a baixa similaridade entre 2000-2006.

Tabela 8 - Matriz de similaridade entre a regeneração natural (arvoretas e varas) nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006.

Matriz de Similaridade						
	2000 arvoreta	2000 vara	2003 arvoreta	2003 vara	2006 arvoreta	2006 vara
2000 arvoreta	*	48,73	37,89	33,22	27,16	13,89
2000 vara	*	*	28,41	31,11	19,40	14,95
2003 arvoreta	*	*	*	41,05	36,11	27,35
2003 vara	*	*	*	*	20,27	14,88
2006 arvoreta	*	*	*	*	*	34,67
2006 vara	*	*	*	*	*	*

Houve maior similaridade florística entre áreas exploradas em 2000 e 2003, e depois entre as áreas de 2003 e 2006 (Tabela 7; Figura 29), essa similaridade florística, também encontrada nas áreas perturbadas (Tabela 8; Tabela 9; Figura 30; Figura 31), pode estar associada às características físicas do solo, que beneficiam certas espécies, em função da perturbação dos caracteres físicos do solo.

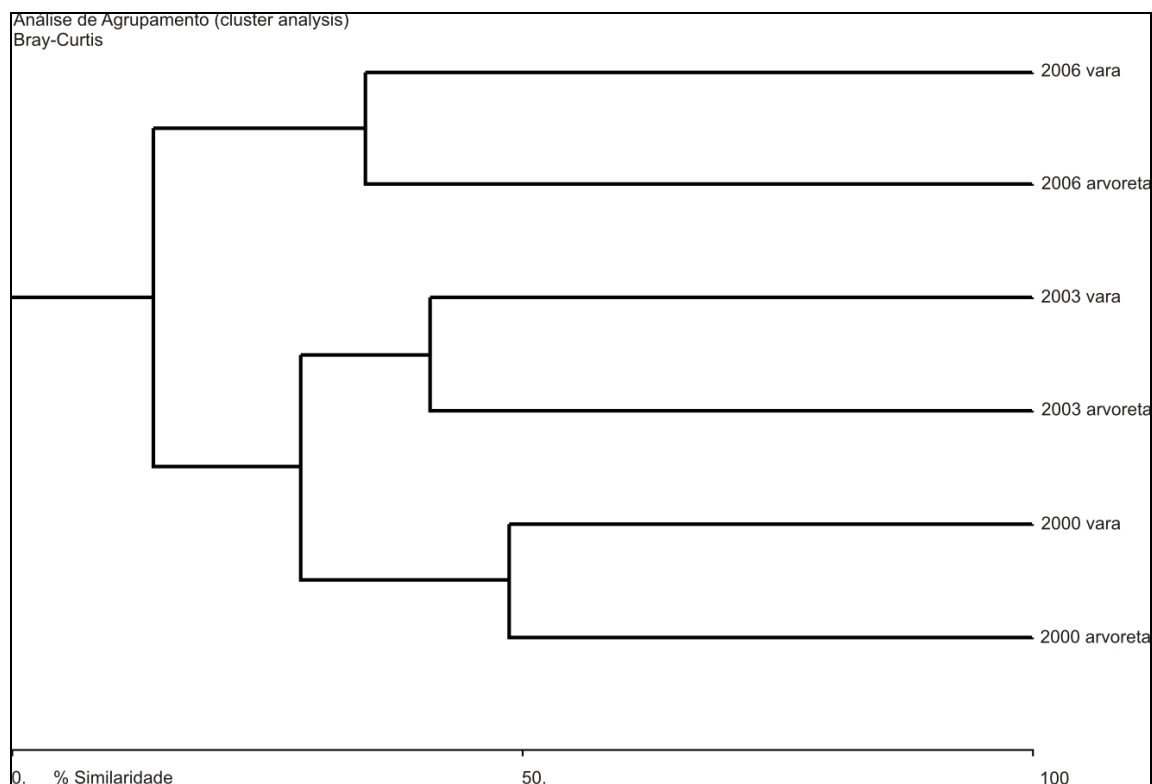


Figura 30 - Dendrograma de similaridade (%) entre a regeneração natural (arvoretas e varas) nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006.

A Figura 31, representada pelo dendrograma de similaridade florística entre as parcelas nos tratamentos (ramal principal, ramo secundário, floresta remanescente, pátio de estocagem e clareira) nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006, indicou que existe maior similaridade entre floresta remanescente e clareira das UTs exploradas em 2006 (50,67%), assim como entre a floresta remanescente da UT explorada em 2000 e UT explorada em 2003 (50,47%), ocorrendo em função da homogeneidade da área com a formação de um único grupo (Tabela 9; Figura 31). Entretanto, quando comparados os grupos (FR 2000-FR2003 x FR2006-C2006), a similaridade diminuiu a um valor aproximado de 40% (Tabela 9; Figura 32).

Tabela 9 - Matriz de similaridade entre as parcelas levantadas no Ramal Secundário (RS), Ramal Principal (RP), Clareira, Floresta Remanescente (FR) e Pátio de estocagem (P), nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006.

	Matriz de similaridade										
	2000 C	2000 FR	2000 PATIO	2000 RP	2000 RS	2003 C	2003 FR	2003 RP	2003 RS	2006 C	2006 FR
2000 CLAREIRA	*	29,52	27,93	12,35	22,99	34,92	25,38	12,50	9,70	17,30	20,00
2000 FR	*	*	2,25	11,11	16,67	24,69	50,47	4,65	16,00	37,89	36,00
2000 PATIO	*	*	*	34,15	30,19	27,48	5,26	29,09	13,64	3,13	5,80
2000 RP	*	*	*	*	38,89	12,28	10,17	26,32	14,81	12,77	11,54
2000 RS	*	*	*	*	*	12,70	8,45	16,00	15,38	10,17	9,38
2003 CLAREIRA	*	*	*	*	*	*	28,19	35,94	20,51	20,44	23,94
2003 FR	*	*	*	*	*	*	*	8,22	22,58	46,34	39,08
2003 RP	*	*	*	*	*	*	*	*	24,39	3,28	6,06
2003 RS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	12,00	18,18
2006 CLAREIRA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	50,67
2006 FR	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

A similaridade existente entre o ramal principal e secundário da UT explorada em 2000 (38,39%) e entre o ramal principal e clareira na UT explorada em 2003 (35,94%) (Tabela 9; Figura 31), pode ser justificada pela condição gerada pela intervenção, possivelmente semelhante a um distúrbio natural (como a queda de uma árvore), propiciando a formação de um ambiente com um regime de luz semelhante e favorável ao estabelecimento das mesmas espécies.

A quantidade de serapilheira, como galhos e folhas (item 5.3.2), encontrada nos tratamentos, e disponibilizando nutrientes em função do tempo, e luminosidade pode ter ajudado no desenvolvimento da regeneração natural nos tratamentos clareira, ramal principal, ramal secundário, pátio de estocagem, em comparação com floresta remanescente.

