

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA INTEGRADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA TROPICAL E
RECURSOS NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS**

Variáveis ecofisiológicas do tronco como indicadores de sustentabilidade da floresta tropical manejada seletivamente

LILIANE MARTINS TEIXEIRA

**Manaus - Amazonas
Novembro/2010**

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA INTEGRADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA TROPICAL E
RECURSOS NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS**

Variáveis ecofisiológicas do tronco como indicadores de sustentabilidade da floresta tropical manejada seletivamente

LILIANE MARTINS TEIXEIRA

Orientador: Niro Higuchi, Dr.

Fontes Financiadoras: INPA
CAPES
FAPEAM

Tese apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor na Área de Concentração em Ciências de Florestas Tropicais.

**Manaus, Amazonas
Novembro/2010**

T266

Teixeira, Liliane Martins

Variáveis ecofisiológicas do tronco como indicadores de sustentabilidade da floresta tropical manejada seletivamente / Liliane Martins Teixeira.--- Manaus : [s.n.], 2011.

xvii, 109 f. : il. color.

Tese (doutorado)-- INPA, Manaus, 2011

Orientador : Niro Higuchi

Área de concentração : Ciências de Florestas Tropicais

1. Ecofisiologia. 2. Floresta Tropical. 3. Manejo florestal. 4. Exploração seletiva. I. Título.

CDD 19. ed. 634.9

Sinopse:

Estudou-se a resposta da floresta tropical de terra firme a diferentes níveis de exploração de madeira, localizada no município de Manaus, região central da Amazônia brasileira. Aspectos como incremento diamétrico mensal, emissão de CO₂ pelo tronco e a composição isotópica do tecido lenhoso foram avaliados.

Palavras-chave: Respiração do Tecido Lenhoso, Incremento Diamétrico Mensal, Composição Isotópica.

À minha mãe, Cicera,
Sempre, tudo.

Ao Ageu,
Por este fim e o nosso começo.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus Onisciente, por permitir ao homem o privilégio do conhecimento da Sua criação.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) pelo investimento intelectual.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e especialmente à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo investimento financeiro.

Ao meu orientador Dr. Niro Higuchi, por tudo ter valido a pena – tudo mesmo!

Ao Dr. Jeffrey Chambers, pelas lições profissionais e pessoais. Always my dad!

Ao Dr. Plínio Camargo pelo investimento de tempo e conhecimento e pela amizade, onde estendo o agradecimento a todos do Lab. de Ecologia Isotópica do CENA/USP, com os quais sempre podemos contar.

À Thais Almeida, pela completa contribuição na tradução do meu resumo.

Aos companheiros do LMF: Adélia, Adriano, Fabiana, Roseana e Vilany. Obrigada!

Aos meus meninos da ZF-2: Pedro, Armando, Bertram, Bico, Neo, Vandeco, Sérgio, Chicó, Romeu, Paulinho, Quintanilha, Bitonho, Alquimar, Geraldo, Jesus, João e Haroldo sem os quais nada de fato se realiza. Muito obrigada pelo apoio, metafórica e literalmente falando!

À minha família, pois por meio dela eu existo.

Ao meu namorado, Ageu, pelo incentivo, paciência, carinho e compreensão que me mantiveram na caminhada. Terminei e a culpa é muito sua. Muito obrigada!

“Há duas formas para viver a sua vida:
Uma é acreditar que não existe milagre.
A outra é acreditar que todas as coisas são um milagre.”

Albert Einstein

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. JUSTIFICATIVA.....	07
3. OBJETIVOS.....	09
3.1. Objetivo Superior.....	09
3.2. Objetivo Geral.....	09
3.3. Objetivos Específicos.....	09
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
4.1. Ciclo do Carbono e a floresta tropical.....	11
4.2. Produção de biomassa e crescimento arbóreo.....	13
4.2.1. Biomassa arbórea.....	15
4.2.2. Fatores ambientais que influenciam o ecossistema florestal.....	17
4.3. Respiração do Ecossistema Florestal.....	19
4.4. Isótopos em tecidos arbóreos.....	20
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
5.1. Área de Estudo.....	24

5.1.1. Localização.....	24
5.1.2. Clima.....	25
5.1.3. Solos.....	26
5.1.4. Vegetação.....	27
5.2. Instalação do experimento.....	28
5.2.1. Exploração florestal.....	31
5.2.2. Identificação botânica da seleção de corte.....	32
5.3. Incremento em Diâmetro do Tronco.....	34
5.4. Fluxos de CO₂ do Tronco.....	35
5.5. Razão isotópica do Tecido Lenhoso e Foliar.....	38
5.5.1. Coleta de amostras do tecido foliar.....	38
5.5.2. Coleta de amostras do tecido lenhoso do tronco.....	38
5.5.3. Análise isotópica.....	39
5.6. Cronograma das atividades desenvolvidas neste estudo.....	41
5.7. Análise dos dados.....	42
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
6.1. Análise de Correlação de Pearson.....	44
6.1.1. Correlação entre o ICM e a precipitação mensal.....	44
6.1.2. Correlação entre o fluxo de CO ₂ emitido pelo tronco e a precipitação mensal.....	49
6.1.3. Correlação entre o fluxo de CO ₂ emitido pelo tronco e o ICM.....	54
6.1.4. Correlação entre a Razão Isotópica e as variáveis analisadas.....	57
6.2. Análise de Variância – ANOVA.....	64
6.2.1. Análise de Variância entre o Incremento Corrente Mensal e as variáveis: tratamentos de exploração e classes diamétricas com o passar do tempo.....	64
6.2.2. Análise de Variância entre o Fluxo de Respiração do Tronco e as variáveis: tratamentos de exploração e classes diamétricas com o passar do tempo.....	66
6.2.3. Análise de Variância entre a Razão Isotópica do C e N do tecido foliar e lenhoso e as variáveis: tratamentos de exploração e classes diamétricas.....	71
6.3. Análise de Regressão.....	74

7. CONCLUSÃO.....	81
8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	84
ANEXOS.....	95

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Área basal (AB), volume comercial com casca (V), peso da árvore viva (P), peso seco (Pseco), teor de carbono (C) e número de indivíduos (N) por bloco a ser removido e porcentagem equivalente para cada variável apresentada.....	31
Quadro 2 – Área basal (AB), volume comercial com casca (V), peso da biomassa fresca (P), peso da biomassa seca (Pseco) e teor de carbono (C) para cada indivíduo selecionado para o corte e valores totais por bloco.....	33
Quadro 3 – Matriz de Correlação entre Incremento Corrente Mensal e a Precipitação antes da exploração florestal.....	45
Quadro 4 – Matriz de Correlação de Pearson entre Incremento Corrente Mensal e a precipitação para cada bloco analisado separadamente após a exploração florestal em diferentes intensidades.....	46
Quadro 5 – Matriz de Correlação de Pearson entre a precipitação de 2008 e o Incremento Corrente Mensal após a exploração florestal em diferentes intensidades (B1 e B3).....	47
Quadro 6 – Matriz de Correlação entre o Fluxo de Respiração do Caule ($\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$) e a Precipitação antes da exploração florestal.....	50
Quadro 7 – Matriz de Correlação entre o Fluxo de Respiração do Caule ($\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$) e a Precipitação de 2007, antes da exploração florestal.....	51
Quadro 8 – Matriz de Correlação de Pearson entre o Fluxo de Respiração do Caule ($\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$) e as séries históricas de precipitação após a exploração florestal em diferentes intensidades.....	52
Quadro 9 – Matriz de Correlação de Pearson entre o Fluxo de Respiração do Caule ($\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$) e as séries históricas de precipitação após a exploração florestal em diferentes intensidades.....	52

¹⁾ e a precipitação de 2008 após a exploração florestal em diferentes intensidades....

Quadro 10 – Matriz de Correlação entre o Incremento Corrente Mensal – ICM e a Respiração do tronco, antes e após a exploração (B1 = exploração leve; B2 = controle e B3 = exploração pesada).....	56
Quadro 11 – Matriz de Correlação entre a razão isotópica de C e N do tronco e as variáveis analisadas neste estudo após a exploração florestal.....	58
Quadro 12 – Matriz de Correlação entre a razão isotópica de C e N foliar e as variáveis analisadas neste estudo após a exploração florestal.....	61
Quadro 13 – Análise de Variância de medições repetidas para a variável Incremento Corrente Mensal (ICM) em relação às classes diamétricas (CD), aos blocos (B) e às suas respectivas interações antes da exploração florestal.....	64
Quadro 14 – Análise de Variância de medições repetidas para a variável Incremento Corrente Mensal (ICM) em relação às classes diamétricas (CD), aos blocos (B) e às suas respectivas interações após a exploração florestal.....	66
Quadro 15 – Análise de Variância de medidas repetidas para a variável Fluxo de Respiração do Tronco (Resp) em relação às classes diamétricas (CD) e às suas respectivas interações após a exploração florestal.....	70
Quadro 16 – Análise de Variância da razão isotópica de C e N do tecido foliar em relação às classes diamétricas (CD) e às suas respectivas interações após a exploração florestal.....	73
Quadro 17 – Análise de Variância da razão isotópica de C e N do tecido lenhoso do tronco em relação às classes diamétricas (CD) e às suas respectivas interações após a exploração florestal.....	73

Quadro 18 – Equações testadas para a relação entre as variáveis estudadas..... 77

Quadro 19 – Análise de Variância de Regressão para as variáveis dependentes RESP e ICM.... 78

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 - Estação Experimental de Silvicultura Tropical do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (EEST/INPA).....	24
Fig. 2 – Distribuição pluviométrica mensal na região central amazônica. Média de 10 anos da EEST e média de 25 anos da Embrapa.....	26
Fig.3 – Aspecto argiloso do solo da região central amazônica.....	26
Fig.4 – Acúmulo de serapilheira na cobertura do solo da região central amazônica.....	27
Fig.5 – Aspecto da floresta tropical úmida na região central amazônica.....	28
Fig. 6 – Esquema de um bloco experimental de 1ha dividido em quadrados de 25m ²	29
Fig. 7 – Distribuição espacial das árvores nos três blocos de 1ha (B1, B2 e B3). Figuras vermelhas correspondem às árvores selecionadas; figuras verdes correspondem às demais árvores classificadas de acordo com a classe diamétrica.....	30
Fig. 8 – Distribuição espacial das árvores selecionadas para o acompanhamento do crescimento e respiração do caule (em verde) e para o corte (em vermelho) nos blocos 1 e 3 (100x100m).....	32
Fig. 9 – Bandas dendrométricas instaladas no tronco (b – banda com janela completamente expandida; a – segunda banda).....	34
Fig. 10 – Analisador de gás infravermelho instalado ao tronco durante a coleta de dados.....	37
Fig. 11 – Amostras de tecido lenhoso do tronco coletadas em 4 direções (norte, sul, leste e oeste).....	39

Fig. 12 - Espectrômetro de massa (IRMS Delta Plus, Finnigan MAT) do Lab. de Ecologia Isotópica do CENA/USP.....	40
Fig. 13 – Princípio de funcionamento do Espectrômetro de Massas.....	40
Fig. 14 – ICM de 48 árvores durante um período de 24 meses comparado à distribuição das chuvas ao longo do ano para as séries históricas da Embrapa e da ZF2.....	44
Fig. 15 – ICM de 48 árvores durante o ano de 2007 (antes da exploração) comparado à distribuição das chuvas ao longo do ano de 2007.....	45
Fig. 16 – Incremento Corrente Mensal das árvores comparado à distribuição das chuvas ao longo do ano após a exploração florestal realizada em duas intensidades de remoção da área basal.....	48
Fig. 17 – Relação entre o Fluxo de Respiração do tronco ($\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$) de 48 árvores e a precipitação mensal local.....	49
Fig. 18 – Fluxo de Respiração do tronco ($\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$) comparado à distribuição das chuvas ao longo do ano após a exploração florestal realizada em duas intensidades de remoção da área basal.....	53
Fig. 19 a e b – Razão isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ para o tecido lenhoso do lenhoso após em duas intensidades de exploração florestal (B1 e B3) comparadas ao tratamento controle (B2).....	59
Fig. 20 a e b – Razão isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ para o tecido lenhoso amostrado nas direções Norte, Sul, Leste e Oeste em duas intensidades de exploração florestal (B1 e B3) comparadas ao tratamento controle (B2).....	60
Fig. 21 – Razão isotópica do N ($\delta^{15}\text{N}$) no tecido foliar em duas intensidades de exploração	62

florestal (B1 e B3) comparados a uma área não explorada (B2).....	
Fig. 22 - Razão isotópica do N ($\delta^{13}\text{C}$) no tecido foliar em duas intensidades de exploração florestal (B1 e B3) comparados a uma área não explorada (B2).....	62
Fig. 23 - Razão isotópica do N ($\delta^{13}\text{C}$) no tecido foliar por bloco e por classe de diâmetro.....	63
Fig. 24 – Fluxos de respiração mensal do tronco ($\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$) antes da exploração florestal para os três blocos.....	67
Fig. 25 – Fluxos de respiração do tronco ($\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$) por bloco antes da exploração seletiva de madeira.....	67
Fig. 26 – Fluxos de respiração por classe diamétrica antes da exploração seletiva de madeira....	68
Fig. 27 – Fluxos de respiração mensal do tronco ($\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$) após a exploração florestal leve (B1) e pesada (B3), comparados ao bloco não explorado (B2).....	69
Fig. 28 – Fluxos de respiração do tronco ($\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$) por bloco após da exploração seletiva de madeira.....	70
Fig. 29 – Fluxos de respiração por classe diamétrica após da exploração seletiva de madeira....	71
Fig. 30 - Distribuição dos Resíduos para a relação de ICM e RESP entre si e com as demais variáveis analisadas neste estudo.....	80

Resumo

Entender melhor o funcionamento da floresta no contexto das trocas de carbono com a atmosfera e a resposta da floresta remanescente ao impacto da exploração induz ao estudo da resposta individual das árvores a diferentes intensidades de exploração florestal. Variáveis fisiológicas como a respiração do tecido lenhoso, o crescimento diamétrico e a razão isotópica podem fornecer indicativos da saúde da floresta manejada seletivamente. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da exploração seletiva de madeira no incremento corrente mensal em diâmetro (ICM), o fluxo de respiração do tronco (RESP) e razão isotópica de C ($\delta^{13}\text{C}$) e N ($\delta^{15}\text{N}$) das árvores remanescentes em uma floresta tropical úmida de terra-firme na região de Manaus/AM/Brasil. Foram alocados 3 blocos experimentais de 1 ha (duas intensidades de derrubada - leve e pesada - mais o tratamento controle), onde 16 árvores por tratamento, totalizando 48 árvores, foram selecionadas aleatoriamente de três classes de diâmetro. Para estas árvores, foram acompanhados o ICM (com o uso de bandas dendrométricas) e o RESP (com o analisador de gás infravermelho - IRGA) por 24 meses, durante 12 meses antes e 12 após a exploração. Foram coletadas amostras de tecido foliar e lenhoso de cada árvore-estudo no 12º mês após a exploração para a análise de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, com o uso de um espectômetro de massa (Delta Plus, Finnigan MAT). Na relação com a precipitação, o ICM não foi influenciado pela exploração ($r = -0.03$; e $r = -0,15$, para B1 e B3 com $p = 0,999$). O RESP foi positivamente correlacionado à maior intensidade de exploração ($r = 0.68$; $p = 0,086$). A menor intensidade de exploração aumentou em 68% a relação entre ICM e RESP. O $\delta^{13}\text{C}$ do tecido lenhoso foi positiva e significativamente correlacionado à classe diamétrica ($r = 0.592$; $p = 0.0000$), o mesmo ocorrendo para o tecido foliar ($r = 0.503$; $p = 0.01$). Houve diferenças entre os tratamentos para $\delta^{15}\text{N}$ do tecido lenhoso ($p < 0.01$), enquanto para o tecido foliar, a diferença foi verificada entre B3 e o bloco controle ($p = 0,0059$). O RESP foi significativo e dependentemente relacionado às variáveis DAP, ICM, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ ($p < 0,001$). Entretanto, ao considerar custos de análise e coleta, $\ln\text{RESP}$ dependente de $\ln\text{ICM}$ apresenta melhor esta relação ($p < 0.0000$). Os tratamentos de exploração influenciaram o comportamento da floresta manejada quando comparada à floresta não explorada com as mesmas características ambientais. Essa influência foi mais visível para as árvores com menores diâmetros, o que pode comprometer a sobrevivência das árvores jovens remanescentes. Dessa forma, para um novo ciclo de exploração, tratamentos de condução das árvores remanescentes tornam-se essenciais para a recomposição do estoque de madeira da floresta manejada.