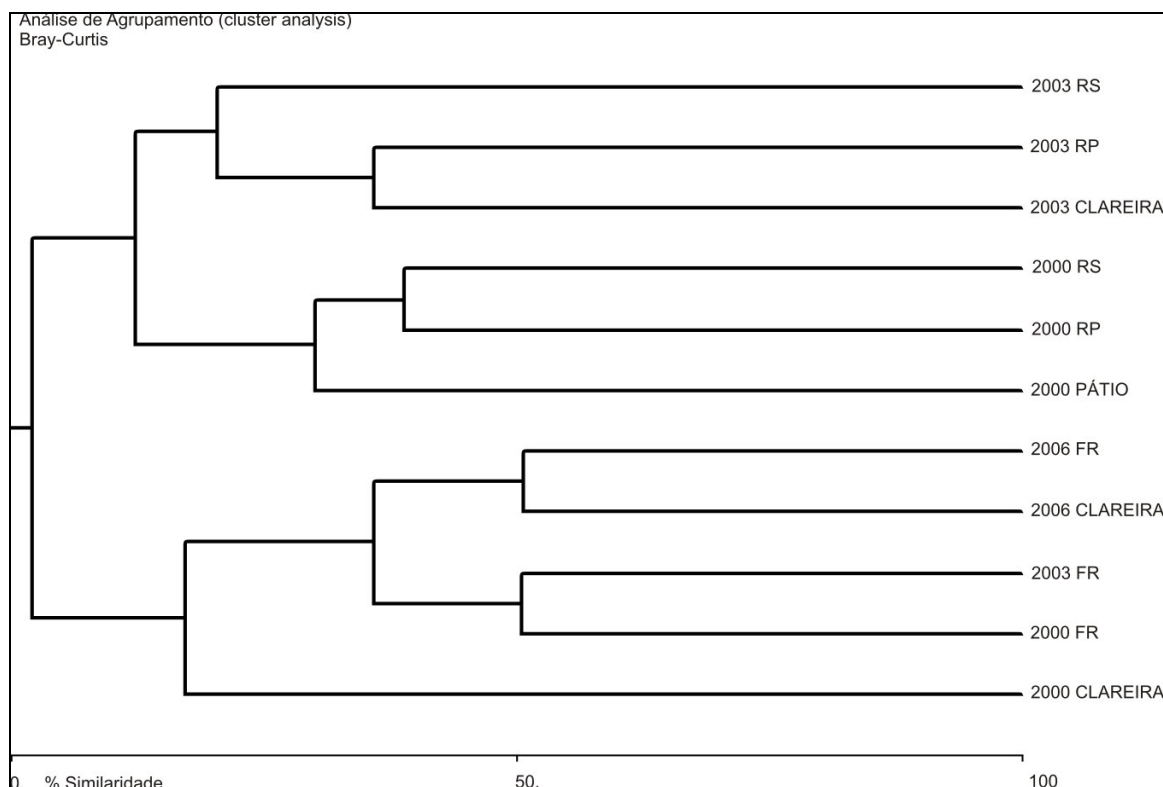


Figura 31 - Dendrograma de similaridade florística entre as parcelas levantadas no Ramal Secundário (RS), Ramal Principal (RP), Clareira, Floresta Remanescente (FR) e Pátio, nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006.

A baixa similaridade entre alguns tratamentos pode ter ocorrido em função de uma heterogeneidade de *habitats*, que pode afetar a regeneração tanto por rebrotamento quanto por germinação (CINTRA, 1998). Estudo realizado cinco anos após exploração seletiva em Itacoatiara, Manaus, ROSADO *et al.* (2004) demonstraram que não houve similaridade entre trilha de arraste e floresta remanescente com valores extremamente baixos (3 e 4%). Valores baixos também foram encontrados, porém maiores que os encontrados por Rosado *et al.* (2004), na UT explorada em 2000, aproximadamente 6 anos pós exploração 11,11% entre ramal primário e floresta remanescente, e 16,67% entre ramal secundário e floresta remanescente.

7 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos levaram às seguintes conclusões:

- Para estudos do efeito da exploração seletiva ao nível do solo, devem ser consideradas as diferenças entre os tratamentos (floresta remanescente, ramal principal, ramal secundário, centro de clareiras e pátio), uma vez que o intenso impacto na estrutura física do solo sofreu forte influência dos mesmos.
- O efeito da compactação do solo tem sido persistente em função do tempo. Os tratamentos (pátio de estocagem, ramal principal e secundário) foram os mais afetados pela colheita seletiva de madeira. Por conseguinte, essa infraestrutura deve ser considerada permanente na área de manejo florestal e reutilizada nas colheitas seguintes, pelo menos os pátios e ramais principais.
- Os tratamentos (pátio de estocagem, ramal principal e secundário) devem ser considerados como fora da produção e assim tratadas no manejo florestal. Pesquisas futuras para minimizar aberturas dessas estruturas deveriam ser realizadas e incentivadas.
- Os diferentes tamanhos de clareiras devem ser considerados como uma fonte de variação, pois influenciam nas propriedades físicas do solo em diferentes profundidades.
- Os locais (borda da trilha, entre as rodas e rodas do maquinário) devem ser considerados em estudos de ramais primários e secundários.
- Os três pontos de coleta (início, meio e fim) devem ser considerados em estudos de ramais principais. Sugere-se estudos relacionando as características físicas do solo nesses três pontos, considerando a intensidade de arraste em cada ponto.
- A exploração seletiva de madeira aumenta o material orgânico novo no solo (folhas e galhos) e o teor de carbono no solo.

- Para estudos da relação C/N devem ser consideradas a sazonalidade e os tratamentos no decorrer dos anos.
- Em estudos de riqueza e abundância da regeneração natural devem ser consideradas as diferenças entre tratamentos, ou desconsiderados os tratamentos ramal principal e pátio de estocagem, que podem ser considerados estruturas permanentes da exploração.
- A similaridade florística encontrada entre os anos mais próximos, nas áreas perturbadas indica a dinâmica natural da regeneração na floresta.
- É necessária a realização de estudos futuros para a avaliação dos efeitos das propriedades físicas e químicas do solo no crescimento da regeneração.
- Os parâmetros estudados tanto para qualidade do solo quanto para regeneração natural podem ser utilizados como indicadores de qualidade ambiental, pois são mensuráveis através de uma ampla variedade de condições, são simples de medir, tem baixo custo, são adaptáveis para diversos sistemas, e alguns deles são sensíveis a alterações sazonais e alterações em longo prazo.
- Os indicadores de sustentabilidade do manejo florestal devem abranger atributos físicos, químicos e biológicos do solo, uma vez que auxiliam na maior compreensão da dinâmica do ecossistema.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, P.; VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; VIDAL, E. *Floresta para sempre: um manual para produção de madeira na Amazônia*. Belém: IMAZON, 1998. 137p.
- AMPOORTER, E.; GORIS, R.; CORNELIS, W. M.; VERHEYEN, K. Impact of mechanized logging on compaction status of sandy forest soils. *Forest Ecology and Management*, v. 241, p. 162-174, 2007.
- ANDRADE, W. de O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. de. *Introdução à análise de agrupamentos*, 9º Simpósio Brasileiro de Probabilidade e Estatística, IME/USP, 1990, 104p.
- ASNER, G. P.; KELLER, M.; SILVA, J. N. M. Spatial and temporal dynamics of forest canopy gaps following selective logging in the eastern Amazon. *Global Change Biology*, v. 10, p. 765-783, 2004.
- ASNER, G. P.; KNAPP, D. E.; BROADBENT, E. N.; OLIVEIRA, P. J. C.; KELLER, M.; SILVA, J. N. Selective logging in the Brazilian Amazon. *Science*, v. 230, p. 480-482, 2005.
- AZEVEDO, C. P. de. *Dinâmica de florestas submetidas a manejo na Amazônia Oriental: experimentação e simulação*. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, 2006, 236f.
- BARBOSA, J.; SCHUSSLER, G.; PEIXOTO, P. E. C. *Efeito das trilhas de arraste sobre a decomposição da serrapilheira e sua fauna associada*. Ecologia da Floresta Amazônica: *Curso de campo*. Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais – PDBFF, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. 2005.
Fonte: tamandua.inpa.gov.br/~pdbff/download/efa/livro/2005/efa2005top.html
- BARROS, A. B. Paragominas: projetos demonstrativos, prefeitura em ação e controle social latente. In: TONI, F.; KAIMOWITS, D. *Municípios e gestão florestal na Amazônia*. Natal: A. S. Editores, 2003. p. 133-172.
- BASA (Banco da Amazônia). *Amazônia: Desenvolvimento x Preservação*. Belém-Pará. Editora: BASA. 1995. 12p.
- BATEY, T.; MCKENZIE, D. C. Soil compaction: identification directly in the field. *Soil Used and Management*, v. 2, p. 123-131, 2006.

BENTES-GAMA, M. de M. *Estrutura, valoração e opções de manejo sustentado para uma floresta de várzea na Amazônia*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000, 206p.

BERTAULT, J.; SIST, P. An experimental comparison of different harvesting intensities with reduced-impact logging in East Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology and Management*, v. 94, p. 209-218, 1997.

BIOT, Y.; FERRAZ, J.; VIEIRA, G.; LUIZÃO, F.; MINETTE, L. Levantamento de habitats após exploração seletiva de madeira. In: Projeto BIONTE: Biomassa e nutrientes florestais – Relatório final. Manaus, MCT/INPA, 1997. p.67-85.

BOLTZ, F.; HOLMES, T. P.; CARTER, D. R. Economic and environmental impacts of conventional and reduced impact logging in tropical South America: a comparative review. *Forest Policy and Economics*. v.5, p. 69-81, 2003.

BOONE, R. D.; GRIGAL, D. F.; SOLLINS, P.; AHRENS, R. J.; ARMSTRONG, D. E. Soil sampling, preparation, archiving, and quality control. In: ROBERTSON, G. P.; COLEMAN, D. C.; BLEDSOE, C. S.; SOLLINS, P. *Standard soil methods for long-term ecological research*. Oxford University Press. New York, 1999. p. 3-28.