Abstract

The better understanding of forest functioning in the context of carbon exchange with atmosphere and the responses of remaining forest at the harvesting impacts induce at the study of individual responses of trees at different intensities of forest harvest. Physiological variables like respiration of wood tissue, diameter growing and the isotopic rate can provide indicatives of health of selective managed forest. The aim of this study was to evaluate the influence of selective logging in the monthly current increment of diameter (ICM), in the respiration flux of trunk (RESP) and the carbon ($\delta^{13}\text{C}$) and nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) isotopic rate of remaining trees in a "terra-firme" forest in the Manaus Region/AM/Brazil. It was allocated 3 experimental blocks of 1 ha (two intensities of logging – light and hard – and the control treatment), where 16 trees per treatment, adding up 48 trees. It was randomly chose three class of diameter. For these trees, it was accompanied the ICM (with use of metallic dendrometers) and the PRESP (with IRGA) for 24 months, during 12 months before and after of exploitation. It was collected foliar and wood tissue samples of each one study-tree in the 12^o month after exploitation for $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ analyses, with use of mass spectrometrum (Delta Plus, Finnigan MAT). The relationship of precipitation with ICM was not influenced by logging ($r = -0.03$; and $r = -0,15$, for B1 and B3 with $p = 0,999$). The RESP was positively correlated with more logging intensity ($r = 0.68$; $p = 0,086$). The lesser logging intensity increased in 68% the relationship with ICM and RESP. The $\delta^{13}\text{C}$ of wood tissue was positively and significantly correlated with diameter class ($r = 0.592$; $p = 0.0000$), the same occurred for foliar tissue ($r = 0.503$; $p = 0.01$). It has differences between treatments of wood tissue ($p < 0.01$), while for foliar tissues, the difference was verified between B3 and the control block ($p = 0,0059$). The RESP was significantly and dependently related with DAP, ICM, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ ($p < 0,001$). However, if we consider the costs of analyze and collection, the relation $\ln\text{RESP} = f(\ln\text{ICM})$ is better ($p < 0.0000$). The logging treatments influenced the behavior of managed forest when to compare with no logging forest, with the same environmental. This influence was more perceptible for trees with lesser diameters, which can compromise the survivor of young remaining trees. Hence, for a new cycle of exploitation, treatments conduction of remaining trees become essential for the recompose the timber supply of managed forest.

Variáveis ecofisiológicas do tronco como indicadores de sustentabilidade da floresta tropical manejada seletivamente

1. INTRODUÇÃO

O equilíbrio da interação biosfera-atmosfera tem sido questionado empírica e cientificamente, não só pela academia como também pela sociedade. As alterações climáticas globais estão sendo consideradas como fato consumado, em consequência de ações antropogênicas passadas e presentes. O que não estão, totalmente, definidos são a intensidade, a duração e a direção dessas alterações. Em tempo de mudanças ambientais globais, todo o esforço para melhorar o entendimento do papel que a floresta desempenha na interação com a atmosfera é bem-vindo.

O aumento da temperatura média terrestre, que ocasiona a intensificação do aquecimento global é, entre as mudanças ambientais, o mais discutido. A temperatura é responsável pela modificação de outros fatores ambientais, como o aumento dos níveis dos mares, modificação do regime das chuvas e alteração da duração das estações climáticas. Estas modificações influenciam, intrinsecamente, os hábitos de adaptação, sobrevivência e desenvolvimento das plantas e *vice-versa*.

As causas naturais e antropogênicas têm sido utilizadas como explicações para o fenômeno das mudanças globais. O IPCC (Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas, estabelecido pelas Nações Unidas e pela Organização Meteorológica Mundial em 1988), no seu relatório sobre mudanças climáticas (IPCC, 2001), diz que a maior parte do aumento do aquecimento da Terra observado durante os últimos 50 anos se deve muito provavelmente a intensificação do efeito de estufa. O IPCC (2001) assegura que há forte evidência de que a maior causa é a atividades humanas. Isto foi reiterado pelo 4^a relatório de avaliação do IPCC de 2007, que acabou ganhando Prêmio Nobel da Paz.

O efeito estufa, que provoca o aquecimento global, é um fenômeno natural da interação biosfera-atmosfera. Isto é causado pela concentração na atmosfera dos gases chamados "estufa", principalmente o CO₂, que bloqueiam parte da irradiação do calor de volta da Terra para o espaço. Entretanto, as emissões antropogênicas

(emissões de gases produtos de combustíveis fósseis, principalmente, carvão e derivados de petróleo, de indústrias, refinarias, motores e modificações do uso do solo) têm sido consideradas como fator determinante na alteração na camada de gases de efeito estufa. Essas intensas atividades desenvolvidas a partir da revolução industrial, meados do século XIX, vêm colaborando para o aumento da concentração dos gases que participam do efeito estufa. Na questão de uso do solo, um dos fatores mais importantes é o desmatamento, que é responsável pela transferência do estoque de carbono acumulado nos ecossistemas terrestres para a atmosfera.

A preocupação em relação às mudanças climáticas globais pode ser traduzida, em números, como aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, de 280 ppmv, antes da revolução industrial, a 379 ppmv, em 2005, segundo boletim da ONU¹. Em equivalência ao carbono, o primeiro ciclo global deste elemento foi divulgado para o período de 1980-1989 e apresentou as seguintes estatísticas: 5,4 Pg² ± 0,5 emitidos via queima de combustível fóssil e 1,6 Pg ± 1,0 via uso do solo (Houghton, 1994).

No Brasil, a fonte uso do solo é mais importante do que a de combustível fóssil. Dados do inventário de emissões de gases de efeito estufa para o Brasil mostraram que dentre os setores econômicos que envolvem a emissão de gás carbônico (CO₂)³, as mudanças no uso da terra correspondem a 75,4% (ou 776.331 Gg)², em que se incluem: conversão da floresta para agropecuária, abandono de terras cultivadas, emissões diretas do solo e mudanças da biomassa florestal por outras formações lenhosas, enquanto que emissões via queima de combustíveis fósseis representam 23% do total (Comunicação Inicial do Brasil, 2004). Somente a Amazônia é responsável por 428.600 Gg CO₂ ano⁻¹, ou 59% em relação aos outros grandes biomas brasileiros.

A Amazônia é o maior bioma brasileiro detendo quase a metade das florestas tropicais úmidas do mundo. Por esta razão, este bioma é importante no equilíbrio do sistema climático do Brasil, quiçá do planeta Terra. A região responde por uma grande fração da produção primária líquida global. A floresta amazônica tem papel

¹ <http://www.agenciabrasil.gov.br> . 2006. Boletim da ONU aponta concentração recorde de gás carbônico na atmosfera em 2005.

² 1 Gg = gigagrama = 1 x 10⁹ g; 1 Tg = teragrama = 1 x 10¹² g e 1 Pg = petagrama = 1 x 10¹⁵ g.

³ 1 kg de C = 3,67 kg de CO₂

duplo, tanto na emissão de carbono para a atmosfera como no seqüestro do mesmo elemento da atmosfera. Entender o papel da floresta amazônica significa quantificar, precisamente, a dinâmica do carbono da vegetação, em condições naturais e alteradas.

No jargão de mudanças globais, as estimativas de emissões ou seqüestros são dadas em equivalência do carbono, que corresponde a, aproximadamente, 50% da biomassa seca (em estufa) da vegetação. Na ciência florestal, estas estimativas podem ser obtidas da seguinte maneira: (1) equações alométricas para estimar a biomassa fresca individual acima do solo e de raízes, (2) teores de água e carbono da vegetação para transformar biomassa fresca em carbono e (3) inventário florestal contínuo para estimar o estoque e diferenças de estoques com o passar do tempo (Higuchi *et al*, 1998).

O estoque de carbono que, regularmente, circula na natureza está fixado nas plantas, por isso, as atividades econômicas ligadas às formas de exploração dos recursos florestais estão entre aquelas com o maior potencial de fixação ou liberação deste elemento. O reflorestamento, por exemplo, é uma atividade que possibilita a fixação de carbono em maior quantidade e por mais tempo, mais do que qualquer outra atividade agrícola. O reflorestamento resulta na absorção de gás carbônico, pois a floresta em crescimento precisa do carbono presente na molécula de CO₂ para a produção de biomassa, enquanto que a retirada da vegetação seja por queimadas ou desmatamentos ou exploração de madeira para lenha e carvão, em um processo inverso, liberam gás carbônico.

Apesar da preocupação mundial com a conservação dos recursos naturais, as florestas tropicais continuam a desaparecer progressivamente. Sistemas de manejo florestal e outras atividades sustentáveis são essenciais para o controle da intervenção antropogênica na capacidade de auto-renovação das florestas e na preservação de processos ecológicos básicos como a produtividade florestal, a ciclagem de nutrientes e o ciclo hidrológico. É possível que estas alterações, resultantes da mudança na cobertura vegetal, acarretem conseqüências climáticas e ambientais em escala local e até global.

Devido à modificação da fisionomia florestal surgem problemas que podem ao longo do tempo se tornar irreversíveis. Entre as principais alterações que a floresta sofre pela exploração madeireira ainda que seja feita de forma planejada estão: modificação da estrutura da floresta, alteração nas condições físicas e químicas das

quais a floresta faz parte e mudanças no ambiente climático que vão de locais a condições mais amplas, pois interferem coletivamente no clima global. Além disso, a influência que a exploração madeireira ocasiona nos processos ecofisiológicos da floresta vai desde a um único indivíduo até ao ecossistema como um todo. De acordo com Larcher (2000), ecofisiologia vegetal é a ciência que trata dos processos e das respostas vitais das plantas em função das mudanças nos fatores ambientais. É um estudo que procura explicar a resposta dos organismos às condições do ambiente, que podem levar o organismo ao estresse, ou seja, a um desvio significativo de condições ideais de sobrevivência e adaptação do vegetal.

A floresta sob exploração seletiva de madeira sofre alterações na sua dinâmica natural de forma direta pela exploração madeireira ou de forma indireta pela influência que as alterações ao seu redor a impõem (Kapos, 1989; Skole & Tucker, 1993; Laurance *et al.*, 2006). A vegetação remanescente é obrigada a se adaptar às novas condições ambientais e a dinâmica desta floresta pode ser alterada não só pela exploração como também pelos efeitos de borda. A interferência em longo prazo das áreas convertidas como pátio de estocagem e estradas secundárias alteram as condições naturais em equilíbrio mesmo em áreas que não sofreram nenhum tipo de exploração florestal.

O impacto que essas alterações tem ocasionado nos ciclos biogeoquímicos em escalas local, regional e global ainda não foi, definitivamente, avaliado. Há uma série de fatores que são influenciados pela alteração na cobertura florestal como, por exemplo, o comportamento ecofisiológico das árvores remanescentes à exploração ou desmatamento e as condições ambientais que estarão influenciando esse comportamento.

Teixeira (2003), observando os fluxos de respiração do tronco em três diferentes níveis de exploração e uma área controle, não observou diferenças significativas entre eles. Isto confirma os efeitos de bordadura e indica que a floresta não perturbada sofre influências no seu equilíbrio natural ainda que sejam causadas por alterações, não apenas no seu interior, mas próximas a ela. A pergunta remanescente deste estudo foi: a resposta da floresta era natural ou era um artefato relacionado com o efeito da bordadura? O projeto estudado por Teixeira (2003) manteve uma bordadura de 100 m entre uma parcela permanente e outra. Segundo Kapos (1989), os efeitos ecofisiológicos da bordadura variam de 40 a 60 m em direção

ao centro do fragmento florestal. Essas informações são evidentes sinais que mostram a reação da floresta à perturbação causada pela exploração madeireira e podem ainda, em conjunto a outras informações, se tornar indicadores para a escolha e definição de uma metodologia eficiente para que o manejo florestal possa se tornar efetivamente sustentável.

Levando-se em consideração que a exploração florestal altera as condições de equilíbrio da floresta natural, torna-se, portanto, necessário compreender o comportamento ecofisiológico da floresta em dois momentos: antes e após a exploração florestal. A exploração pode influenciar a abertura estomática, a eficiência do uso da água e mudanças no nível enzimático das plantas. A composição isotópica, das árvores vizinhas à explorada, também pode ser um indicativo destas variações.

Este estudo foi a continuação de Teixeira (2003) em uma área mais isolada da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA. Três quadrados de 100 x 100 m serão distribuídos, aleatoriamente, em florestas primárias a 500 m, no mínimo, da vicinal ZF-2. Cada quadrado será subdividido em 16 parcelas de 25 x 25 m cada e, em algumas delas, 4-5 árvores localizadas no centro do quadrado com DAP \geq 50 cm serão exploradas. As medições de respiração do tronco e do crescimento foram realizadas mensalmente durante 24 meses, 12 antes e 12 meses depois da exploração.

Foram correlacionadas taxas de respiração, incremento corrente mensal do diâmetro e a composição isotópica do C e N do tecido lenhoso e foliar. Além disso, foram testados os efeitos da exploração sobre as taxas de respiração e as composições isotópicas, antes e depois da exploração; neste caso, foi utilizada a análise de variância para medições repetidas (Miliken e Johnson, 1984; Gurevitch e Chester Jr., 1986; Potvin *et al.*, 1990 e von Ende 1993). Juntas, estas informações serão utilizadas para validar e calibrar as medições realizadas na área do projeto BIONTE⁴ e, posteriormente, como indicadores de sustentabilidade do manejo florestal.

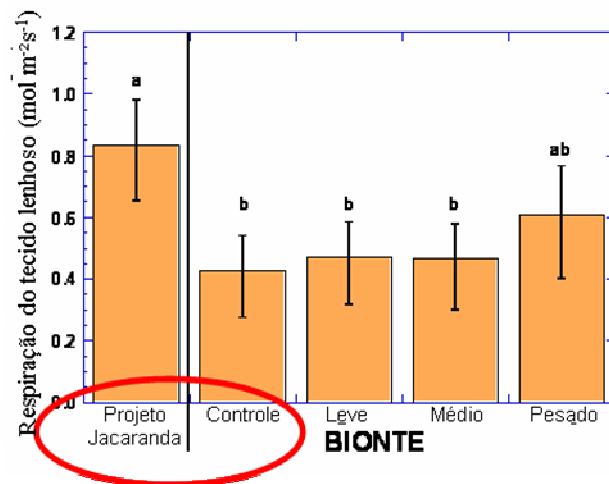
Para verificar possíveis modificações no comportamento ecofisiológico arbóreo, este estudo teve os seguintes objetivos: (i) acompanhar e avaliar o incremento diamétrico mensal, (ii) monitorar os fluxos de respiração do tronco mensalmente, (iii) monitorar a composição isotópica de indivíduos arbóreos

⁴ BIONTE - Biomassa e nutrientes florestais, 1997. *Relatório final*. INPA e DFID. 344p. Projeto desenvolvido para estudar as respostas ecológicas das floresta manejada em diferentes intensidade de exploração florestal.

selecionados de três classes diamétricas e (iv) verificar possíveis alterações desses fatores após uma forte e uma moderada intervenção florestal. Este trabalho foi executado em três blocos de 1 hectare cada, distribuídos, aleatoriamente, em uma floresta natural de terra firme da estação experimental ZF-2 do INPA.

2. JUSTIFICATIVA

No estudo da avaliação dos fluxos de respiração de CO₂ emitido pelo tronco em um experimento de exploração florestal com três intensidades diferentes de corte (Projeto BIONTE) foi verificado que as árvores da parcela-controle apresentaram comportamento semelhante às das parcelas de baixa e média intensidade de corte. A distância entre as parcelas foi de 100m seguindo as orientações sobre bordadura de experimentos ecológicos na Amazônia. A figura abaixo sumariza estes resultados. Quando a comparação foi realizada com uma área totalmente isolada – Jacaranda - as diferenças ficaram mais nítidas.



Esse resultado sugere que a floresta não perturbada é bastante susceptível às alterações impostas ao seu redor. No caso das parcelas-controle do BIONTE, os 100m de bordadura não foram suficientes para isolá-las a ponto de impedir a influência do corte seletivo em parcelas vizinhas. Neste caso específico ficou claro que a floresta, em condições naturais, pode sofrer influência no seu equilíbrio respiratório mesmo quando as alterações sejam apenas próximas a ela.

Essa constatação prévia remete as perguntas: (i) A resposta da floresta do BIONTE foi natural? (ii) A bordadura de 100m é suficiente para distinguir os efeitos dos diferentes tratamentos, do ponto de vista de respiração do tronco? (iii) Os tratamentos silviculturais pós-exploratórios são dispensáveis? (iv) A respiração do tronco é um indicador confiável de sustentabilidade para o manejo florestal?

Essas perguntas mostram a importância de monitorar a floresta explorada quanto ao comportamento ecofisiológico. Monitoramento baseado na respiração do

tronco pode distinguir espécies que apresentam melhores respostas a determinados tratamentos silviculturais. Há necessidade de distinguir a elasticidade das espécies; em espécies inelásticas (de rápido ou lento incremento), por exemplo, alguns tratamentos silviculturais podem significar mais impacto, mais custos e nenhum efeito. O comportamento ecofisiológico da floresta manejada pode contribuir para melhor entender o comportamento da floresta manejada fornecendo sinais da sua resposta aos tratamentos silviculturais. Este entendimento é fundamental para avaliar a sustentabilidade floresta manejada.

A respiração do tecido lenhoso (R_a) é funcionalmente dividida em respiração de construção (R_c) - usado na síntese de novos compostos estruturais da matéria seca e sua composição química e respiração de manutenção (R_m) - usada para manutenção e reparos em estruturas celulares e tecidos vegetais. Esta inclui a respiração de perda (R_p), onde C é reutilizado por caminhos metabólicos alternativos de respiração, liberando para a atmosfera o excesso do C acumulado via fotossíntese (Thornley & Cannell, 2000).

Em condição de equilíbrio, a floresta tenderá a desperdiçar o carbono da R_p , utilizando somente o necessário para a sua manutenção e o crescimento, de acordo com as taxas naturais de incremento influenciadas pelas condições ambientais locais. Em consequência, o C que estaria disponível para otimizar o aumento da sua biomassa, devido à perda para a atmosfera desse C, não será eficiente utilizado.

Entretanto, ao sair da condição de equilíbrio para uma condição que poderá ser otimizada pela aplicação de técnicas que favoreçam o desenvolvimento das espécies arbóreas, como, por exemplo, a aplicação de tratamentos silviculturais, o vegetal será estimulado a utilizar esse recurso ora desperdiçado e, dessa forma, passará a utilizar esse C para a construção de novos tecidos, ou seja, crescimento em diâmetro, aumento do sistema radicular e foliar.

Sabendo-se que a ecofisiologia vegetal trata dos processos e respostas vitais das plantas a mudanças nos fatores ambientais, ou seja, a um desvio significativo de condições ideais de sobrevivência e adaptação do vegetal (Lacher, 2001), torna-se fundamental relacionar e compreender os processos fisiológicos vegetais aos fatores ecológico-ambientais das árvores remanescentes de um povoamento florestal explorado.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Superior

Contribuir para os mecanismos de avaliação da sustentabilidade da floresta manejada seletivamente por meio de indicadores ecofisiológicos.

3.2. Objetivo Geral (do projeto)

Avaliar a influência da exploração seletiva de madeira em floresta de terra firme no incremento diamétrico, respiração do tronco e concentração isotópica arbórea.

3.3. Objetivos Específicos

- Comparar o incremento em diâmetro antes e após a exploração seletiva de madeira em dois diferentes níveis de redução da densidade arbórea;
- Comparar o incremento em diâmetro do caule entre os diferentes níveis de redução da densidade arbórea;
- Comparar os fluxos de respiração do caule antes e após a exploração seletiva de madeira;
- Comparar os fluxos de respiração do caule entre os diferentes níveis de redução da densidade arbórea;
- Verificar a relação entre incremento anual e fluxos de respiração antes e após a exploração seletiva de madeira;
- Verificar a relação entre incremento anual e fluxos de respiração em cada intensidade de exploração seletiva de madeira;
- Comparar a composição dos isótopos de carbono respirado do tronco das árvores antes e após a exploração seletiva de madeira.

- Verificar possíveis alterações na composição de isótopos de nitrogênio foliar nas árvores após a exploração seletiva de madeira.

HIPÓTESES

Para responder aos objetivos específicos, serão testadas as seguintes hipóteses:

1. Variações do incremento diamétrico e dos fluxos de respiração do caule seguem um padrão sazonal e são influenciadas por alterações na estrutura da floresta;
2. Existe relação entre a composição isotópica do carbono respirado e a composição isotópica do nitrogênio foliar;
3. A respiração de crescimento está relacionada a fatores que compõem o micro-clima da floresta;
4. As taxas de incremento em diâmetro do caule estão relacionadas a fatores que compõem o micro-clima da floresta;
5. A taxa de incremento diamétrico mensal são influenciadas pela intensidade de intervenção florestal.
6. A eficiência do uso do carbono pelas árvores é mais intensa após a redução do número de indivíduos arbóreos;
7. Não há diferença entre os fluxos mensais de respiração do caule das árvores ao longo do ano após a redução da densidade arbórea;
8. Não existe diferença na composição dos isótopos de carbono respirado do tronco após a redução da densidade arbórea;
9. Não existe diferença na composição dos isótopos de nitrogênio foliar das árvores após a redução da densidade arbórea;
10. Fatores que compõem o micro-clima florestal não sofrem alterações significativas após uma intervenção florestal.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. Ciclo do Carbono e a floresta tropical

A participação das florestas tropicais no ciclo de carbono global durante os últimos 20 anos tem sido debatida com variadas estimativas sobre sua contribuição para o aumento ou diminuição do CO₂ atmosférico. Esse debate tem se tornado intenso devido ao fato de que o aumento da concentração do CO₂ atmosférico tem se agravado ao longo dos séculos. Desde a revolução industrial até aos dias atuais, a concentração de CO₂ atmosférico tem aumentado de 280 ppmv (volume em parte por milhão) a 377.4 ppmv (Keeling & Whorf, 2005). Segundo o boletim da ONU¹, em 2005, a concentração atingiu 379,1 ppmv.

Estimativas indicam que o uso da terra no mundo contribui com $1,6 \pm 1,0$ Gt C ano⁻¹ dos $7,1 \pm 1,1$ Gt C ano⁻¹, de carbono emitido anualmente (Houghton *et al.*, 1996). A principal causa das emissões devido ao uso do solo tem sido atribuída aos desflorestamentos nas zonas tropicais, sendo que a Ásia e a América Latina contribuem juntas com 80% do fluxo total de carbono (Houghton, 1997). Dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/PRODES (www.inpe.gov.br) mostram que houve uma intensificação do desflorestamento na Amazônia em 1995 (29.059 km²) que se repetiu dez anos mais tarde, por volta de 2004 (27.772 km²). Em 2009, a taxa anual do desflorestamento na Amazônia foi de 7.464 km², mostrando uma redução bem expressiva (~ 70% em relação a 2004) da perda da cobertura florestal amazônica, sobretudo nos estados do Mato Grosso e Pará, onde ocorre a maior parte do desmatamento na Amazônia.

Lima *et al.* (2005), em um levantamento sobre a situação da indústria madeireira no estado do Amazonas, observaram a partir de entrevistas com as principais madeireiras do Estado que o aproveitamento médio das toras em serrarias é de 27% e nas fábricas de compensado e laminado é de 50%. O restante para todos os casos (73% e 50%) é resíduo e, na maioria das vezes, queimado a céu aberto, o que indica que mais da metade do carbono estocado na vegetação é liberado para a atmosfera. Além disso, estudos mostram que a emissão de metano, importante gás para o efeito estufa, também é emitido naturalmente em grandes quantidades pelas plantas, chegando a até 236 Tg ano⁻¹ (52% originados somente

de florestas tropicais), ou seja, cerca de 30% de todo o metano emitido para a atmosfera (Keppler *et al.*, 2006).

Houghton *et al.* (2000) sugeriram que a fonte primária do fluxo de carbono para a atmosfera é a decomposição e queima da serapilheira grossa (galhos e troncos com DAP ≥ 10 cm) e as várias formas de uso da terra. O mesmo autor afirma, em uma análise sobre o fluxo de carbono na Amazônia brasileira, que fontes de carbono como os desmatamentos são mais ou menos compensadas pelas florestas não perturbadas e pela vegetação secundária, que funcionam como sumidouros de carbono, que foi confirmado por Higuchi *et al.* (2004)

Muitos estudos sobre trocas de CO₂ da floresta tropical com a atmosfera têm utilizado as técnicas micrometeorológicas de eddy covariance (monitoramento de fluxos verticais), que utilizam câmaras estáticas instaladas em torres localizadas no interior da floresta. Grace (2004) afirma que esta técnica é uma alternativa para se determinar se ecossistemas em pequena escala podem ser considerados fontes ou sumidouros de carbono. Alguns trabalhos mostraram que na Amazônia, em algumas áreas consideradas maduras ou em equilíbrio, estão comportando-se como sumidouros de carbono. Por exemplo, Malhi *et al.* (1998), utilizando a técnica de eddy covariance, observaram que durante o período de um ano (1995 a 1996), 5.9 t C ha⁻¹ foram absorvidos pela floresta de Rondônia. Outros resultados similares também são apresentados por Grace *et al.* (1995) e Andreae *et al.* (2002).

Contudo, a eficiência das medidas de eddy covariance tem sido muito questionada, pois apresentam variações temporal e espacial, havendo, ainda, a possibilidade de que o CO₂ respirado à noite seja negligenciado. Parcelas permanentes, portanto, tornam-se uma alternativa potencial, uma vez que permitem o monitoramento direto dos estoques de C acima do solo e estimar possíveis mudanças destes estoques a longo prazo. Do ponto de vista do Protocolo de Quioto, o método de eddy covariance não são considerados válidos para estimar as mudanças em estoques de carbono da floresta.

Phillips *et al.* (1998) afirmam que, por meio de dados de inventários florestais em parcelas permanentes, é possível determinar que grande parte do fluxo do carbono na atmosfera poderia ser balanceada pelas florestas primárias, que têm sido sumidouros naturais de carbono. Neste estudo foram envolvidas 478 parcelas permanentes de 1 hectare cada, instaladas a partir de 1958, em 50 sítios diferentes em regiões tropicais. A conclusão deste trabalho foi que as florestas neotropicais

acumularam, em mais de duas décadas, o equivalente a $0,52 \pm 0,30$ Gt C; na Amazônia, o incremento foi de $0,62 \pm 0,30$ t C ha⁻¹ ano⁻¹. Especificamente, para a região de Manaus, o incremento periódico anual (1986-2000) foi de 1,2 t C ha⁻¹ ano⁻¹ em floresta primária (Higuchi *et al.*, 2004).

Lewis *et al.* (2004) apresentam a dinâmica da floresta em diversos pontos de amostragem de floresta tropical na América do Sul, utilizando 50 parcelas permanentes maiores ou iguais a 0,25 ha, com pelo menos duas medições consecutivas com intervalo de no mínimo dois anos. De acordo com esses autores, a partir de informações como a entrada (recrutamento), permanência (incremento em diâmetro) e saída (mortalidade) do componente arbóreo do sistema, é possível fazer uma análise da floresta para inferir sobre a sua condição como fonte ou sumidouro de carbono.

Phillips *et al.* (2004) também observaram que nos dois últimos séculos, a biomassa arbórea e a densidade de lianas têm aumentado consideravelmente. Eles observaram que a taxa de recrutamento das árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) maiores ou iguais a 10 cm tem aumentado consideravelmente sobretudo nas regiões da Amazônia onde o solo é mais rico do que onde o solo é considerado pobre, como por exemplo na região ocidental. Além disso, a taxa de recrutamento tem excedido consistentemente à taxa de mortalidade.

A partir desses levantamentos seria possível afirmar que a floresta pantropical tem funcionado ainda hoje com sumidouro natural de carbono convertendo-o em biomassa arbórea, ainda que uma fração retorne à atmosfera pela saída de árvores do sistema pela mortalidade. Entretanto, a incerteza sobre os valores dos fluxos de CO₂ dos trópicos está no resultado de estimativas inadequadas das taxas de diferentes transições do uso da terra, da biomassa que é removida, das taxas de regeneração da vegetação e da biomassa restabelecida do subsequente sistema de uso da terra.

4.2. Produção de biomassa e crescimento arbóreo

Para as florestas primárias, ainda não existem informações suficientes para explicar como as árvores crescem, seja em áreas não perturbadas ou em áreas degradadas ou ainda em áreas sujeitas a manejo florestal. Por isso, um dos

pontos importantes a serem considerados para as florestas primárias é a definição e quantificação adequada da produção de biomassa e dos fatores que influenciam diretamente este acúmulo e conseqüentemente o crescimento e desenvolvimento das árvores.

Dentre os temas abordados na avaliação da produção de biomassa está a dinâmica da floresta, que envolve os processos de entrada ou recrutamento de novos indivíduos arbóreos com diâmetro mínimo que normalmente é estabelecido para o estudo das florestas em 10 cm. A dinâmica pode ser avaliada pelas mudanças de classes diamétricas ao longo do tempo e desta forma avaliar o acúmulo de biomassa ao longo do tempo. Da mesma maneira, as perdas desse sistema florestal são igualmente importantes no entendimento da dinâmica da floresta. As perdas estão relacionadas com a mortalidade (árvores caídas ou em pé), danos ocasionados pela exploração, trocas fenológicas, entre outros, que ocasionam a saída/perda de biomassa do sistema florestal.

O estudo sobre a dinâmica da floresta amazônica manejada ainda não está concluído e as perturbações ocasionadas pela exploração madeireira ainda não estão quantificadas e definidas quanto à qualidade das mesmas. Para Rocha (2001), os aspectos que mais influenciam e dificultam a busca dessas respostas são: a idade de espécies tropicais (de difícil obtenção), alta diversidade e heterogeneidade das espécies florestais e altas taxas de decomposição. Chambers et al. (1998) encontrou uma tora no pátio de uma serraria de Manaus com idade de 1480 anos \pm 80, logo, a floresta na região foi formada há pelo menos 1500 anos.

A dinâmica sucessional na floresta como um todo, pode ser representada por um processo contínuo de abertura-recobrimento-fechamento-abertura de clareiras, que se inicia com uma abertura provocada pela morte de uma ou mais árvores. As causas mais comuns da morte de árvores em florestas tropicais são: idade, estado fitossanitário, estresse hídrico e vento. Em períodos de secas prolongadas (ex. em anos que ocorre o fenômeno El Niño), a mortalidade tende a aumentar, porém a maioria das árvores permanece em pé e se decompõem com o passar do tempo. Em períodos de fortes chuvas, quando ocorre o fenômeno La Niña, as árvores mais frágeis são derrubadas por ação do vento, mas em geral, outras árvores, mesmo saudáveis, são derrubadas pelo “efeito dominó” ocasionado pela queda de uma árvore de grande porte (Rocha *et al.*, 2003).