BOSCOLO, M.; BUONGIORNO, J.; PANAYOTOU, T. *Simulating options for carbon sequestration through improved management of lowland tropical forest*. Cambridge: Harvard Institute for International Development, 1997. 39p.

BRADY, N. C. *Natureza e propriedades do solo*. 7ª edição. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989. 878p.

BRAY, J. R.; CURTIS, J. T. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. p. 323-325. In: McIntosh, R. P. *Phytosociology*. Benchmark Papers in Ecology. v. 6. p. 303-325. 1957.

BROKAW, N. V. L. The definition of treefall gap and its effect on measures of forest dynamics. *Biotropica*, v.14, p.158-160, 1982.

BULLA, L. An index of evenness and its associated diversity measure. *Oikos*, v.70, p. 167-171, 1994.

CAETANO, A. de C. Efeitos do manejo florestal sobre os atributos físicos e químicos de um latossolo amarelo e um argissolo amarelo de textura médias na fazenda

experimental da Gethal. Amazonas. *Dissertação de Mestrado*. Universidade do Amazonas, 2000, 56p.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; VOLKOFF, B.; MORAES, J. L. Dinâmica do carbono nos solos da Amazônia. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa, MG: SBCS, UFV, 1996. 930p.

CHAUVEL, A.; GRIMALDI, M.; TESSIER, D. Changes in soil pore-space distribution following deforestation and revegetation: an example from the Central Amazon Basin, Brazil. *Forest Ecology Management*, n. 38, p. 1-14, 1990.

CHENG, C. Statistical approaches on discriminating spatial variation of species diversity. *Bot. Bull. Acad. Sin.* v.45, p. 339-346, 2004.

CIKEL BRASIL VERDE MADEIRAS LTDA. *Plano de Manejo Florestal*. Cikel, Belém, 2000. 65p.

CINTRA, R. Sobrevivência pós-dispersão de sementes e plântulas de três palmeiras em relação à presença de componentes da complexidade estrutural da floresta amazônica. In: GASCON, C.; MOUTINHO, P. *Floresta amazônica: dinâmica, regeneração e manejo*, Inpa, Manaus, p. 83-98, 1998.

Fonte: <http://tamandua.inpa.gov.br/~pdbff/download/efa/livro/2005/efa2005top.html>

COSTA, M. H.; FOLEY, J. A.. A comparison of precipitation datasets for the Amazon basin. *Geophysical Research Letters*, p.155-158, 1998.

DAVIDSON, E. A.; CARVALHO, C. J. R. de; VIEIRA, I. C. G.; FIGUEIREDO, E. de O.; MOUTINHO, P.; ISHIDA, F. Y.; SANTOS, M. T. P dos; GUERREIRO, J. B.; KALIF, K.; SABÁ, R. T. Nitrogen and phosphorus limitation of biomass growth in a tropical secondary forest. *Ecological Applications*, v. 14, n. 4, p. S150-S163, 2004.

DEMATTE, J. L. I.; DEMATTE, J. A. M. Comparações entre as propriedades químicas de solos das regiões da floresta amazônica e do cerrado do Brasil Central. *Scientia Agrícola*. v. 50, n. 2, p. 272-286.1993.

DEUCHARS, S. A.; TOWNEND, J.; AITKENHEAD, M. J.; FITZPATRICK, E. A. Changes in soil structure and hydraulic properties in regenerating rain forest. *Soil use and management*, v. 15, p. 183-187, 1999.

DIAS JÚNIOR, M. S. Compactação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Minas gerais, *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 2000, p. 55-94.

DICKINSON, M. B.; WHIGHAN, D. F.; HERMANN, S. M. Tree regeneration in felling and natural tree fall disturbances in a semideciduous tropical forest in Mexico. *Forest Ecology and Management*, v. 134, p. 137-151, 2000.

D'OLIVEIRA; M. V. N.; Artificial regeneration in gaps and skidding trails after mechanized forest exploitation in Acre, Brazil. *Forest Ecology and Management*, v. 127, p. 67-76, 2000.

ELIAS; APPLGATE, G.; KARTAWINATA, K.; MACHFUDH; KLASSEN, A. Reduced impact logging guidelines for Indonesia. Indonésia: Cifor, 2001, 114p.

ELLIOTT, E. T.; HEIL, J. W.; KELLY, E. F.; MONGER, H. Y. C. Soil structural and other physical properties. In: ROBERTSON, G. P.; COLEMAN, D. C.; BLEDSOE, C. S.; SOLLINS, P. *Standard soil methods for long-term ecological research*. Oxford University Press. New York, 1999. p. 75-85.

EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2ª edição. Ver. Atual. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA – CNPS. Documentos; 1).

FEARNSIDE, P. *Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências*. Megadiversidade. v. 1, n. 1, 2005. 11p.

FERREIRA, D. C.; SARRAZIN, M.; DESJARDINS, T. Modificações a curto prazo nos teores de carbono e nitrogênio do solo (após corte seletivo da floresta na Amazônia Central). In: Projeto BIONTE: Biomassa e nutrientes florestais – Relatório final. Manaus, MCT/INPA, 1997. p.199-206.

FERREIRA, J. C. V. *O Pará e seus municípios*, 2003, p. 562-564.

FERREIRA, S. J. F.; LUIZÃO, F. J.; MELLO-IVO, W.; ROSS, S. M.; BIOT, Y. Propriedades físicas do solo após extração seletiva de madeira na Amazônia Central. *Acta Amazonica*. v. 32, n.3, p. 449-466. 2002.

FIGUEIRA, A. M. e S. Mudanças no uso e cobertura do solo na Amazônia e suas implicações no ciclo de nitrogênio. Piracicaba. 2006. 114p. *Dissertação de Mestrado* (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz).

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; NASCIMENTO, G. B. D.; ANJOS, L. H. C. D.; EBELING, A. G. M. O. Solos de Tabuleiros na Região Norte Fluminense - RJ. *Revista Floresta e Ambiente*, v.8, n.1, p.114-119, 2001.

FONTES, M. A. L. Padrões alométricos em espécies arbóreas pioneiras tropicais. *Scientia forestalis*, n. 55, p. 79-87, 1999.

FRANKEN, W.; LEOPOLDO, P. R.; BERGAMIM FILHO, H. Fluxo de nutrientes através de águas naturais em floresta de terra firme na Amazônia Central. In: *Workshop on Biogeochemistry of Tropical Rain Forest: Problems for Research Proceedings*. Piracicaba, São Paulo, p. 29-37. 1985.

FREDERICKSEN, T. S.; MOSTACEDO, B. Regeneration of timber species following selection logging in a Bolivian tropical dry forest. *Forest Ecology and Management*. v. 131, p. 47-55, 2000.

FREDERICKSEN, T. S., PARIONA, W. Effect of skidder disturbance on commercial tree regeneration in logging gaps in a Bolivian tropical forest. *Forest Ecology and Management* v. 171, p.223–230, 2002.

FREITAS, P. L. D.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; CHRISTINE, M.; LARROUY, L.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n.1, p. 157-170, 2000.

FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J. *Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo*: manual técnico. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2000, 198p.

GAMA, J. R. N. F. *Solos: Manejo e interpretação*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004, 183p.

GUIMARÃES, W. M.; MELLO-IVO, W. M. P. Biomassa e nutrientes de raízes finas em área de exploração seletiva de madeira na Amazônia Central, Brasil. In: *Biomassa e nutrientes florestais*. Relatório final. Manaus, MCT-INPA/DFID, 1997. 344p.

GREACEN, P. L.; SANDS, S. E. *Mecanização do solo*. Planalsucar, MIC, IAA, DAP, Piracicaba, SP, 1980. 101p.

HALL, J. S.; HARRIS, D. J.; MEDJIBE, V.; ASHTON, P. M. S. The effects of selective logging on forest structure and tree species composition in a Central African forest: implications for management of conservation areas. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v.183, n.1-3, p.249-264, Sept 2003.

HATCHELL, G. E.; RALLSTON, C. W. Natural recovery of surface soil disturbed in logging. *Tree Planters Notes*, n. 12, v. 2, 1971, p. 5-9.

HENDRISON, J. Damage-controlled logging in managed tropical rain forests in Suriname. *Ecology and management of tropical rain forests in Suriname*. Wageningen: Agricultural University, Netherlands, 204p. 1990.

HIGMAN, S.; BASS, S.; JUDD, N.; MAYERS, J.; NUSSBAUM, R. *The sustainable forestry handbook*. Earthscan, 1999, 289p.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; RIBEIRO, R. J.; MENETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. Manaus: INPA/DFID, 1997. p. 47-63 (Relatório Final do Projeto Bionte).

HOLMES, T. P.; BOLTZ, F.; CARTER, D. R. *Financial indicators of reduced impact logging performance in Brazil: case study comparisons*. Kuchmg, Sarawak, Malaysia, 2001, 11p.

HOLMES, T. J.; BLATE, G. M; ZWEED, J. C.; PEREIRA JUNIOR, R.; BARRETO, P.; BOLTZ, F. *Custos e benefícios financeiros da exploração florestal de impacto reduzido em comparação à exploração florestal convencional na Amazônia Oriental*. Belém: Fundação Floresta Tropical, 2002. 69p.

HOUT, P. Van der. *Reduced impact logging in the tropical rain forest of Guyana: Ecological, economic and silvicultural consequences*. Tropenbos-Guyana Series 6. Tropenbos-Gua Programme, Georgetown, Guyana. 1999. 335p.

ITTO. *Guidelines for the sustainable management of natural tropical forests*. ITTO Technical Series 5. International Tropical Timber Organization, Yokohama, Japan. 1990.

JARDIM, F. C. da S.; SERRÃO, D. R.; NEMER, T. C. Efeito de diferentes tamanhos de clareiras, sobre o crescimento e a mortalidade de espécies arbóreas, em Moju-PA. *Acta Amazonica*. v. 37, n. 1, p. 37-48. 2007.

JENNINGS, S. B.; LOPES, J. do C.; BROWN, N. D.; WHITMORE, T. C. Desempenho comparativo de mudas de espécies florestais em gradiente microclimático criado experimentalmente. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; YARED, J. A. G. *A silvicultura na Amazônia Oriental*. Contribuições do Projeto Embrapa/DFID. Belém, 2001. p.227-251.

JESUS, C. P. de. Atributos físicos do solo e produtividade da soja após um ano de integração lavoura-pecuária em área sob plantio direto. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de Santa Catarina. 2006, 47p.

JOHNS, J. S., BARRETO, P., UHL, C., Logging damage during planned and unplanned logging operations in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management*, v. 89, p. 59-77. 1996.

JOHNSON, C. M.; VIEIRA, I. C. G.; ZARIN, D. J.; FRIZANO, J.; JOHNSON, A. H. Carbon and nutrient storage in primary and secondary forests in eastern Amazônia. *Forest Ecology and Management*. v.147, p. 245-252, 2001.

JORGE, J. A. *Física e Manejo dos Solos Tropicais*. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985.

KANTOLA, M.; HARSTELA, P. *Handbook on appropriate technology for forestry operations in developing countries*. Part II. Forest training programme. Publication 19. National Board of vocation education of the government of Finland. Helsinki, 1988.

KREBS, C. J. Ecological methodology. University of British Columbia. Harper Collins Publishers. Nova York. 1989, 645 p.

LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. *Numerical Ecology*. Netherlands: Elsevier, 1983. 419 p. (Developments Environmental Modeling, 3).

LIMA, R. A. F. de. Gap size measurement: The proposal of a new field method. *Forest Ecology and Management*. v. 214, p.413-419, 2005.

LIMA, M. L.; SIRTOLI, A. E.; MOTTA, A. C. V.; OLIVEIRA, A. C. de; SERRAT, B. M.; WISNIEWSKI, C.; FERREIRA, F. V.; ALMEIDA, L. S. de; ALMEIDA, L. de; KRIEGER, K. I.; MACHADO, M. A. de M.; FAVARETTO, N.; COGO, N. P.; BERTOL, O. J.; MARQUES, R. *Diagnóstico e recomendações do manejo do solo*. Aspectos teóricos e metodológicos. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006. 341p.

LOPES, J. do C.; WITHMORE, T. C.; BROWN, N. D.; JENNINGS, S. B. Efeito da exploração florestal nas populações de mudas em uma floresta tropical úmida no município de Moju, Pa. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; YARED, J. A. G. *A silvicultura na Amazônia Oriental*. Contribuições do Projeto Embrapa/DFID. Belém, 2001. p. 203-226.

LOUSIER, J. D. Impacts of forest harvesting and regeneration on forest sites. *Land Management*. Report Number 67, march 1990, 103p.

LUIZAO, F. J. *Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas*. *Cienc. Cult.* [online]. 2007, v. 59, n. 3, pp. 31-36. ISSN 0009-6725.

LUNDQUIST, J. E.; BEATTY, J. S. A method for characterizing and mimicking forest canopy gaps caused by different disturbances. *Forest Science*. v. 48, p. 582-594. 2002.

MACHADO, P. L. O. de A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. *Química Nova*, vol. 28, n. 2, 329-334, 2005.

MAGURRAN, A. E. Ecological diversity and its measurement. New Fatter Lane: London, 1988. 179p.

MARTINS, P. F. da S.; CERRI, C. C.; ANDREUX, F.; VOLKOFF, B. *O solo de um ecossistema natural de floresta localizado na Amazônia Oriental. II. Fracionamento da matéria orgânica do Horizonte A*. Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, Ser. Ciências da Terra, v. 1, n. 2, p. 79-89, 1989.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 22, n. 3, p. 405-412, 1999.

MARTORANO, L. G.; PEREIRA, L. *Estudos climáticos do Estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thornthwaite)*. SUDAM/EMBRAPA, 1993. 74p.

MATTHEWS, E.; PAYNE, R.; ROHWEDER, M.; MURRAY, S. *Forest ecosystems: pilot analysis of global ecosystems*. World Resources Institute. Washington, D.C. 2000. 86p. Acessado em: 20/05/2007. Fonte: www.wri.org/wr2000.

McALEECE, N. Biodiversity Pro. [Beta Version]. The Natural history museum and the Scottish Association for Marine Science. 1997.

McNABB, K. L.; MILLER, M. S.; LOCKABY, B. G.; STOKES, B. J.; CLAWSON, R. G.; STANTURF, J. A.; SILVA, J. N. M. Selection harvesting in Amazonian rain forest: long-term impacts on soil properties. *Forest Ecology and Management*, v. 93, p. 153-160, 1997.

MELLO-IVO, V.; FERREIRA, S.; BIOT, Y.; ROSS, S. Nutrientes na solução do solo após o corte seletivo de madeira em floresta tropical úmida de terra firme, ao norte de Manaus, Brasil. In: Projeto Bionte - *Relatório Final*. Inpa, DFID, p. 171-181. 1997.

MELLO-IVO, W. M. P. de; ROSS, S. Efeito da colheita seletiva de madeira sobre algumas características físicas de um latossolo amarelo sob floresta na Amazônia Central. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 30, p. 769-776, 2006.

MORAIS CRUIA, A. P. de O., VEIGA, J. B. da; LUDONINO, R. M. R.; SIMÃO NETO, M.; TOURRAND, J. F. *Caracterização dos sistemas de produção da agricultura familiar de Paragominas – PA: a pecuária e propostas de desenvolvimento*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999, 55p (Embrapa Amazônia Oriental, Documentos, 5).

MOREIRA, A.; COSTA, D. G. Dinâmica da matéria orgânica na recuperação de clareiras da floresta amazônica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n.10, p. 1013-1019, 2004.

NAGAOKA, A. K.; LANÇAS, K. P.; NETO, P. C.; LOPES, A.; GUERRA, S. P. S. Resistência à penetração, após o tráfego com dois tipos de pneus utilizando-se um equipamento para ensaio dinâmico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, n. 2, p. 387-393, 2003.

NELSON, D. W.; SOMMERS, L. E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (ed.) *Methods of soil analysis - chemical and microbiological properties*. Part 2, 2 ed. Madison: American Society of Agronomy e Soil Science Society of America, 1982. cap. 29, p.539-579.

NEPSTAD, D. C.; VERÍSSIMO, A.; ALENCAR, A.; NOBRE, C.; LIMA, E.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; POTTER, C.; MOUTINHO, P.; MENDONZA, E.; COCHRANE, M.; BROOKS, V. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature*. v. 398, p. 505-508, 1999.

NEU, V. Influência da cobertura vegetal na ciclagem de nutrientes via solução do solo na região de Manaus, Amazônia. Piracicaba: *Dissertação de Mestrado-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, 2005, 93p.