O resultado desse processo é um povoamento florestal, em que as taxas de ingresso, crescimento e mortalidade alcançam níveis de estabilidade dentro dos limites imposto pelo meio ambiente. Entretanto, tais limites são dependentes da intensidade com que a floresta sofre essas alterações. Por outro lado, as modificações ambientais são os principais fatores que definirão o re-estabelecimento das árvores remanescentes bem como o estabelecimento dos indivíduos que passarão a ingressar no sistema.

Os estudos de crescimento de povoamento florestal baseiam-se em modelos clássicos de produção florestal, os quais foram desenvolvidos para florestas temperadas. De acordo com Alder (1995), em florestas tropicais, o incremento diamétrico pode ser prognosticado com base no diâmetro da árvore ou área basal, nível de competição e variáveis de sítios. Outras variáveis de importância relativa como a idade e o índice de sítio não são fáceis de serem mensuradas em florestas tropicais o que as torna um fator limitante na construção de modelos de interesse para o manejo florestal.

O acúmulo de biomassa em uma árvore pode ser observado pelo incremento em diâmetro do caule. Em um povoamento florestal este incremento pode determinar a quantidade de carbono que é absorvido pela floresta para ser incorporado à matéria orgânica vegetal ou liberado pela decomposição de resíduos provenientes da exploração, e será influenciado pela intensidade de exploração e pela vegetação remanescente.

4.2.1. Biomassa arbórea

A biomassa da vegetação ou fitomassa é um fator crítico na avaliação do papel das florestas tropicais no aumento da concentração do CO₂ na atmosfera. Quanto maior a quantidade de biomassa, maior será a emissão de gases do efeito estufa a partir do desmatamento. Contudo, do ponto de vista da região amazônica como um todo, as estimativas de biomassa ainda são insuficientes e concentradas em poucos sítios representativos.

As estimativas de biomassa, atualmente disponíveis na literatura, para os diversos tipos florestais da Amazônia, são encontradas a partir de métodos diretos e indiretos. O consenso existente é de que é impossível a determinação da biomassa

de cada árvore, utilizando-se o método direto em todas as situações. Por esta razão, os recursos da análise de regressão para o desenvolvimento de modelos estatísticos para estimar a biomassa de árvores em pé, a partir de dados de inventários florestais fazendo a relação de parâmetros como o volume da madeira, o DAP, altura comercial do tronco, diâmetro da copa, altura total das árvores etc., devem ser empregados para superar este problema.

Estimar a biomassa individual da árvore é o primeiro passo para estimar o estoque de carbono da vegetação. Segundo Silva (2007), as árvores com DAP ≥ 5 cm contribuem com 95% da biomassa viva acima do solo. Com a estimativa da biomassa será possível também estimar os estoques de macro e micronutrientes da vegetação. O inventário florestal contínuo permite quantificar os estoques de carbono e as diferenças de estoques com o passar do tempo. Esta informação é uma importante opção para a avaliação da produção primária líquida da floresta (Teixeira, 2003).

Em condições naturais e dependendo do estágio sucessional, a floresta primária pode funcionar como seqüestradora de carbono da atmosfera. Contudo, os inventários para estimar os estoques de biomassa realizados para a Amazônia ainda são poucos, mal distribuídos e sem a especificação das incertezas associadas às estimativas.

Essas informações são necessárias para uma correta avaliação da contribuição dos projetos de desenvolvimento da região, no processo de mudanças climáticas globais, principalmente, para os fatores que influenciam a temperatura e a precipitação, no âmbito da Convenção do Clima e seus desdobramentos. O principal alvo é a quantidade de gases que intensificam o efeito estufa (especialmente CO e CO₂), emitidos por meio das diferentes formas de uso do solo amazônico (Fearnside *et al.*, 1993; Higuchi & Carvalho Jr., 1994; Skole *et al.*, 1994; Foster Brown *et al.*, 1995; Schroeder & Winjum, 1995 e Fearnside, 1996).

Salomão *et al.* (1996) citam dois modelos estatísticos utilizados na Amazônia; um proposto por Sandra Brown e colaboradores e, outro, proposto por Christopher Uhl e colaboradores. Além desses modelos, existem também os de Overman *et al.* (1994), para a floresta amazônica colombiana e de Higuchi *et al.* (1998), para a região de Manaus, que foi validado por Araújo *et al.* (1999), na região de Tomé-Açu (PA).

Portanto, a questão da biomassa acima do nível do solo já tem sido definida com os modelos estatísticos existentes, que são bastante consistentes e precisos para estimar a biomassa individual de espécies florestais da Amazônia. Para a Amazônia Central, as concentrações de água e de carbono na árvore e em seus vários compartimentos (tronco, galho grosso, galho fino, folha e flor/fruto) também estão disponíveis (Higuchi & Carvalho Jr., 1994). As raízes finas ($\theta < 2$ mm) também já têm metodologias definidas e estimativas para diferentes pontos da Amazônia (Guimarães & Mello-Ivo, 1997). A tese de Silva (2007) envolve a alometria da biomassa de raízes grossas ($\theta > 2$ mm).

As informações sobre as concentrações de água e carbono permitem estimar o peso da fitomassa seca e o estoque de carbono de árvores individuais e do povoamento florestal. Estimar a biomassa individual de espécies florestais é importante porque auxilia a determinação da biomassa utilizada como estoque de carbono. Isto se dá pelo fato de que a biomassa está relacionada com os estoques de macro e micronutrientes da vegetação. A avaliação da produção primária líquida está relacionada a incrementos de produção em diâmetro, área basal e volume, mas a quantidade de CO₂ fixada pelas plantas por unidade de tempo é uma das melhores formas de medida ecofisiológica de produtividade primária; ela é a importação de CO₂ para todos os processos biológicos (Teixeira, 2003).

4.2.2. Fatores ambientais que influenciam o ecossistema florestal

A floresta em condições naturais apresenta um estado de equilíbrio e estabilidade que é alterado quando ocorre, por exemplo, uma exploração florestal. Neste caso algumas árvores são retiradas, ocasionando conseqüentemente abertura do dossel e alterações das condições edafo-climáticas. As principais alterações são: maior disponibilidade de luz, aumento da temperatura no interior da floresta e no solo, alteração do teor de água do ar e do solo e aumento da radiação solar que chega até a superfície do solo.

Além disso, fatores externos como a duração, a intensidade e a distribuição espectral da radiação, forças impostas pelo vento, nebulosidade e padrão de distribuição da precipitação afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Isto acontece pela indução da iniciação ou encerramento do processo de

desenvolvimento (regulação temporal) e afetando a velocidade a extensão do crescimento (Lacher, 2000).

O ambiente florestal está intrinsecamente relacionado aos fatores ambientais. Os principais são: disponibilidade hídrica no solo, umidade do ar, temperatura do solo e do ar, recurso nutricional disponível no solo e a densidade populacional. A densidade populacional, por sua vez, influencia a competição por nutrientes e espaço, independente do bioma do qual faz parte. As condições ambientais, enfim, controlam os fluxos de água, CO₂ e portanto, a produtividade da floresta (Magolis & Ryan, 1997; Law & Ryan, 1999; Ryan, 2000).

Tribuzy (2005), por exemplo, verificou que variações na temperatura foliar (T_f) ocasionaram mudanças no padrão de resposta da taxa assimilatória de CO₂ e a T_f está diretamente relacionada a variações da radiação fotossinteticamente ativa e da umidade relativa do ar. Magolis & Ryan (1997) observaram que em florestas boreais após o processo de raleamento, a floresta responde de forma positiva e rápida, devido à maior produção de raízes finas e à maior eficiência do uso do carbono e de atividades fisiológicas, em função das interações atmosfera-ecossistema. Na área de estudo, Teixeira (2003) observou que os fluxos de respiração do tecido lenhoso variaram de acordo com a intensidade de exploração da floresta, mostrando que perturbações ocasionadas ainda que no entorno da floresta, como por exemplo, estradas ou pátios de estocagem podem influenciar o seu equilíbrio ecofisiológico, ainda que seja considerada distância mínima para inibir o chamado “efeito de borda”.

O metabolismo e as mudanças fenológicas da floresta amazônica podem estar diretamente relacionados ao clima e aos ciclos do carbono e da água, de acordo com Huete *et al.* (2006). Estes autores observaram que durante a estação seca, a floresta aumentou em 25% a capacidade fotossintética do dossel, devido a maiores taxas de radiação solar.

A sobrevivência de um vegetal depende de fatores que influenciam seu crescimento e desenvolvimento, desde a germinação da semente até o seu estabelecimento como vegetal jovem que alcança um estágio que garante a sua permanência no ecossistema. Os fatores externos influenciam ainda os fatores internos, uma vez que a disponibilidade dos recursos físicos do ambiente pode alterar a fisiologia do desenvolvimento vegetal. De qualquer forma, esses fatores, quer sejam internos ou externos, devem estar em equilíbrio com as necessidades e a capacidade de absorção de cada vegetal.

4.3. Respiração do Ecossistema Florestal

A respiração é um processo fisiológico que responde diretamente às variações do ambiente como, por exemplo, à concentração de CO₂, à temperatura, à precipitação e à disponibilidade hídrica e nutricional do solo. A fotossíntese fornece o substrato que garante o fornecimento do produto necessário para a disponibilidade da energia armazenada nos compostos de carbono que será utilizada para as atividades vitais da planta. Alguns estudos têm mostrado que 50% do carbono fixado via fotossíntese é respirado pelas plantas, sendo o restante disponibilizado para o crescimento, produção de tecidos, estruturas reprodutivas e de propagação (Prentice *et al.*, 2001; Lloyd & Farquhar, 1996; Ryan *et al.*, 1994).

A respiração do ecossistema é formada de componentes que estão acima e abaixo do solo. No caso das florestas, os componentes acima do solo são principalmente as folhas e os tecidos lenhosos, entre os quais fazem parte o tronco, galhos grossos e finos e a serapilheira grossa. No solo, os principais componentes são as raízes e os organismos heterótrofos.

A respiração do tecido lenhoso (Ra) pode ser funcionalmente dividida em dois componentes funcionais que são influenciados pelo ambiente e pelos processos respiratórios (Lambers, 1985; Amthor, 1989). A respiração de construção (Rc) é o componente usado na síntese de novos compostos estruturais da matéria seca e sua composição química. A Rc varia principalmente com o crescimento vegetal (Ryan, 1990; Ryan, 1991; Sprugel, 1990; Thornley & Cannell, 2000). A respiração de manutenção (Rm), por sua vez, é usada para manutenção celular a partir de íons de gradientes entre e dentro das células, substituição de enzimas e reparos em tecidos vegetais existentes ou membranas celulares. A Rm tem outras funções e varia com o ambiente e com o conteúdo enzimático nos tecidos (Lavigne, 1988; Ryan, 1990; Sprugel, 1990; Ryan *et al.*, 1994; Thornley & Cannell, 2000).

A Rm é comumente descrita incluindo a respiração de perda (Rp), a qual engloba processos ainda não claramente definidos ou explicados. A Rm calculada inclui a Rp, e pode por isso ser mais bem definida como respiração residual ($R_r = R_m + R_p$) (Teixeira, 2003). Na Rr, o C é reutilizado ou reciclado a partir de ciclos inúteis ou por caminhos metabólicos alternativos de respiração, liberando para a atmosfera o excesso do C acumulado via fotossíntese (Thornley & Cannell, 2000).

Em condição de equilíbrio, a floresta tenderá a desperdiçar o carbono da R_p e, conseqüentemente, esse C disponível para o aumento da sua biomassa não será eficientemente utilizado, devido à perda para a atmosfera. Entretanto, ao sair da condição de equilíbrio para uma condição que poderá ser otimizada pela aplicação de técnicas que favoreçam o desenvolvimento das espécies arbóreas, como, por exemplo, a aplicação de tratamentos silviculturais, o vegetal será estimulado a utilizar esse recurso ora desperdiçado e, dessa forma, passará a utilizar esse C para a construção de novos tecidos, ou seja, crescimento em diâmetro, aumento do sistema radicular e foliar.

A temperatura do ambiente está diretamente relacionada às taxas de emissão de CO_2 . Quando o componente solo é considerado no processo, o efluxo de CO_2 para atmosfera é muito maior. Nas florestas boreais, por exemplo, aproximadamente 75% da produção primária bruta (PPB) retornam à atmosfera por meio do solo, enquanto que 5% da PPB vêm dos tecidos lenhosos (caules e galhos grossos) e 15% das folhas (Goulden *et al.*, 1996; Ryan *et al.* 1997; Lavigne *et al.*, 1997; Margolis & Ryan, 1997; Law & Ryan, 1999). Tribuzy (2005) concluiu que a respiração contribui para que o balanço de carbono foliar seja menor com o aumento da T_f , pois a respiração está positivamente relacionada com T_f .

Nas florestas tropicais, dados sobre o efluxo de CO_2 do solo em diversos ambientes (florestas perenes, semidecíduas ou mesmo plantações de Eucaliptus) apontam para variações de 25 a 60% da PPB enquanto que o efluxo de CO_2 dos tecidos lenhosos pode variar de 11 a 14% (Giardina *et al.*, 2003; Saleska *et al.* 2003; Schwendenmann *et al.*, 2003; Chambers *et al.*, 2004).

4.4. Isótopos em tecidos arbóreos

Cada elemento químico se caracteriza por apresentar um número específico de partículas prótons no seu núcleo, ou número atômico representado pela letra Z. Como o núcleo de um átomo é formado não apenas de prótons, mas também de nêutrons, os átomos de um mesmo elemento químico podem ter diferentes massas atômicas (A), porque o número de nêutrons dentro do seu núcleo pode variar. Aos átomos que fazem parte do mesmo elemento químico, mas que possuem diferente massa atômica, é dado o nome de isótopos.

Os isótopos mais estudados são H (o primeiro a ser estudado), N, C, O e S. O fracionamento isotópico permite quantificar o número de isótopos de cada elemento químico, que normalmente são mais pesados. Por exemplo, todo ser vivo é composto de moléculas cuja maior parte delas possui na sua composição o elemento C, proveniente da atmosfera. A maior parte das moléculas de CO₂ é formada com massa igual 44 (C=12+O=16*2), mas uma fração do CO₂ da atmosfera possui massa igual a 45 (C=13+O=16*2) sendo, portanto, uma molécula mais pesada. O C desta molécula formada possui em sua maior parte ¹²C e em menor quantidade ¹³C (chamados de isótopos estáveis) e ¹⁴C (radioativo).

A razão isotópica entre ¹³C e ¹²C é registrada em parte por mil (‰) tendo por referência um padrão, que no caso do C é o PDB (PeeDee Belemnite), um fóssil marinho (*Belemnitella americana*), encontrado na Carolina do Sul, EUA (Larcher, 2000):

$$\delta^{13}\text{C} = \left(\frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{amostra}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{padrão}}} - 1 \right) * 1000$$

A composição isotópica de um elemento é indicada pela letra delta (δ) minúscula. De acordo com Larcher (2000), a concentração de ¹³CO₂ em relação ¹²CO₂, na atmosfera é de, aproximadamente, 1,1%. A discriminação isotópica é o fracionamento isotópico entre um substrato e o produto. Por causa da razão entre a amostra e o padrão e devido à discriminação isotópica, os valores da composição isotópica serão sempre negativos (Ometto *et al.*, 2003).