NOGUEIRA, A. R. de A.; SOUZA, G. B. de. *Manual de Laboratórios: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos*. São Carlos, São Paulo: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005, p. 120-124.

OLIVEIRA, L. C. Efeito da exploração da madeira e de diferentes intensidades de desbastes sobre a dinâmica da vegetação de uma área de 136 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. *Tese (Doutorado)*, 2005, 195p.

ORLÓCI, L. *Multivariate Analysis in Vegetation Research*. 2. ed. Boston: Dr. W. Junk. B. V. Publishers, 1978. 451 p.

OSTERTAG, R. Belowground effects of canopy gaps in a tropical wet forest. *Ecology*, 79(4), 1998, pp. 1294–1304.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. *Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos*. Piracicaba: FEALQ, n.11, 2002, 309p.

PINARD, M., PUTZ, F.; TAY, J.; SULLIVAN, T. Creating timber harvesting guidelines for a reduced-impact logging project in Malaysia. *Journal of Forestry*, n. 93, p. 41-45, 1995.

PINARD, M. A.; HOWLETT, B.; DAVIDSON, D. Site conditions limit pioneer tree recruitment after logging of Dipterocarp forests in Sabah, Malasia. *Biotropica*, n.28, v.1, p. 2-12, 1996.

POKORNY, B.; SABOGAL, C.; SILVA, J. N. M.; BERNARDO, P.; SOUZA, J.; ZWEED, J. Compliance with reduced impact harvesting guidelines by timber enterprises in terra firme forest of the Brazilian Amazon. *International Forestry Review*. Vol. 7 (1), 2005. 12p.

PUIG, H. *La forêt tropicale humide*. Berlin, Paris, 2001, 448p.

PULKKI, R. E. Literature synthesis on logging impacts in moist tropical forest. *Working paper GFSS/WP/06*. December 1997. FAO. 187p.

PUTZ, F. E.; PINARD, M. A. Reduced-impact logging as a carbon-offset method. *Conservation Biology*, v.7, n.4, p. 755-757, 1993.

RICHARDT, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LIANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. Seminário: Ciências Agrárias, Londrina, v. 26, n.2, p. 321-344, 2005.

ROBERTSON, G. P.; SOLLINS, P.; ELLIS, B. G.; LAJTHA, K. Exchangeable ions, pH, and cation exchange capacity. In: ROBERTSON, G. P.; COLEMAN, D. C.; BLEDSOE, C. S.; SOLLINS, P. *Standard soil methods for long-term ecological research*. Oxford University Press. New York, 1999, p. 107-114.

RODRIGUES, T. E; SANTOS, P. L.; SILVA, R. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C.; SILVA, J. M. L.; GAMA, J. R. N. F.; VALENTE, M. A. *Caracterização e classificação dos solos do Município de Paragominas – Estado do Pará*. Belém: EMBRAPA, 2000.

RODRIGUES, T. E. *Caracterização e classificação dos solos do município de Paragominas, estado do Pará*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2003, 51p (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 162).

ROSADO, B. H.; CASTANHO, C. de T.; ADENEY, M.; CALAÇA, S. D.; SILVA, W. R. da. *Impactos do uso de trilhas de arrasto na exploração seletiva de madeira sobre a comunidade de plântulas em um trecho da Amazônia Central*. Ecologia da Floresta Amazônica: *Curso de campo*, 2004, Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais – PDBFF, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.
Fonte: <http://pdbff.inpa.gov.br/download/efa/livro/2004/efa2004.htm>

ROSSATO, L.; ALVALÁ, R. C. dos S.; TOMASELLA, J. Variação espaço-temporal da umidade do solo no Brasil: análise das condições médias para o período de 1971-1990. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.19, n.02, 113-122, 2004.

RUNKLE, J. R. Gap formation in some old-growth forests of the eastern United States. *Ecology*. v. 62, p.1041-1051. 1981.

RUNKLE, J. R. Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests of eastern North America. *Ecology*. 63: 1533-1546. 1982.

RUSSEL, W. *Soil conditions and plant growth*. 10 ed. London: LONGMAN, 1973. 849p.

SÁ, M. A. C. de; SANTOS JÚNIOR, J. de D. G. dos. *Compactação do solo: conseqüências para o crescimento vegetal*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005, 26p.

SEIXAS, F.; OLIVEIRA JÚNIOR, E. D. de; SOUZA, C. R. de. Efeito da camada de resíduos florestais na compactação do solo causada pelo transporte primário da madeira. *Scientia forestalis*, n. 54, p. 9-16, 1998.

SEIXAS, F. Efeitos físicos da colheita mecanizada de madeira sobre o solo. In: GONÇALVES, J. L. de M.; STAPE, J. L. *Conservação e cultivo de solos para plantações florestais*. Piracicaba: IPEF (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais), 2002. 498p.

SILVA, B. N. R. *Solos da Amazônia*. Belém. SUDAM, Relatório Técnico N° 26, 1981. 23p.

SILVA, G. R. da; SILVA JÚNIOR, M. L. da; MELO, V. S. de. Efeito sobre diferentes usos da terra sobre as características químicas de um latossolo amarelo do estado do Pará. *Acta Amazonica*. v. 36, n.2, p. 151-158, 2006.

SILVA, J. N. M. *Manejo Florestal*. Embrapa Amazônia Oriental, 15p, 3° Ed., Belém-PA, 2001.

SILVA, J. N. M.; LOPES, J. do C. A.; OLIVEIRA, L. C. de; SILVA, S. M. A. da; CARVALHO, J. O. P. de; COSTA, D. H. M; MELO, M. S.; TAVARES, M. J. M. *Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia Brasileira*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 68 p.

SILVA, S. B. de. *Análise de solos*. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia. Serviço de Documentação e Informação, 2003. 152 p.

SCHNEIDER, R. R.; ARIMA, E.; VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; SOUZA JÚNIOR, C. *Amazônia Sustentável: limitantes e oportunidades para o desenvolvimento rural*. Belém: Imazon, 2000. 58p.

SPIEGEL. *Mathematical handbook of formulas and tables*. Schaum's outline series. 1990, 271p.

STOKES, G. G. On the effect of the lateral friction of fluids on the motion of pendulums. *Transactions Cambridge Philosophical Society*, Cambridge, v. 9, p. 8-106, 1951.

TAMPOKONG, M. D. Effect of wood extraction by crawler tractors on infiltration rates on a skidtrail 20 years after logging in east Kalimantan, Indonesia. In: PUTZ, F. E.; ELIAS, P. S.; DYKSTRA, D. P.; HEINRICH, R. Research methods for reduced-impact logging: *WORKSHOP RESULTS*. A report on the International training seminar on reduced-impact timber harvesting and natural forest management. Bogor and East Kalimantan, Indonesia, 14- 27 de july 1996. p. 3-6.

TELLES, E. D. C.; CAMARGO, P. B.; MARTINELLI, L. A.; TRUMBORE, S. E.; COSTA, E. S.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N.; OLIVEIRA, R. C. Influence of soil texture on carbon dynamics and storage potential in tropical forest soils of Amazonia. *Global Biogeochemical Cycles*. v. 17, n.2, 2003.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S. da; GONÇALVES, C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo de solo. *Scientia Agrícola*, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. *Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com soja*. Londrina: EMBRAPA-CNPSoja, 1999. 58p. Circular Técnica, n.23.

UHL, C.; VIEIRA, I. Ecological impacts of selective logging in the Brazilian Amazon: a case study from the Paragominas region of the state of Pará. *Biotropica*, v. 21, p. 98-106, 1989.

VAN DER MEER, P. J.; BONGERS, F.; CHATROU, L.; RIÉRA, B. Defining canopy gaps in a tropical rain forest: effects on gap size and turnover time. *Acta Ecologica*. v. 15, n. 6, p. 701-714. 1994.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de recursos naturais e estudos ambientais, 1991. 124p.

VERISSIMO, A.; BARRETO, P.; MATTOS, M. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier: the case of Paragominas. *Forest Ecology and Management*, v. 55, p. 169–184, 1992.

VIEIRA, L. S. *Manual da ciência do solo: com ênfase em solos tropicais*. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres Ltda. 2° ed, 1988, 464p.

WATRIN, O. dos S.; ROCHA, A. M. A. *Levantamento da vegetação natural e do uso da terra no município de Paragominas (PA) utilizando imagens TM/ LANDSAT*. Belém: Embrapa-CPATU, 1991. 40p. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa).

WILSON, J. B.; ULLMANN, I.; BANNISTER, P. Do species assemblages ever recur? *Ecology*, v. 84, p. 471-474, 1996.