Existem mecanismos moleculares ainda não claramente definidos que fazem com que algumas enzimas sejam capazes de discriminar negativamente as moléculas de CO₂ mais pesadas, preferindo as moléculas de peso normal. Os principais passos da discriminação isotópica na incorporação biológica de carbono são a captação e a difusão intracelular de CO₂ e a fixação fotossintética do CO₂. Isso ocorre não apenas com carbono, mas com o oxigênio, o nitrogênio e o enxofre.

Entretanto, estudos mostram que plantas cujo primeiro produto da fixação de CO₂ possui 3 átomos de carbono (plantas do grupo C3) têm valores menores que as plantas cujo primeiro produto é o ácido dicarboxílico, com 4 átomos de C (plantas do grupo C4). Plantas C3, que correspondem à maior parte das espécies vegetais e domina os ecossistemas terrestres, fixam o CO₂ com a enzima Rubisco (ribulose 1,5 bifosfato-carboxilase-oxigenase) (Larcher, 2000; Marengo & Lopes, 2005).

A Rubisco favorece mais fortemente o ^{12}C , discriminando o ^{13}C (-28‰ e -9‰, respectivamente) do que as enzimas que fixam o CO_2 das plantas C4, que são as PEP-carboxilase (ac. fosfoenolpirúvico-carboxilase). A maioria das plantas C3 tem valores $\delta^{13}\text{C}$ entre -23 e -36‰, média de -27‰, enquanto as plantas C4 têm valores $\delta^{13}\text{C}$ maiores, entre -10 e -18‰, média de -13‰) (Martinelli *et al.*, 1991).

Com relação ao nitrogênio, existem dois isótopos estáveis, o ^{14}N e o ^{15}N . No ambiente atmosférico, a abundância natural desses isótopos é de 99,63% para ^{14}N e 0,37% para ^{15}N , estão suas fontes naturais variando entre -20 e +20‰. Tal como acontece com os isótopos de C, as reações que promovem a fixação do N tendem a discriminar o isótopo de N mais pesado (^{15}N), como por exemplo, pelo processo de assimilação do NH_4 ou do NO_3^- (Dawson *et al.*, 2002). A determinação dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ nos componentes que formam o ecossistema, como no caso de solos e plantas, contribui para a avaliação da dinâmica do ciclo do nitrogênio nos diferentes biomas (Nardoto, 2005). Em florestas tropicais, o N do solo e das árvores que utilizam o N deste solo é altamente enriquecido em $\delta^{15}\text{N}$ (Martinelli *et al.*, 1999).

Estudos têm demonstrado variações no fracionamento isotópico que podem ser atribuídas a variações na abertura estomática, a eficiência do uso da água, mudanças no nível enzimático, entre outros fatores, relacionados à temperatura (fracionamento cinético) (Ometto *et al.*, 2003). Os fatores ambientais também estão diretamente relacionados ao comportamento estomático e conseqüentemente à composição isotópica do $\delta^{13}\text{C}$ das plantas. Entre eles estão a disponibilidade de água no solo, a intensidade de luz nas folhas, temperatura, variação na fonte de CO_2 e condição nutricional do solo etc. (Nardoto, 2005).

A floresta em condição natural permite a manutenção harmoniosa de todos os fatores ambientais que compõem o micro-clima, fazendo com que o processo de abertura e fechamento dos estômatos siga um padrão estabelecido pela espécie já adaptada a esse ambiente. Alterações nesse equilíbrio natural podem criar condições fortemente desfavoráveis para os indivíduos remanescentes garantirem sua sobrevivência ou, de acordo, com a resposta ecofisiológica de cada indivíduo, estimular o seu crescimento.

Entretanto, as respostas ecofisiológicas esperadas de árvores de florestas tropicais aos tratamentos de redução de área basal ainda não estão definidas. Considerando a possibilidade de que a redução da densidade arbórea pode

promover condições ambientais que influenciem positivamente a condutância estomática (g) no dossel e a assimilação fotossintética de carbono (A), então intervenções florestais planejadas poderiam contribuir para o incremento diamétrico das árvores remanescentes.

Se a discriminação isotópica (Δ) é linearmente relacionada à razão entre a pressão parcial de CO_2 intracelular e na atmosfera (C_i/C_a), então pode ser expressa matematicamente (Farquhar *et al.*, 1989) por:

$$\Delta = a + (b-a) C_i/C_a$$

onde a é o fracionamento associado com a difusão do ar e b é o fracionamento líquido pela Rubisco. Pelo fato de que tanto g quanto A regulam C_i , Δ é fisiologicamente associado a trocas gasosas como:

$$C_i = C_a - A/g$$

Logo, a celulose que é depositada nas paredes celulares dos tecidos lenhosos pode fornecer informações sobre a sua composição isotópica.

Embora haja estudos que mostram que a relação A/g tem se mostrado negativamente relacionada à disponibilidade hídrica (Ehleringer, 1993), florestas que sofreram alteração na densidade arbórea podem responder de forma positiva ao aumento da disponibilidade de luz e nutrientes. Em florestas temperadas, por exemplo, McDowell *et al.* (2003) verificou um aumento significativo de Δ em tecidos lenhosos de pinus maduros em parcelas exploradas, ou seja, aumento da relação A/g .

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Área de Estudo

5.1.1. Localização

O estudo foi desenvolvido na Estação Experimental de Silvicultura Tropical do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (EEST/INPA), distante aproximadamente 90 km de Manaus – AM. Esta área foi destinada a estudos de regeneração natural do projeto “Manejo Ecológico e Exploração da Floresta Tropical Úmida”.

Coordenadas da área de pesquisa:
02°38'22,54”S
60°09'51,34”W

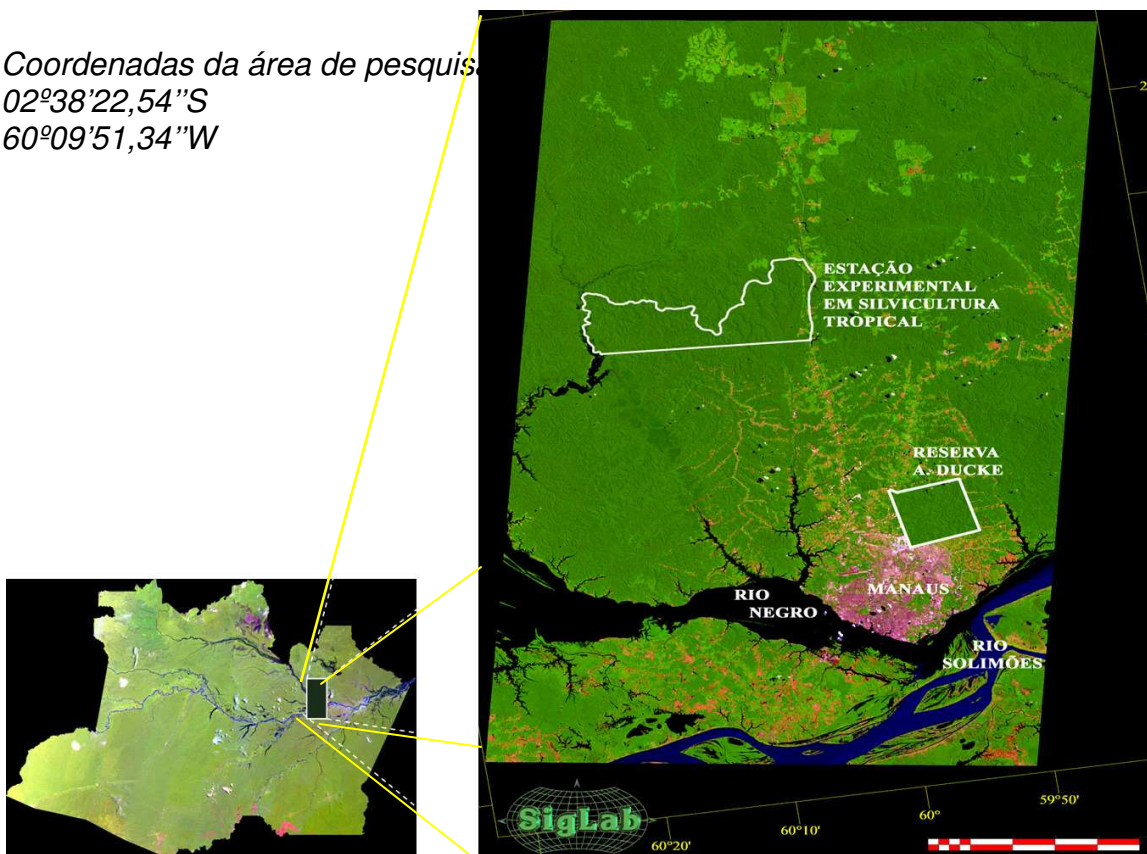


Fig. 1 - Estação Experimental de Silvicultura Tropical do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (EEST/INPA).

A área é limitada ao norte pelas terras da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) e a estrada ZF-2; ao sul, com as terras do Instituto Brasileiro de Recursos Naturais Renováveis e Meio Ambiente (IBAMA) e da Universidade Federal do Amazonas (UFAM); à oeste, com o Rio Cuieiras; e à leste, com a Rodovia BR – 174 (Manaus – Boa Vista), ao norte da cidade de Manaus. As

coordenadas geográficas da área são 02°37' a 02°38' de latitude sul e 60°09' a 60°11' de longitude oeste, aproximadamente (Radam-Brasil, 1978).

5.1.2. Clima

De acordo com a classificação de Köppen, o clima é caracterizado como tropical chuvoso, do tipo "Am", apresentando temperatura elevada, com variação térmica diurna maior do que a variação térmica anual. A temperatura média anual é de 26,7°C, com valores médios de 23,5°C e 31,2°C para as mínimas e máximas, respectivamente.

Dados de precipitação pluviométrica anual da série histórica 1980-2004 coletados no CPAA-EMBRAPA mostram que a precipitação média anual na região é de 2.598,34 ± 45,35 mm ($\alpha=0,05$) Os dados coletados na área de estudo (ZF-2) mostram que a média local de 1999 até 2009 que foi de 2798,50 mm ± 439,46 mm ($\alpha=0,05$). No intervalo de 1999 a 2002, Miranda (2002) destacou o ano de 2000 onde a precipitação foi de 3.565,9 ± 173,70 mm ($\alpha=0,05$), um valor acima do intervalo de confiança proposto pela EMBRAPA.

Neste estudo, o intervalo de tempo incluiu os dados coletados até o ano de 2008, onde destaca-se que o ano com maior precipitação foi o de 2008 com 4193,62 mm ± 137,41 mm ($\alpha=0,05$).

De forma geral, as chuvas estão distribuídas em duas épocas distintas durante o ano, uma seca que se estende de junho até novembro, sendo o período de julho a outubro onde ocorre a menor precipitação, e a outra chuvosa que ocorre entre novembro e maio, sendo o mês de março o que apresenta o maior índice pluviométrico.

A umidade relativa média anual é de 84%, podendo variar de 77% a 88% (Falesi, 1971).

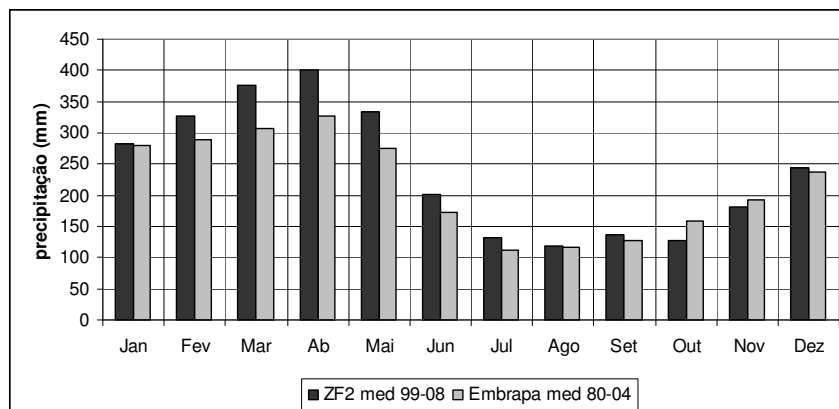


Fig. 2 – Distribuição pluviométrica mensal na região central amazônica. Média de 10 anos da EEST e média de 25 anos da Embrapa.

5.1.3. Solos

Geologicamente, predominam os arenitos caulínicos, os argílicos, as grauvacas e as brechas intraformacionais da formação de Alter do Chão, do cretáceo superior (Ranzani, 1980). Alguns trabalhos aceitam como limite inferior o Albiano médio e como limite superior, o Cenomaniano inferior (Radam-Brasil, 1978).

O solo mais bem representado na bacia hidrográfica da ZF-2 é o Latossolo Amarelo Álico Distrófico, de textura argilosa (Ranzani, 1980), que ocupa a superfície dos platôs, cuja fase de referência sob floresta é caracterizado pela presença de um horizonte médio, poroso, situado entre dois horizontes pouco porosos, e que este solo é composto pelos sedimentos terciários do Grupo Barreiras, que são constituídos de minerais resistentes à alteração, tais como a caolinita, o quartzo, os óxidos e hidróxidos de ferro e o alumínio (Chauvel, 1982).



Fig.3 – Aspecto argiloso do solo da região central amazônica



Fig.4 – Acúmulo de serapilheira na cobertura do solo da região central amazônica

O padrão da distribuição vertical dos teores dos nutrientes trocáveis K, Ca e Mg indicam que é na camada mais próxima à cobertura vegetal onde se processa com maior intensidade a ciclagem de nutrientes. A disponibilidade de nutrientes para as plantas é baixa, e, por isso, o solo pode ser classificado como distrófico. As maiores concentrações dos micronutrientes Fe, Mn e Cu estão no solo dos platôs, o que pode ser associado à textura argilosa desses solos (Ferraz *et al.*, 1998).

O relevo é levemente ondulado e a maioria das ondulações são formadas por pequenos platôs, sobre os quais estão alocados os blocos experimentais.

5.1.4. Vegetação

Radam-Brasil (1978) classificou a área, com base na geomorfologia, em levantamentos florísticos e em inventários florestais, em macro-ambiente de relevo tabular, no qual a cobertura florestal densa, raramente com estrato superior uniforme, é freqüentemente alterada por manchas de floresta aberta, onde os estratos arbustivo e herbáceo são compostos por regeneração natural das espécies arbóreas, palmeiras e plantas não-vasculares.

Em estudos experimentais, Higuchi *et al.* (1985a,b), encontraram 51 famílias botânicas, com 409 espécies, para 206 gêneros, num total de 14.922 indivíduos com DAP \geq 25cm, 19,3 m² ha⁻¹ de área basal e 190,5 m³ ha⁻¹ de volume de madeira em pé com casca, em 96 ha divididos em blocos experimentais.

Na análise estrutural de uma amostra de 8 ha dessa mesma floresta, Jardim & Hosokawa (1986) encontraram 72.885 indivíduos ha⁻¹ com DAP < 20 cm,

distribuídos em 57 famílias botânicas, sendo a família Sapotaceae a mais rica em número de espécies, no povoamento adulto ($DAP \geq 20$ cm), enquanto que na regeneração natural ($DAP < 20$ cm), a família mais rica em número de espécies foi a Caesalpiniaceae. Dentre as espécies que caracterizam esta área encontram-se: *Dinizia excelsa* (angelim pedra), *Eschweilera odora* (Poep.) Miers. (mata-matá), *Protium apiculatum* Swartz (breu vermelho), *Scleronema micranthum* Ducke (cardeiro) e várias outras espécies dos gêneros *Labatia*, *Ecclinusa*, *Micropholis*, *Pouteria*, *Manilkara*, *Ocotea*, *Parkia* etc.

Carneiro (2004), em um estudo realizado em 10ha de floresta não perturbada na EEST, compreendendo três classes de topografia (platô, encosta e baixio), identificou 737 espécies, 238 gêneros e 59 famílias botânicas, das quais Lecythidaceae, Sapotaceae, Arecaceae, Euphorbiaceae, Burseraceae destacaram-se por apresentarem o maior número de indivíduos por família.

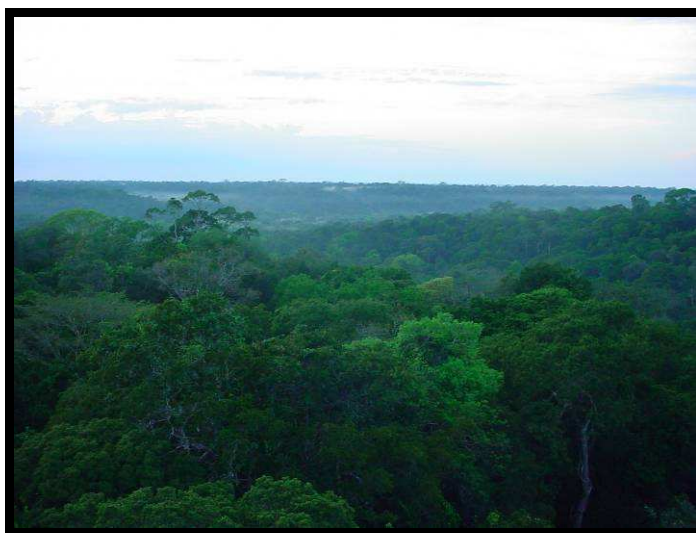


Fig.5 – Aspecto da floresta tropical úmida na região central amazônica

5.2. Instalação do experimento

Para a seleção das árvores acompanhadas neste estudo e as árvores que foram derrubadas, foi realizado um inventário florestal em três hectares, onde foram incluídos todos os indivíduos arbóreos com $DAP \geq 10$ cm. O objetivo deste trabalho foi o de selecionar as árvores para o acompanhamento do incremento em diâmetro do caule, do fluxo de respiração do caule a análise da composição isotópica foliar e do tecido lenhoso do tronco. De cada árvore selecionada, foram coletadas amostras de material botânico para a identificação correta por nome vulgar e nome científico.

O experimento foi montado em 3 blocos experimentais (B1, B2 e B3) de 1 ha cada (100x100m) (Figura 6). Os blocos estão localizados entre os km 20 e 25 da vicinal ZF-2 e foram alocados considerando apenas áreas de platô, distantes, pelo menos 500 m de áreas com qualquer sinal de perturbação antrópica, como por exemplo, a estrada.

Cada bloco foi dividido em quadrados de 25x25m, sendo 16 quadrados por bloco, num total de 48 quadrados. No centro de cada quadrado uma amostra de 5x5m foi delimitada para a escolha das árvores onde foram tomadas as medições.

No inventário florestal, todas as árvores com DAP (diâmetro à altura do peito) mínimo de 10 cm foram marcadas com tinta vermelha na altura da medição do DAP, identificadas com placas de alumínio e fio de náilon, numeradas em ordem crescente e localizadas pela medição individual das coordenadas X e Y para definição da distribuição espacial, conforme o esquema da figura 7.

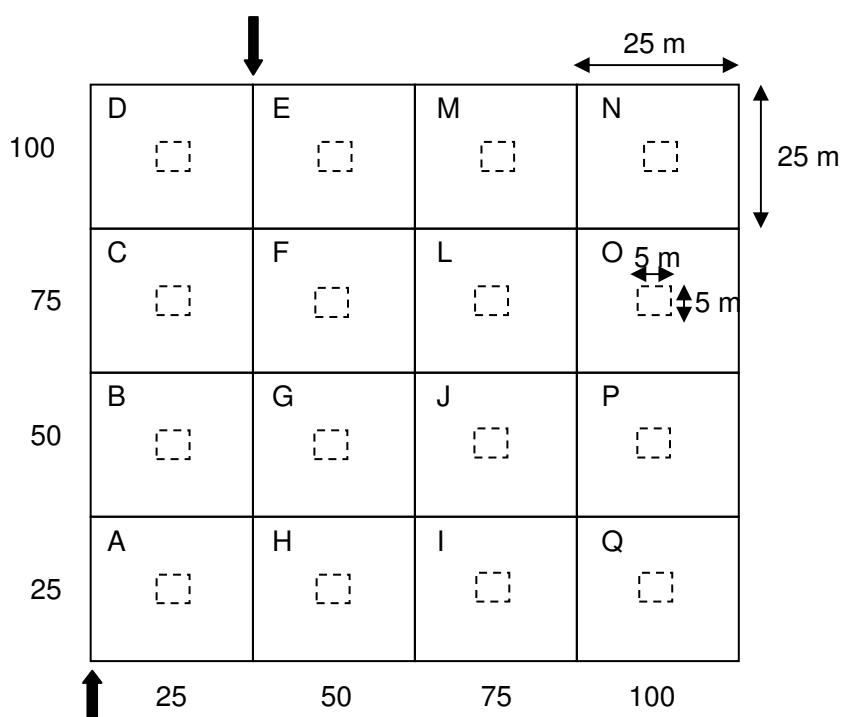


Fig. 6 – Esquema de um bloco experimental de 1ha dividido em quadrados de 25m².

Na instalação do experimento, 48 árvores, com DAP \geq 10cm, foram selecionadas aleatoriamente do arquivo de dados do inventário florestal. As árvores foram distribuídas em 3 classes de diâmetro. Em cada classe, 16 árvores foram sorteadas, sendo distribuídas entre os 3 blocos e considerando o seu

posicionamento, uma vez que foram selecionadas as árvores localizadas dentro ou próximo de cada sub-quadrado de 5x5m, conforme Figura 7.

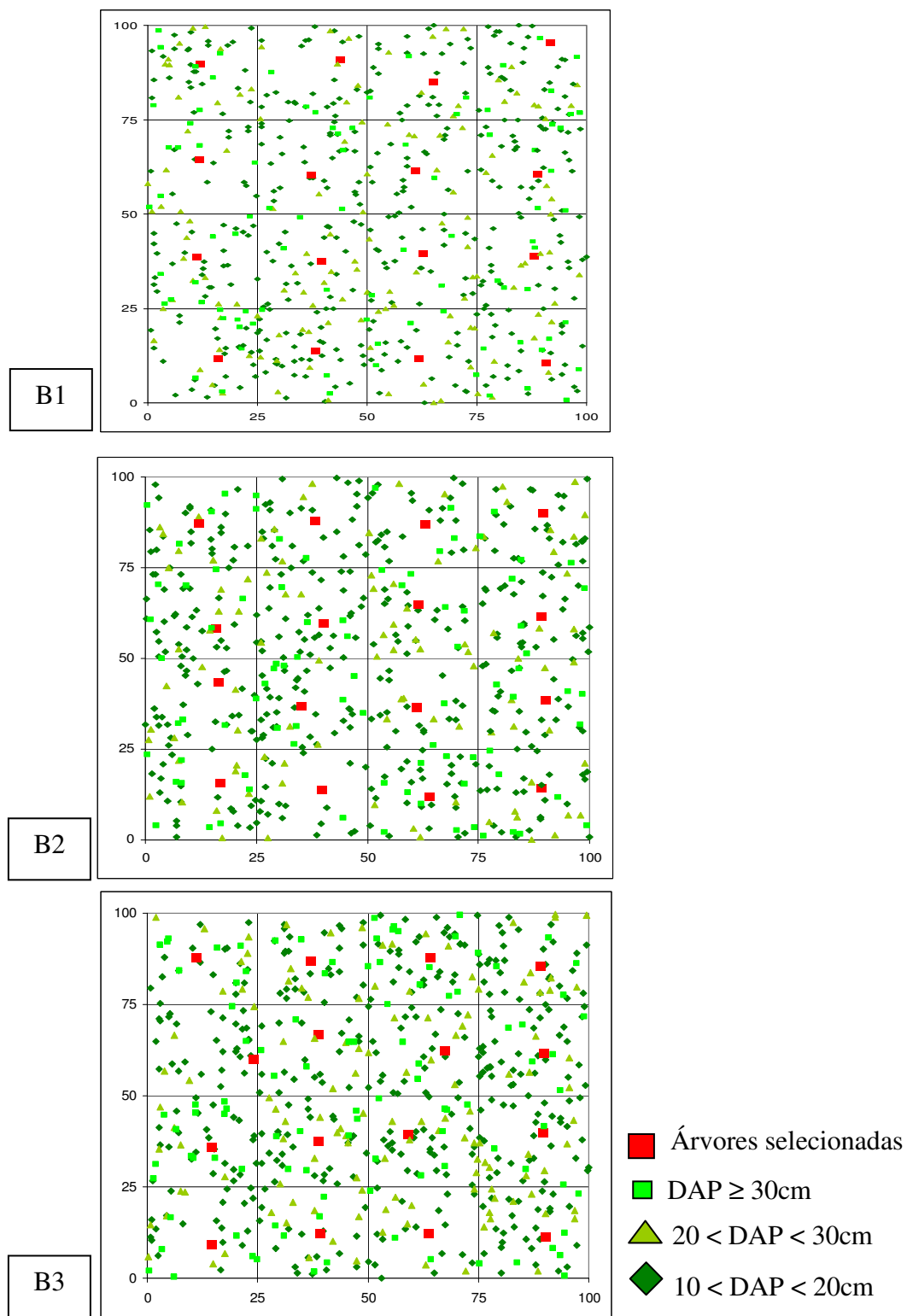


Fig. 7 – Distribuição espacial das árvores nos três blocos de 1ha (B1, B2 e B3). Figuras vermelhas correspondem às árvores selecionadas; figuras verdes correspondem às demais árvores classificadas de acordo com a classe diamétrica.

5.2.1. Exploração florestal:

Após um período de 12 meses de acompanhamento do incremento em diâmetro e da respiração do caule na floresta em condições naturais, as árvores selecionadas passaram a ser acompanhadas em uma condição de pós-exploração.

Para tanto, o bloco 2 permaneceu nas condições originais enquanto no bloco 1 foi removido 6,04% da área basal (intensidade leve) e no bloco 3 foi removido 11,59% da área basal (intensidade moderada). A figura 8 mostra a distribuição das árvores selecionadas para o corte em cada bloco.

Todas as árvores selecionadas tiveram como critério de seleção $DAP \geq 50\text{cm}$, excluindo-se as árvores cujo crescimento e a respiração do tronco estão sendo acompanhados. A seleção foi prioritária para as espécies de interesse comercial no mercado de Manaus para uso em serraria.

O volume, área basal, biomassa e teor de carbono removido de cada bloco estão descritos no quadro 1. A identificação pelo nome comum e os parâmetros dendrométricos de cada árvore estão na tabela 1.

O direcionamento da queda da árvore foi cuidadosamente avaliado para evitar danos às árvores selecionadas, entretanto, devido ao entrelaçamento de cipós na copa das árvores, uma das árvores selecionadas no bloco 3 foi, juntamente com outra árvore selecionada para corte, derrubada.

Quadro 1 – Área basal (AB), volume comercial com casca (V), peso da árvore viva (P), peso seco (Pseco), teor de carbono (C) e número de indivíduos (N) por bloco a ser removido e porcentagem equivalente para cada variável apresentada.

Blocos	DAP médio	AB (m²)	V (m³)	P (kg)	P (t)	Pseco (t)	C (t)	N
B1	20,6	27,06	340,70	507430,40	507,43	304,46	152,23	629
Expl B1	63,4	1,63	22,59	36598,50	36,60	21,96	10,98	5
%expl		6,04	6,63	7,21	7,21	7,21	7,21	1
B3	20,8	28,46	359,56	538279,56	538,28	322,97	161,48	640
Expl B3	63,3	3,30	45,64	73998,77	74,00	44,40	22,20	10
%expl		11,59	12,69	13,75	13,75	13,75	13,75	2

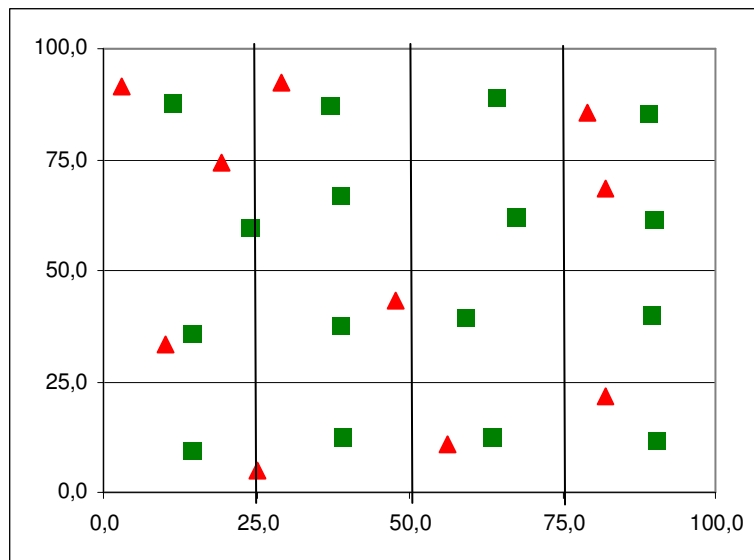
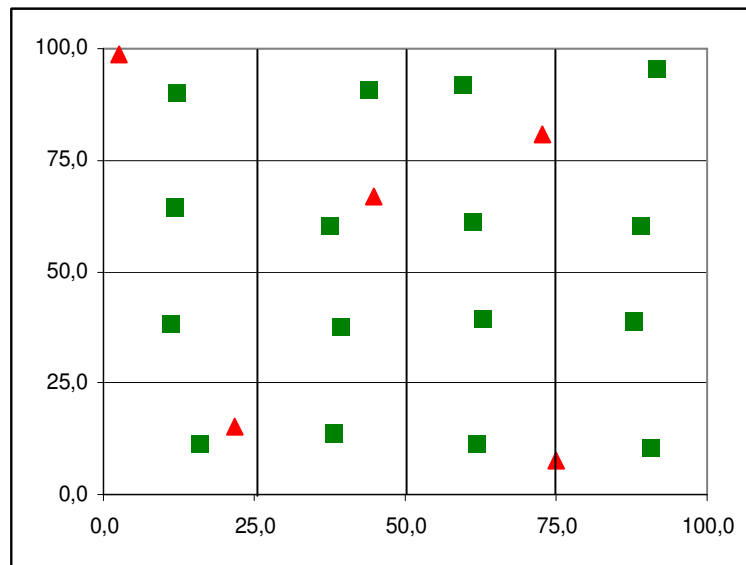


Fig. 8 – Distribuição espacial das árvores selecionadas para o acompanhamento do crescimento e respiração do caule (em verde) e para o corte (em vermelho) nos blocos 1 e 3 (100x100m).

5.2.2. Identificação botânica da seleção de corte:

De cada árvore selecionada para o estudo das variáveis ecológicas, amostras de material botânico foram coletadas e confeccionadas exsiccatas para a correta identificação botânica das árvores em anexo.

Quadro 2 – Área basal (AB), volume comercial com casca (V), peso da biomassa fresca (P), peso da biomassa seca (Pseco) e teor de carbono (C) para cada indivíduo selecionado para o corte e valores totais por bloco.