ZIMMERMANN, F. J. P. *Estatística aplicada a pesquisa agrícola*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 402p.

ANEXOS

ANEXO C – Família, nome científico e nome vulgar das espécies encontradas nas parcelas de estudo.

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME VULGAR
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i>	Pau-pombo
Annonaceae	<i>Duguetia echinophora</i>	Ata-menju
	<i>Duguetia sp.</i>	Duguetia
		Envira
	<i>Duguetia poeppigiana</i>	Sem nome
	<i>Guatteria poeppigiana</i>	Ata-preta
	<i>Guatteria sp.</i>	Envira
	<i>Rollinia edulis</i>	Mutamba preta
	<i>Rollinia exsucca</i>	Mutamba
	<i>Xylopia frutescens</i>	Xilopia frutensi
	<i>Xylopia aromática</i>	Envira
Apocynaceae		Imbiriba branca
		Pimenta-de-macaco
	<i>Ambelania acida</i>	Pepino-do-mato
	<i>Aspidosperma eteanum</i>	Araracanga
Araliaceae	<i>Himatanthus sucuuba</i>	Sucuuba
	<i>Tabernaemontana angulata</i>	Culhão-de-porco/ cocoró
Bignoniaceae	<i>Schefflera morototoni</i>	Morototó
Bombacaceae	<i>Jacaranda copaia</i>	Parapará
Boraginaceae	<i>Bombax sp</i>	Sem nome
	<i>Ceiba pentandra</i>	Sumaúma
Cecropiaceae	<i>Cordia bicolor</i>	Freijó
		Freijó branco
Burseraceae	<i>Cordia goeldiana</i>	Freijó
	<i>Protium paliidum</i>	Breu branco
	<i>Protium sp.</i>	Breu
		Breu branco
Celastraceae	<i>Tetragastris panamensis</i>	Breu barrote
	<i>Cecropia palmata</i>	Imbaúba
	<i>Cecropia sp.</i>	Imbaúba
	<i>Porouma guianensis</i>	Mapatirana
Chrysobalanaceae	<i>Pourouma guianensis</i>	Embaubarana
	<i>Maytenus pruinosa</i>	Xixuá/Barbatimão
	<i>Couepia guianensis Aublet.</i>	Macucu
	<i>Licania Kunthiana</i>	Macucu vermelho
Clusiaceae		Pajurazinho
	<i>Licania sp.</i>	Macucu vermelho
	<i>Cecropia palmata</i>	Imbaúba
	<i>Cecropia sp.</i>	Imbaúba
Elaeocarpaceae	<i>Vismia baccifera</i>	Lacre branco
	<i>Vismia guianensis</i>	Lacre
Euphorbiaceae	<i>Sloanea sp.</i>	Urucurana-da-folha-grande
Euphorbiaceae	<i>Micrandropsis scleroxylon</i>	Acapuri
	<i>Micrandropsis scleroxylon</i>	Acapuri

	<i>Sagotia racemosa</i>	Arataciu
	<i>Sapium lanceolatum</i>	Burra leiteira
Flacourtiaceae	<i>Casearia javitensis</i>	Canela-de-viado
	<i>Laetia procera</i>	Pau-jacaré
Humiriaceae	<i>Vantanea sp.</i>	Uxirana
Lauraceae	<i>Nectandra cuspidata</i>	Louro bosta
	<i>Ocotea guianensis</i>	Louro branco
	<i>Ocotea opifera</i> Mart.	Louro fedorento
	<i>Ocotea poeppigiana</i>	Sem nome
	<i>Ocotea sp.</i>	Louro Louro preto
Lecythidaceae	<i>Cariniana sp.</i>	Estopeiro/tauari
	<i>Eschweilera coriacea</i>	Matamatá branco
	<i>Eschweilera guianensis</i>	Matamatá branco
	<i>Eschweilera sp.</i>	Matamatá preto
	<i>Lecythis guianensis</i>	Jatereu
	<i>Lecythis idatimon</i>	Jatereu
	<i>Lecythis lúrida</i>	Jarana
Leguminosae	<i>Hymenolobium excelsum</i>	Angelim
Leguminosae- caesalpinioideae	<i>Dialium guianensis</i>	Jutaí-pororoca
	<i>Macrolobium bifolium</i>	Jutaí-pororoca
	<i>Macrolobium latifolium</i>	Jutaí-pororoca
	<i>Macrolobium microcalix</i>	Sem nome
	<i>Sclerolobium paniculatum</i>	Carvoeiro
	<i>Tachigalia myrmecophila</i>	Táxi-preto Taxi-preto
Leguminosae- mimosoideae	<i>Inga Alba</i>	Ingá
	<i>Inga capitata</i>	Ingá
	<i>Inga sp.</i>	Ingá
	<i>Piptadenia suaveolens</i> Miq.	Timborana
	<i>Stryphnodendron paniculatum</i>	Ingá Tachi-pitomba/tachirana
	<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i>	Fava-barbatimão
Leguminosae- papilionoideae	<i>Ormosia sp.</i>	Tento
	<i>Poecylanthe effusa</i>	Gema-de-ovo
Malpighiaceae	<i>Byrsonima aerugo</i>	Murici
Melastomataceae	<i>Bellucia grossularioides</i>	Goiaba-de-anta
	<i>Mouriri guianensis</i>	Murta
Moraceae	<i>Brosimum acutifoia</i>	Sem nome
	<i>Brosimum guianensis</i>	Sem nome
	<i>Brosimum sp.</i>	Inharé
Myristicaceae	<i>Virola sp.</i>	Ucuuba
	<i>Virola caducifolia</i>	Ucuuba
Myrtaceae	<i>Eugenia biflora</i>	Murta-folha-grande
	<i>Eugenia patrisii</i>	Pitomba
	<i>Myrciaria sp.</i>	Goiabinha
Nyctaginaceae	<i>Neea oppositifolia</i>	João mole

Olacaceae	<i>Minquartia guianensis</i>	Acariquara
Quiinaceae	<i>Lacunaria jenmani</i>	Lacunaria
		Papo-de-mutum
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i>	Capoeiro
	<i>Palicourea guianensis</i>	Erva-de-rato
Rutaceae	<i>Zanthoxylum regnellianum</i>	Limãozinho/Peito-de-moça/Tamanqueira
Sapindaceae	<i>Cupania sp.</i>	Pau-de-espetorana
	<i>Talisia retusa</i>	Pitomba
	<i>Talisia sp.</i>	Sem nome
Sapotaceae	<i>Ecclinusa guianensis</i>	Sem nome
	<i>Manilkara huberi</i>	Maçaranduba
	<i>Pouteria decorticans</i>	Abiu larga-casca
	<i>Pouteria guianensis</i>	Abiu casca-seca
	<i>Pouteria oppositifolia</i>	Abiu rosadinho
	<i>Pouteria sp.</i>	Abiu
		Abiu vermelho
Solanaceae	<i>Solanum vanheurckii</i>	Jurubeba grande
Sterculiaceae	<i>Sterculia pruriens</i>	Axixá
	<i>Theobroma obovatum</i>	Cacau-do-mato
Tecophilaeaceae	<i>Poeppigia procera</i>	Pau branco
Theophrastaceae	<i>Clavija lancifolia</i>	Marapuama
Tiliaceae	<i>Apeiba echinata</i>	Pente-de-macaco
Violaceae	<i>Rinorea guianensis</i>	Acariquarana
		Canela-de-jacamim
		Capoeiro-preto
	<i>Rinorea racemosa</i>	Canela-de-jacamim
		Sem nome

ANEXO D – Riqueza, Abundância absoluta ($n.ha^{-1}$) e Abundância relativa (%) obtidas nas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006, nas classes de arvoretas e varas, e tratamentos: Clareira, Floresta Remanescente (FR), Ramal Principal e Ramal Secundário.