Bloco 1

<i>Parc</i>	<i>No.</i>	<i>Nome vulgar</i>	<i>X</i> (m)	<i>Y</i> (m)	<i>DAP</i> (cm)	<i>AB</i> (m ²)	<i>V</i> (m ³)	<i>P</i> (kg)	<i>P</i> (t)	<i>Pseco</i> (t)	<i>C</i> (t)	
1^a	11	louro preto	21,8	15,2	54,0	0,229	3,082	4939,875	4,940	2,964	1,482	
1D	117	Castanha jarana folha miúda	2,5	98,6	58,5	0,269	3,652	5876,920	5,877	3,526	1,763	
1F	219	Abiurana	44,7	66,8	57,0	0,255	3,457	5554,820	5,555	3,333	1,666	
1M	464	Tauari	72,7	80,8	60,5	0,287	3,922	6321,654	6,322	3,793	1,896	
1Q	587	Pupunharana	75,0	7,4	87,0	0,594	8,476	13905,234	13,905	8,343	4,172	
Total						63,4	1,42	19,34	31183,76	31,18	18,71	9,36

Bloco 3

<i>Parc</i>	<i>No.</i>	<i>Nome vulgar</i>	<i>X</i> (m)	<i>Y</i> (m)	<i>DAP</i> (cm)	<i>AB</i> (m ²)	<i>V</i> (m ³)	<i>P</i> (kg)	<i>P</i> (t)	<i>Pseco</i> (t)	<i>C</i> (t)	
3B	49	Cajui	10,0	33,5	55,5	0,242	3,267	5242,486	5,242	3,145	1,573	
3C	98	Cumarú	19,2	74,5	89,0	0,622	8,894	14608,238	14,608	8,765	4,382	
3D	116	Guariuba	3,0	91,4	51,0	0,204	2,730	4363,639	4,364	2,618	1,309	
3E	147	Pau rainha	29,0	92,3	51,8	0,211	2,822	4513,538	4,514	2,708	1,354	
3G	263	mandioqueira áspera	47,6	43,4	68,0	0,363	5,026	8146,403	8,146	4,888	2,444	
3H	267	Tauari	25,0	5,1	70,0	0,385	5,344	8675,296	8,675	5,205	2,603	
3I	310	Louro branco	56,3	11,0	54,0	0,229	3,082	4939,875	4,940	2,964	1,482	
3N	471	acariquara roxa	79,2	85,5	58,0	0,264	3,587	5768,465	5,768	3,461	1,731	
3O	521	Amapá roxo	81,9	68,4	86,0	0,581	8,270	13560,733	13,561	8,136	4,068	
3Q	609	Piquiarana	82,0	21,5	50,0	0,196	2,618	4180,098	4,180	2,508	1,254	
Total						63,3	3,30	45,64	73998,77	74,00	44,40	22,20

5.3. Incremento em Diâmetro do Tronco

O acompanhamento do incremento em diâmetro do caule foi realizado com o uso de “bandas dendrométricas”, confeccionadas manualmente, a partir da medida da CAP (circunferência à altura do peito) de cada árvore selecionada. A banda é formada por uma fita metálica, cujo comprimento varia de acordo com a CAP e uma mola que interliga as extremidades da fita, o que garante o seu ajuste ao tronco, permitindo que ocorra o deslocamento da fita de acordo com a expansão do tronco, possibilitando a realização das medições que são feitas com paquímetro digital em uma abertura das bandas denominada “janela” (Figura 9). Essas medições possibilitaram o acompanhamento da variação mensal no incremento em diâmetro do tronco (Silva *et al.*, 2002).



Fig. 9 – Bandas dendrométricas instaladas no tronco (b – banda com janela completamente expandida; a – segunda banda)

Para encontrar as taxas de incremento mensal, é necessário fazer a diferença entre a medição do mês atual e o mês anterior:

$$\text{CRESC MENSAL} = M_2 - M_1$$

Onde:

M₂ e **M₁** são as medições mensais nas bandas dendrométricas, em mm

5.4. Fluxos de CO₂ do Tronco:

A respiração do tronco foi acompanhada utilizando-se um sistema de câmara fechada (Norman *et al.*, 1997) com uma taxa de fluxo de ar de 1L min⁻¹. Este sistema é composto por uma bomba de fluxo de ar, um analisador de gás infravermelho (IRGA) modelo LI-COR 800 (Lincoln, Nebraska, USA), um Palmtop da marca Tungsten e câmaras semicilíndricas de PVC (cloreto de polivinil) de 250 ou 400 mL (câmaras pequenas ou grandes utilizadas de acordo com o diâmetro do caule) que foram fixadas ao tronco, próximo ao DAP, com fitas de náilon. As medições foram realizadas mensalmente em cada árvore durante 12 meses antes da intervenção florestal e 12 meses após a mesma.

Em todas as árvores, no local onde a câmara foi instalada, houve a necessidade da retirada do excesso de casca (parte morta), líquens, musgos, cipós e cupins pelo processo de raspagem do tronco. O objetivo desta ação foi eliminar deformidades ou estruturas que possibilitassem vazamentos de ar na câmara de respiração. A temperatura do ar também foi coletada para cada árvore em todas as medições, utilizando-se um termômetro digital.

Além disso, as bordas das câmaras foram cobertas com espuma, recobertas e vedadas com silicone para promover ajustes decorrentes das deformidades dos troncos. Estas coberturas foram periodicamente avaliadas e recolocadas. Antes de cada medição do fluxo de CO₂, as câmaras permaneceram abertas para que houvesse a estabilização da concentração do fluxo de CO₂ entre a câmara e a atmosfera. Após a estabilização, a câmara era então fechada e a medição iniciada. Possíveis vazamentos

ao redor da câmara de respiração foram verificados durante as medições, por meio de um simples processo de verificação de vazamento, que consiste em soprar em torno da câmara verificando se o fluxo de CO₂ na câmara altera-se em função da concentração de CO₂ por fontes externas do ambiente. Detectado o vazamento, a câmara era novamente aberta e a medição era então reiniciada.

Os dados, coletados mensalmente e armazenados no Palmtop, foram tratados em planilhas eletrônicas (Excel e KaleidaGraph 3.51).

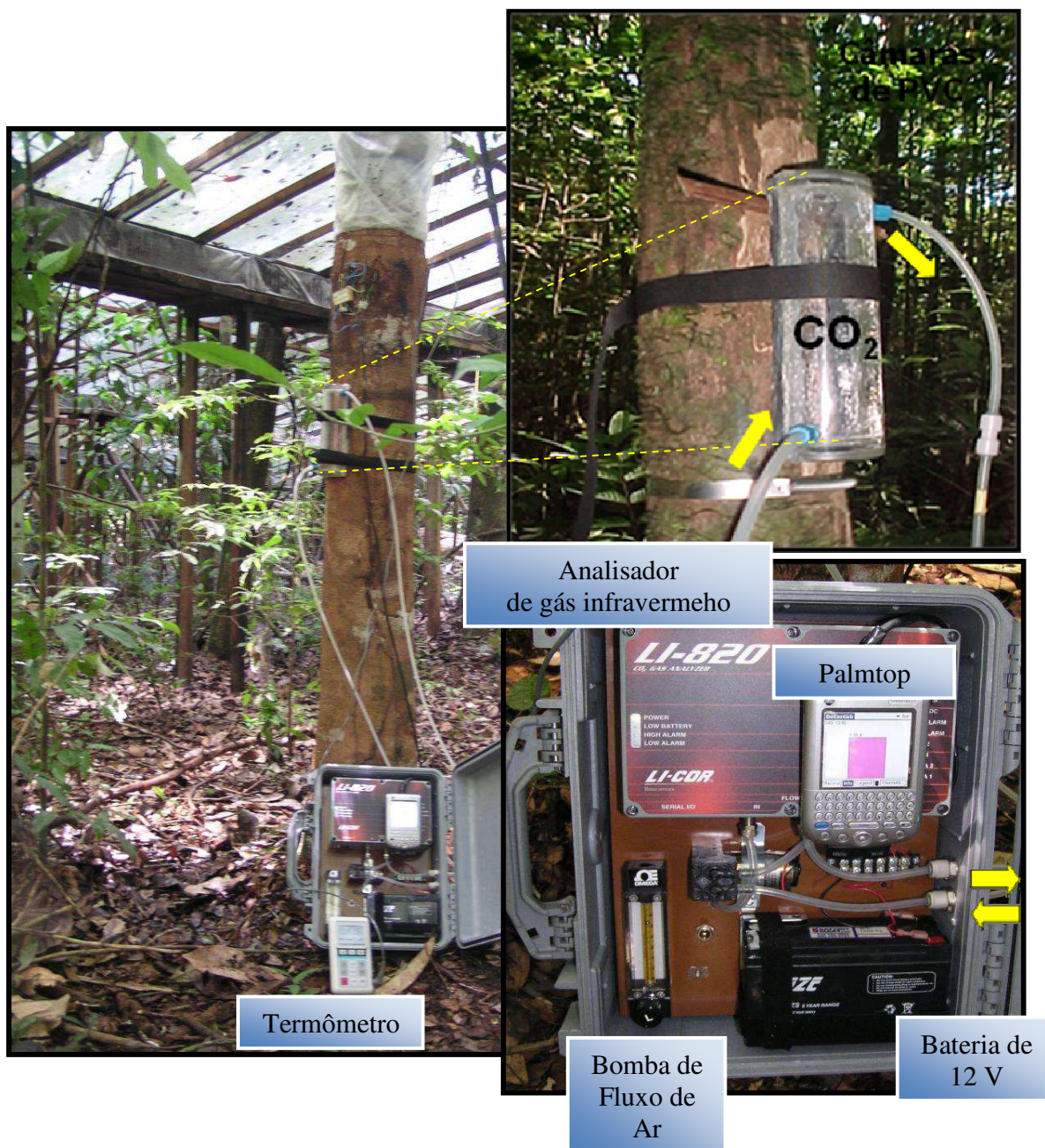


Fig. 10 – Analisador de gás infravermelho instalado ao tronco durante a coleta de dados.

5.5. Razão isotópica do Tecido Lenhoso e Foliar:

5.5.1. Coleta de amostras do tecido foliar:

De cada árvore, foram coletadas amostras de folhas antes da exploração seletiva de madeira. Foram coletados galhos com folhas saudias, maduras e completamente expandidas da parte mais externa da copa onde a incidência de radiação solar ocorria na maior parte do dia.

Foram coletadas amostras de 100 a 200g por árvore (3 a 5 folhas, dependendo do tamanho), totalizando 432 amostras. O material foliar foi secado em estufa a 65°C por 72h ou até alcançar um peso constante e depois foi moído até atingir a textura mais fina possível.

As coletas foram realizadas com o uso de podão ou pelo esforço físico de escaladores que usaram peconha ou garras, dependendo do diâmetro e altura das árvores.

5.5.2. Coleta de amostras do tecido lenhoso do tronco:

Foram coletadas amostras do tecido lenhoso do tronco, próximo ao local de coleta de CO₂ da respiração. Em cada árvore amostradas circulares de aproximadamente 3cm de diâmetro e 5 mm de espessura foram coletadas nas direções leste, oeste, norte e sul, direcionadas com o uso de uma bússola, sendo realizadas duas coletas, uma antes da exploração seletiva de madeira e outra após. O material foi secado em estufa a 65°C por 72h ou até alcançar um peso constante e depois foi moído até atingir a textura mais fina possível.



Fig. 11 – Amostras de tecido lenhoso do tronco coletadas em 4 direções (norte, sul, leste e oeste)

5.5.3. Análise isotópica

As amostras de folha e tecido lenhoso foram encaminhadas para o Laboratório de Ecologia Isotópica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP para a análise da composição isotópica e concentração do CO₂. A razão dos isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) é determinada pelo uso de um pré-concentrador (PreCon, Finnigan MAT) acoplado ao espectrômetro de massa (Delta Plus, Finnigan MAT) que trabalha em fluxo contínuo (Fig. 12).

O material amostrado foi pesado em sub-amostras de 1,5 a 2 mg em cápsulas de estanho. As cápsulas foram introduzidas em um analisador elementar (Carla Erba), onde pelo processo de combustão foi determinado o conteúdo elementar de C/N (%C/%N) (Fig. 13).

O gás proveniente da combustão foi purificado em uma coluna de cromatografia gasosa e direcionado para um espectrômetro de massa (IRMS Delta Plus, Finnigan MAT), operando em fluxo contínuo. Como resultado dessas análises obteve-se a determinação da razão isotópica dos elementos estudados.

Sub-amostras de gás (aproximadamente 300 μL) foram injetadas no equipamento, seguindo a metodologia descrita por Ehleringer & Cook (1998). A

precisão da técnica é estimada em 0,13 a 0,20 %. Após a análise isotópica, o gás restante foi utilizado para avaliar a concentração de CO₂, segundo a metodologia descrita por Bowling *et al.* (2001). A precisão desta técnica é estimada em 0,2 a 0,3 ppm (Bowling *et al.*, 2001).



Fig. 12 - Espectrômetro de massa (IRMS Delta Plus, Finnigan MAT) do Lab. de Ecologia Isotópica do CENA/USP.

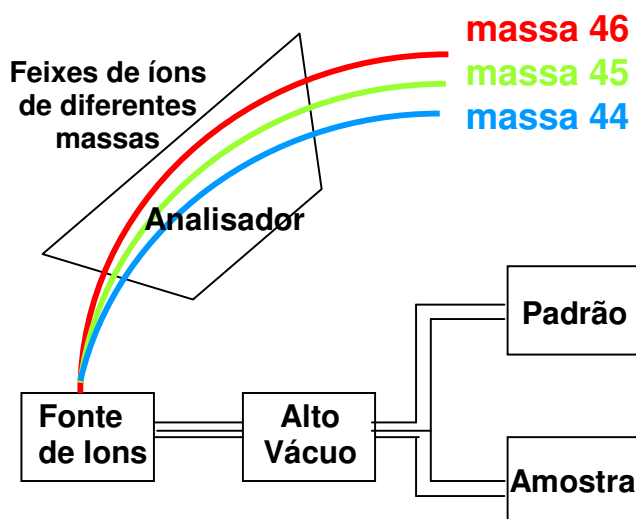


Fig. 13 – Princípio de funcionamento do Espectrômetro de Massas

5.6. Cronograma das atividades desenvolvidas neste estudo:

Atividades		2006	2007				2008			
		jan-dez	jan-mar	abr-jun	jul-set	out-dez	jan-mar	abr-jun	jul-set	out-dez
Antes da Exploração	Incremento diamétrico mensal	■	■	■	■	■				
	Respiração do Tronco		■	■		■				
	Material para análise isotópica					■				
Após a Exploração*	Incremento diamétrico mensal						■	■	■	■
	Respiração do Tronco						■	■	■	■
	Material para análise isotópica									■

* A derrubada das árvores ocorreu no fim de janeiro de 2008.

5.7. Análise dos dados

Para atender os objetivos específicos deste projeto, foram realizadas as seguintes análises: correlação, análise de variância (ANOVA), análise de regressão e o teste de Wilcoxon. Os dados foram organizados e analisados na planilha Excel versão 2003 e processados pelo software Systat versão 10.2.

a) Correlação:

O relacionamento linear entre as variáveis estudadas foi analisado pela correlação de Pearson. As seguintes variáveis foram consideradas: ICM, fluxos de respiração do tronco, tratamento aplicado, composição isotópica e precipitação local.

A correlação de Pearson (r) pode variar de -1 a +1. Valores positivos expressam a relação direta entre as variáveis analisadas (quanto maior o valor de X maior o valor de Y), enquanto valores negativos indicam relação inversa, portanto, quanto maior o valor de X menor o valor de Y, ou vice-versa. Quando $r = 0$ não existe relação entre as variáveis, quando $r = -1$ existe uma relação inversamente proporcional perfeita e quando $r = 1$ existe uma relação diretamente proporcional e perfeita entre as variáveis em estudo.

b) ANOVA

A ANOVA é uma técnica de ampla aplicação em delineamentos estatísticos e experimentais e é aplicada para comparação de duas ou mais médias estimadas em uma pesquisa. A ANOVA permite a partição da variação total em diferentes fontes de variação, onde é possível verificar a variação que existe entre e dentro das variáveis e suas interações. Os níveis de significância α de referência foram de 0,05 e 0,01, mas as probabilidades exatas de cada teste foram registradas.

Os resultados do teste F foram corrigidos pelos coeficientes de Greenhouse - Geisser Epsilon (G-G) ou Huynh - Feldt Epsilon (H-F) para a análise de variância com medidas repetidas por se tratar de medidas realizadas nos mesmos indivíduos, os quais

correspondem às unidades amostrais (Miliken e Johnson, 1984; Gurevitch e Chester Jr., 1986; Potvin *et al.*, 1990 e von Ende 1993).