Ano	Classe	Espécies	Clareira	FR	Pátio	Ramal Principal	Ramal Secundário	Riqueza	Abundância absoluta ($n.ha^{-1}$)	Abundância relativa (%)
2000	ARVORETA	<i>Palicourea guianensis</i>	36		3	1	9	49	222,73	25,52
2000	ARVORETA	<i>Vismia guianensis</i>	11		10		2	23	104,55	11,98
2000	ARVORETA	<i>Rinorea guianensis</i>	4	3			2	9	40,91	4,69
2000	ARVORETA	<i>Lecythis idatimon</i>	3	3		1		7	31,82	3,65
2000	ARVORETA	<i>Cordia bicolor</i>	3	1			2	6	27,27	3,12
2000	ARVORETA	<i>Inga alba</i>	2	2			1	5	22,73	2,60
2000	ARVORETA	<i>Alibertia edulis</i>	3	1				4	18,18	2,08
2000	ARVORETA	<i>Guatteria poeppigiana</i>	2	2				4	18,18	2,08
2000	ARVORETA	<i>Laetia procera</i>	2			1	1	4	18,18	2,08
2000	ARVORETA	<i>Poecylanthus effusa</i>	1	3				4	18,18	2,08
2000	ARVORETA	<i>Protium sp.</i>	3	1				4	18,18	2,08
2000	ARVORETA	<i>Rinorea racemosa</i>	4					4	18,18	2,08
2000	ARVORETA	<i>Tapirira guianensis</i>	2	2				4	18,18	2,08
2000	ARVORETA	<i>Xylopia aromática</i>	1		1		2	4	18,18	2,08
2000	ARVORETA	<i>Byrsonima aerugo</i>	1		2			3	13,64	1,56
2000	ARVORETA	<i>Eschweilera coriacea</i>	1	2				3	13,64	1,56
2000	ARVORETA	<i>Macrolobium bifolium</i>		3				3	13,64	1,56
2000	ARVORETA	<i>Sagotia racemosa</i>	1	2				3	13,64	1,56
2000	ARVORETA	<i>Sapium lanceolatum</i>	2				1	3	13,64	1,56
2000	ARVORETA	<i>Inga capitata</i>		2				2	9,09	1,04
2000	ARVORETA	<i>Inga sp.</i>	2					2	9,09	1,04
2000	ARVORETA	<i>Licania Kunthiana</i>	2					2	9,09	1,04
2000	ARVORETA	<i>Pourouma guianensis</i>	1				1	2	9,09	1,04
2000	ARVORETA	<i>Rollinia exsucca</i>	1	1				2	9,09	1,04
2000	ARVORETA	<i>Stryphnodendron paniculatum</i>	2					2	9,09	1,04
2000	ARVORETA	<i>Talisia retusa</i>	2					2	9,09	1,04
2000	ARVORETA	<i>Zanthoxylum regnellianum</i>			2			2	9,09	1,04
2000	ARVORETA	<i>Apeiba equinata</i>		1				1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Aspidosperma eteanum</i>		1				1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Brosimum guianensis</i>		1				1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Brosimum sp.</i>	1					1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Cariniana sp.</i>	1					1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Casearia javitensis</i>		1				1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Ceiba pentandra</i>	1					1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Couepia guianensis</i>	1					1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Dialium guianensis</i>		1				1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Duguetia sp.</i>	1					1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Ecclinusa guianensis</i>		1				1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Guatteria sp.</i>		1				1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Hymenolobium excelsum</i>	1					1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Jacaranda copaia</i>	1					1	4,55	0,52

Ano	Classe	Espécies	Clareira	FR	Pátio	Ramal Principal	Ramal Secundário	Riqueza	Abundância absoluta (n,ha ⁻¹)	Abundância relativa (%)
2000	ARVORETA	<i>Licania sp.</i>		1				1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Manilkara huberi</i>	1					1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Micrandropsis scleroxylon</i>	1					1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Neea oppositifolia</i>	1					1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Ocotea opefita</i>		1				1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Ocotea poeppigiana</i>	1					1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Ocotea sp.</i>					1	1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Pouteria sp.</i>	1					1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Rollinia edulis</i>	1					1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Schefflera morototoni</i>	1					1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Sclerolobium paniculatum</i>	1					1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Sterculia pruriens</i>	1					1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Tetragastris panamensis</i>					1	1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Virola sp.</i>	1					1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Vismia baccifera</i>	1					1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	<i>Xylopia frutescens</i>			1			1	4,55	0,52
2000	ARVORETA	Total geral	110	37	19	3	23	192	872,73	100,00
2000	VARA	<i>Vismia guianensis</i>	8		7	4		19	34,55	22,89
2000	VARA	<i>Palicourea guianensis</i>	12		1	1		14	25,45	16,87
2000	VARA	<i>Duguetia sp.</i>	1	5				6	10,91	7,23
2000	VARA	<i>Clavija lancifolia</i>	3					3	5,45	3,61
2000	VARA	<i>Eschweilera coriacea</i>		2			1	3	5,45	3,61
2000	VARA	<i>Guatteria poeppigiana</i>	2	1				3	5,45	3,61
2000	VARA	<i>Poecylanthus effusa</i>	2	1				3	5,45	3,61
2000	VARA	<i>Cordia bicolor</i>	1	1				2	3,64	2,41
2000	VARA	<i>Duguetia poeppigiana</i>		2				2	3,64	2,41
2000	VARA	<i>Ocotea sp.</i>		1		1		2	3,64	2,41
2000	VARA	<i>Rinorea guianensis</i>				2		2	3,64	2,41
2000	VARA	<i>Sagotia racemosa</i>	1	1				2	3,64	2,41
2000	VARA	<i>Stryphnodendron paniculatum</i>	1	1				2	3,64	2,41
2000	VARA	<i>Tabernaemontana angulata</i>		2				2	3,64	2,41
2000	VARA	<i>Alibertia edulis</i>		1				1	1,82	1,20
2000	VARA	<i>Brosimum acutifolia</i>	1					1	1,82	1,20
2000	VARA	<i>Couepia guianensis</i>	1					1	1,82	1,20
2000	VARA	<i>Eschweilera sp.</i>		1				1	1,82	1,20
2000	VARA	<i>Inga Alba</i>	1					1	1,82	1,20
2000	VARA	<i>Laetia procera</i>			1			1	1,82	1,20
2000	VARA	<i>Lecythis idatimon</i>		1				1	1,82	1,20
2000	VARA	<i>Licania kunthiana</i>	1					1	1,82	1,20
2000	VARA	<i>Neea oppositifolia</i>		1				1	1,82	1,20
2000	VARA	<i>Ocotea guianensis</i>	1					1	1,82	1,20
2000	VARA	<i>Ocotea poeppigiana</i>	1					1	1,82	1,20
2000	VARA	<i>Pouteria oppositifolia</i>	1					1	1,82	1,20
2000	VARA	<i>Pouteria sp.</i>		1				1	1,82	1,20
2000	VARA	<i>Sapium lanceolatum</i>	1					1	1,82	1,20
2000	VARA	<i>Tetragastris panamensis</i>		1				1	1,82	1,20

Ano	Classe	Espécies	Clareira	FR	Pátio	Ramal Principal	Ramal Secundário	Riqueza	Abundância absoluta (n,ha ⁻¹)	Abundância relativa (%)
2000	VARA	<i>Theobroma obovatum</i>	1					1	1,82	1,20
2000	VARA	<i>Xylopia aromática</i>			1			1	1,82	1,20
2000	VARA	<i>Zanthoxylum regnellianum</i>				1		1	1,82	1,20
2000	VARA	<i>Total geral</i>	40	23	10	9	1	83	150,91	100,00
2003	ARVORETA	<i>Jacaranda copaia</i>	12					12	54,55	11,11
2003	ARVORETA	<i>Poecylanthus effusus</i>	4	4				8	36,36	7,41
2003	ARVORETA	<i>Rinorea guianensis</i>	2	5				7	31,82	6,48
2003	ARVORETA	<i>Inga Alba</i>	4	1			1	6	27,27	5,56
2003	ARVORETA	<i>Vismia guianensis</i>	5				1	6	27,27	5,56
2003	ARVORETA	<i>Ocotea sp.</i>	3	2				5	22,73	4,63
2003	ARVORETA	<i>Sagotia racemosa</i>	2	2			1	5	22,73	4,63
2003	ARVORETA	<i>Apeiba equinata</i>	2	1				3	13,64	2,78
2003	ARVORETA	<i>Eschweilera coriacea</i>	2	1				3	13,64	2,78
2003	ARVORETA	<i>Lecythis idatimon</i>		3				3	13,64	2,78
2003	ARVORETA	<i>Micrandropsis scleroxylon</i>	3					3	13,64	2,78
2003	ARVORETA	<i>Rinorea racemosa</i>	2	1				3	13,64	2,78
2003	ARVORETA	<i>Sapium lanceolatum</i>	1			1	1	3	13,64	2,78
2003	ARVORETA	<i>Tapirira guianensis</i>	2	1				3	13,64	2,78
2003	ARVORETA	<i>Cecropia sp.</i>	2					2	9,09	1,85
2003	ARVORETA	<i>Cordia bicolor</i>	2					2	9,09	1,85
2003	ARVORETA	<i>Laetia procera</i>	2					2	9,09	1,85
2003	ARVORETA	<i>Pouteria sp.</i>		2				2	9,09	1,85
2003	ARVORETA	<i>Protium sp.</i>		2				2	9,09	1,85
2003	ARVORETA	<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i>	2					2	9,09	1,85
2003	ARVORETA	<i>Tachigalia myrmecophila</i>	2					2	9,09	1,85
2003	ARVORETA	<i>Virola caducifolia</i>	2					2	9,09	1,85
2003	ARVORETA	<i>Bombax sp.</i>		1				1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Byrsonima aerugo</i>		1				1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Casearia javitensis</i>	1					1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Cecropia palmata</i>	1					1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Duguetia echinophora</i>				1		1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Duguetia sp.</i>	1					1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Eschweilera guianensis</i>		1				1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Eugenia biflora</i>	1					1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Inga capitata</i>		1				1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Lacunaria jenmani</i>		1				1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Lecythis lurida</i>		1				1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Licania Kunthiana</i>	1					1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Minquartia guianensis</i>		1				1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Nectandra cuspidata</i>	1					1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Neea oppositifolia</i>		1				1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Protium paliidum</i>		1				1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Stryphnodendron paniculatum</i>	1					1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Talisia retusa</i>		1				1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Theobroma obovatum</i>		1				1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Vantanea sp.</i>		1				1	4,55	0,93

Ano	Classe	Espécies	Clareira	FR	Pátio	Ramal Principal	Ramal Secundário	Riqueza	Abundância absoluta (n,ha ⁻¹)	Abundância relativa (%)
2003	ARVORETA	<i>Vismia baccifera</i>				1		1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Zanthoxylum regnellianum</i>	1					1	4,55	0,93
2003	ARVORETA	<i>Total geral</i>	64	37	0	3	4	108	490,91	100,00
2003	VARA	<i>Vismia guianensis</i>	8			5		13	23,64	13,40
2003	VARA	<i>Zanthoxylum regnellianum</i>	3			2	2	7	12,73	7,22
2003	VARA	<i>Cecropia sp.</i>	6					6	10,91	6,19
2003	VARA	<i>Vismia baccifera</i>	4			2		6	10,91	6,19
2003	VARA	<i>Cecropia palmata</i>				5		5	9,09	5,15
2003	VARA	<i>Inga Alba</i>	3	1		1		5	9,09	5,15
2003	VARA	<i>Byrsonima aerugo</i>	1				3	4	7,27	4,12
2003	VARA	<i>Sapium lanceolatum</i>	1			2	1	4	7,27	4,12
2003	VARA	<i>Tachigalia myrmecophila</i>	1	1		2		4	7,27	4,12
2003	VARA	<i>Duguetia sp.</i>		3				3	5,45	3,09
2003	VARA	<i>Laetia procera</i>	2			1		3	5,45	3,09
2003	VARA	<i>Poeppigia procera</i>	3					3	5,45	3,09
2003	VARA	<i>Rinorea guianensis</i>		2			1	3	5,45	3,09
2003	VARA	<i>Sagotia racemosa</i>	1	1			1	3	5,45	3,09
2003	VARA	<i>Apeiba equinata</i>				1	1	2	3,64	2,06
2003	VARA	<i>Eugenia patrisii</i>	2					2	3,64	2,06
2003	VARA	<i>Theobroma obovatum</i>	2					2	3,64	2,06
2003	VARA	<i>Bellucia grossularioides</i>	1					1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Cordia bicolor</i>	1					1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Cordia goeldiana</i>	1					1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Cupania sp.</i>	1					1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Dialium guianensis</i>	1					1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Guatteria poeppigiana</i>	1					1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Himatanthus sucuuba</i>	1					1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Jacaranda copaia</i>				1		1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Lacunaria jenmani</i>		1				1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Maytenus pruinosa</i>					1	1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Mouriri guianensis</i>		1				1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Myrciaria sp.</i>				1		1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Nectandra cuspidata</i>		1				1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Ormosia sp.</i>	1					1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Piptadenia suaveolens</i> Miq,	1					1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Poecyanthe effusa</i>					1	1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Pouteria decorticans</i>		1				1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Pouteria guianensis</i>		1				1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Rinorea racemosa</i>	1					1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Sloanea sp.</i>	1					1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Solanum vanheurckii</i>	1					1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Xylopia aromática</i>	1					1	1,82	1,03
2003	VARA	<i>Total geral</i>	50	13	0	23	11	97	176,36	100,00
2006	ARVORETA	<i>Rinorea guianensis</i>	2	7				9	40,91	17,65
2006	ARVORETA	<i>Sagotia racemosa</i>	1	6				7	31,82	13,73
2006	ARVORETA	<i>Lecythis idatimon</i>	4	1				5	22,73	9,80

Ano	Classe	Espécies	Clareira	FR	Pátio	Ramal Principal	Ramal Secundário	Riqueza	Abundância absoluta (n,ha ⁻¹)	Abundância relativa (%)
2006	ARVORETA	<i>Inga Alba</i>	1	3				4	18,18	7,84
2006	ARVORETA	<i>Rinorea racemosa</i>	3	1				4	18,18	7,84
2006	ARVORETA	<i>Poecylanthe effusa</i>	1	2				3	13,64	5,88
2006	ARVORETA	<i>Macrolobium latifolium</i>	1	1				2	9,09	3,92
2006	ARVORETA	<i>Ocotea sp.</i>	2					2	9,09	3,92
2006	ARVORETA	<i>Porouma guianensis</i>	1	1				2	9,09	3,92
2006	ARVORETA	<i>Talisia sp.</i>	2					2	9,09	3,92
2006	ARVORETA	<i>Byrsonima aerugo</i>		1				1	4,55	1,96
2006	ARVORETA	<i>Casearia javitensis</i>		1				1	4,55	1,96
2006	ARVORETA	<i>Cupania sp.</i>	1					1	4,55	1,96
2006	ARVORETA	<i>Eschweilera coriacea</i>	1					1	4,55	1,96
2006	ARVORETA	<i>Lecythis guianensis</i>	1					1	4,55	1,96
2006	ARVORETA	<i>Macrolobium microcalix</i>		1				1	4,55	1,96
2006	ARVORETA	<i>Myrciaria sp.</i>	1					1	4,55	1,96
2006	ARVORETA	<i>Pouteria sp.</i>		1				1	4,55	1,96
2006	ARVORETA	<i>Tachigalia myrmecophila</i>	1					1	4,55	1,96
2006	ARVORETA	<i>Tapirira guianensis</i>	1					1	4,55	1,96
2006	ARVORETA	<i>Zanthoxylum regnellianum</i>		1				1	4,55	1,96
2006	ARVORETA	Total geral	24	27				51	231,82	100,00
2006	VARA	<i>Poeppigia procera</i>	1	2				3	5,45	12,50
2006	VARA	<i>Lecythis idatimon</i>	1	1				2	3,64	8,33
2006	VARA	<i>Poecylanthe effusa</i>	2					2	3,64	8,33
2006	VARA	<i>Rinorea guianensis</i>	1	1				2	3,64	8,33
2006	VARA	<i>Rinorea racemosa</i>		2				2	3,64	8,33
2006	VARA	<i>Tachigalia myrmecophila</i>	1	1				2	3,64	8,33
2006	VARA	<i>Ambelania acea</i>	1					1	1,82	4,17
2006	VARA	<i>Brosimum sp.</i>		1				1	1,82	4,17
2006	VARA	<i>Casearia javitensis</i>		1				1	1,82	4,17
2006	VARA	<i>Duguetia echinophora</i>		1				1	1,82	4,17
2006	VARA	<i>Duguetia sp.</i>	1					1	1,82	4,17
2006	VARA	<i>Ecclinusa guianensis</i>	1					1	1,82	4,17
2006	VARA	<i>Eschweilera coriacea</i>		1				1	1,82	4,17
2006	VARA	<i>Macrolobium microcalix</i>		1				1	1,82	4,17
2006	VARA	<i>Nectandra cuspidata</i>	1					1	1,82	4,17
2006	VARA	<i>Ocotea sp.</i>	1					1	1,82	4,17
2006	VARA	<i>Protium sp.</i>		1				1	1,82	4,17
2006	VARA	Total geral	11	13				24	43,64	100,00