Foram testadas as seguintes interações:

1) Interação entre o IMM e as variáveis: tratamentos e classe diamétrica com o passar do tempo (período de coleta antes e depois da exploração);

2) Interação entre o Fluxo de Respiração do Caule e as variáveis: tratamentos e classe diamétrica com o passar do tempo (período de coleta antes e depois da exploração);

c) Análise de regressão:

A análise de regressão linear foi utilizada para verificar o peso relativo das variáveis, considerando as seguintes variáveis contínuas ICM e Fluxo de respiração do caule, com o uso de modelos lineares aditivos:

A - Antes da Exploração:

$$YA = \beta_0 + \beta_1 * \ln(ICM) + \beta_2 * \ln(DAP) + \beta_3 * \ln(CI) + \epsilon_i$$

B - Após a Exploração:

$$YB = \beta_0 + \beta_1 * \ln(TC) + \beta_2 * \ln(CD) + \beta_3 * \ln(CI) + \epsilon_i$$

onde:

Y_i = fluxo de respiração do tronco ($\mu \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$);

ICM = incremento corrente mensal (mm);

DAP = diâmetro à altura padrão;

CI = composição isotópica;

β_0 , β_1 e β_2 = coeficientes de regressão;

ϵ_i = erro aleatório

Também foram testadas outras possíveis combinações entre as variáveis de modo a tornar o incremento corrente mensal a variável dependente para as demais variáveis.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Análise de Correlação de Pearson

6.1.1. Correlação entre o ICM e a precipitação mensal

Foram consideradas duas séries históricas de precipitação: uma localizada na própria estação experimental, com dados coletados diariamente durante 10 anos (1999 a 2008) e outra localizada no km 30 da AM-010, também coletada diariamente durante os anos de 1980 a 2004 pela Embrapa.

O incremento em diâmetro foi acompanhado mensalmente de janeiro de 2006 a dezembro de 2007, totalizando 24 meses de medições mensais antes da exploração seletiva de madeira. A figura 14 mostra o comportamento do IMM das 48 árvores acompanhadas neste estudo. Este gráfico mostra ainda a média da distribuição das chuvas ao longo do ano em cada série histórica, onde se verifica similaridade de entre as duas séries ($r = 0,97$; $p = 0.000$), caracterizando na região um período marcante de maior precipitação que vai de novembro a maio e outro de considerável redução da precipitação que vai de junho a outubro.

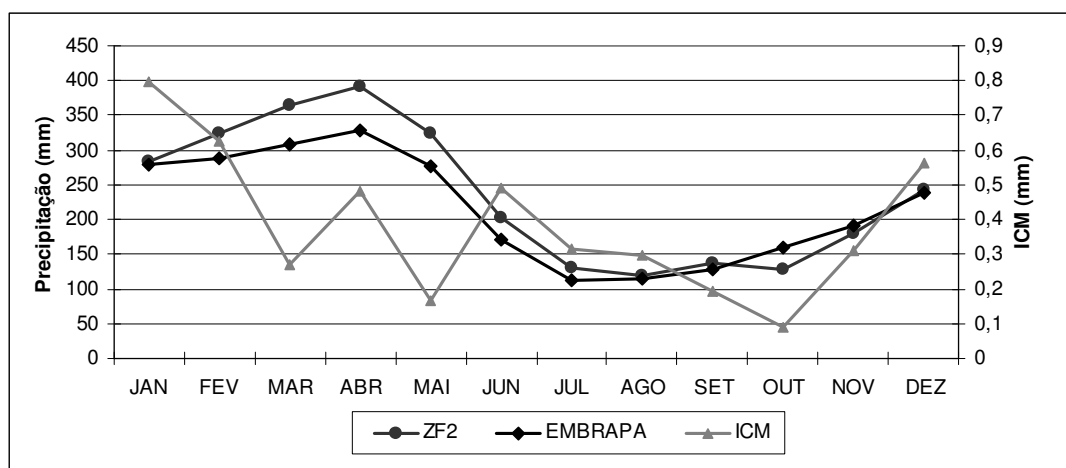


Fig. 14 – ICM de 48 árvores durante um período de 24 meses comparado à distribuição das chuvas ao longo do ano para as séries históricas da Embrapa e da ZF2

Ao analisar o grau de correlação entre a distribuição mensal das chuvas ao longo do ano (P1 = precipitação ZF2; P2 = precipitação Embrapa) e o incremento diamétrico médio mensal das árvores, verificou-se haver uma relação não muito estreita entre as duas variáveis, tendência que foi confirmada na análise de cada bloco separadamente (Quadro 2).

Quadro 3 – Matriz de Correlação entre Incremento Corrente Mensal e a Precipitação antes da exploração florestal

Variáveis	P1	P2	B1	B2	B3	MED Cresc	P 2007
P1	1.0000 (0.0000)						
P2	0.9749 (0.0000)	1.0000 (0.0000)					
B1	0.4299 (1.0000)	0.3727 (1.0000)	1.0000 (0.0000)				
B2	0.2364 (1.0000)	0.2844 (1.0000)	0.0162 (1.0000)	1.0000 (0.0000)			
B3	0.2737 (1.0000)	0.3538 (1.0000)	0.6881 (0.2808)	0.3185 (1.0000)	1.00009 (0.0000)		
MED Cresc	0.4022 (1.0000)	0.4443 (1.0000)	0.6969 (0.2476)	0.6539 (0.4428)	0.88639 (0.0029)	1.0000 (0.0000)	
P 2007	0.6518 (0.4541)	0.6037 (0.7910)	0.2359 (1.0000)	0.0179 (1.0000)	0.2719 (1.0000)	0.2244 (1.0000)	1.0000 (0.0000)

Isoladamente, a precipitação do ano de 2007 (P07) também não apresentou alta correlação ao incremento mensal para nenhum dos blocos, conforme verificado na figura 15.

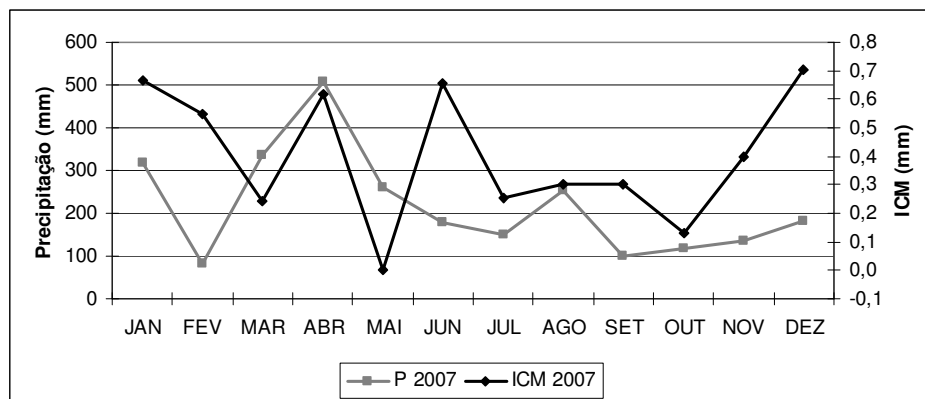


Fig. 15 – ICM de 48 árvores durante o ano de 2007 (antes da exploração) comparado à distribuição das chuvas ao longo do ano de 2007

O estudo de Vieira *et al.* 2004 que mostra a estrutura e a dinâmica da floresta na floresta tropical amazônica mostra a variação da alocação de C no tronco das árvores em diferentes diâmetros ocasionada pela sazonalidade da região, quando compara três diferentes sítios, Santarém, Manaus e Rio Branco, que apresentam comportamentos sazonais específicos.

Imediatamente após a exploração florestal, novas medidas foram tomadas durante 12 meses para avaliar o incremento diamétrico mensal das árvores após uma perturbação das condições de equilíbrio da floresta. A análise de correlação entre o incremento mensal e a precipitação para esta nova condição mostrou uma diminuição drástica da relação entre as duas variáveis, sobretudo nos blocos de leve intensidade de exploração (B1) e de exploração pesada (B3), conforme quadro 3:

Outros estudos (Silva, 2001; Teixeira, 2003) que acompanharam o comportamento fisiológico referente ao incremento mensal das árvores, no mesmo local de estudo, em áreas não perturbadas e ou após quase 20 de exploração seletiva de madeira, encontraram um comportamento mais estreito para o acúmulo de biomassa no tronco ao longo do tempo e a precipitação mensal.

Quadro 4 – Matriz de Correlação de Pearson entre Incremento Corrente Mensal e a precipitação para cada bloco analisado separadamente após a exploração florestal em diferentes intensidades

Variáveis	P1	P2	B1	B2	B3
P1	1.0000 (0,000)				
P2	0.9749 (0,000)	1.0000 (0,000)			
B1	-0.0701 (1,000)	0.0972 (1,000)	1.0000 (0,000)		
B2	0.1484 (1,000)	0.2168 (1,000)	0.0109 (1,000)	1.0000 (0,000)	
B3	-0.4181 (1,000)	-0.2606 (1,000)	0.4329 (1,000)	0.3243 (1,000)	1.0000 (0,000)

Os gráficos (fig. 16) abaixo mostram o comportamento do incremento diamétrico das árvores em relação à distribuição da precipitação ao longo dos 12 meses de observação. Verifica-se que o incremento em diâmetro do caule sofre influências significativas após a exploração da floresta, isto pode estar relacionado com a intensidade de oferta de radiação e luz que as árvores remanescentes estão sujeitas após a abertura de clareiras pela derrubada de uma ou mais árvores na floresta. Isto

ocasiona maior transpiração por parte do vegetal, maior demanda de água e nutrientes do solo para suprir o estresse provocado pelas modificações do micro-clima. Ocorre também a reparação de parte das copas que são danificadas com a derrubada de outras árvores, ainda que a derrubada seja planejada e previamente preparada. Neste experimento, o corte de cipós antes da exploração e o direcionamento da queda foram planejados no escritório para simular a exploração seletiva de madeira em escala comercial.

Quando a correlação é realizada utilizando-se especificamente a precipitação de 2008 (Quadro 4), verifica-se que a correlação negativa torna-se ainda maior entre os blocos explorados (B1 e B3) e a precipitação.

Quadro 5 – Matriz de Correlação de Pearson entre a precipitação de 2008 e o Incremento Corrente Mensal após a exploração florestal em diferentes intensidades (B1 e B3)

Variáveis	P08	B1	B2	B3
P 2008	1.0000 (0,000)			
B1	-0.0337 (1,000)	1.0000 (0,000)		
B2	0.4789 (0,691)	0.0109 (1,000)	1.0000 (0,000)	
B3	-0.1496 (1,000)	0.4328 (0,952)	0.3243 (1,000)	1.0000 (0,000)

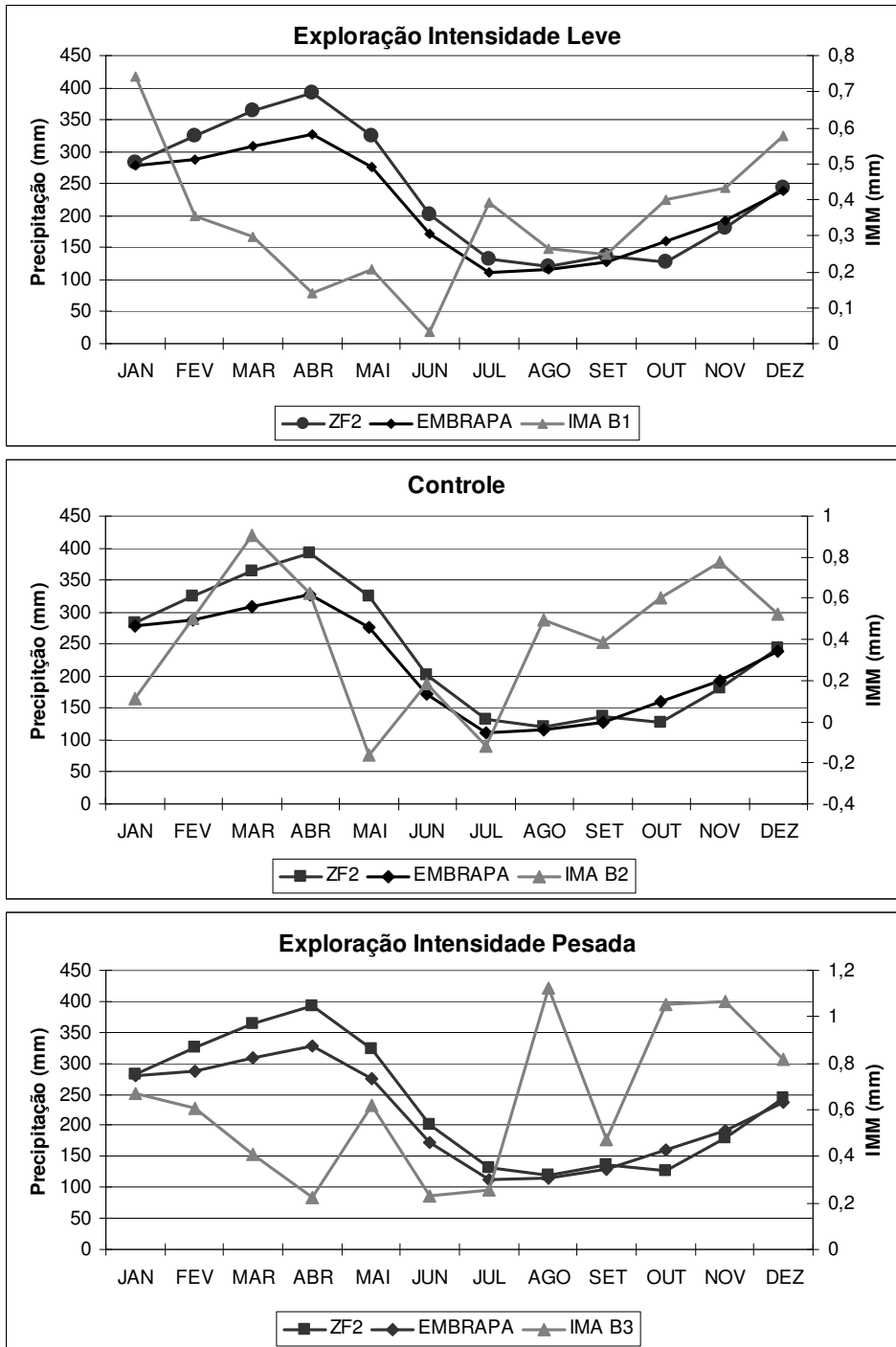


Fig. 16 – Incremento Corrente Mensal das árvores comparado à distribuição das chuvas ao longo do ano após a exploração florestal realizada em duas intensidades de remoção da área basal.

6.1.2. Correlação entre o fluxo de CO₂ emitido pelo tronco e a precipitação mensal

As duas séries históricas de precipitação também foram utilizadas para verificar o grau de relação existente entre a distribuição das chuvas ao longo do ano e os fluxos de CO₂ emitidos pelo tronco das árvores. Duas condições ambientais foram consideradas: uma com a floresta não explorada e outra logo após a exploração seletiva de madeira.

O fluxo de CO₂ emitido do tronco, ou seja, a respiração dos tecidos lenhosos vivos do tronco, foi acompanhado mensalmente de novembro de 2006 a janeiro de 2008, totalizando 12 meses de medições mensais antes da exploração seletiva de madeira. Devido a erros não amostrais como problemas mecânicos no analisador de gás infravermelho ou no palmtop, as medidas de julho a setembro de 2007 foram perdidas. Também, o mesmo ocorreu em dois meses de medição para o bloco testemunha (B2) após a exploração.

A figura 17 mostra o comportamento do fluxo de respiração das 48 árvores acompanhadas neste estudo, juntamente com a média da distribuição das chuvas ao longo do ano em cada série histórica:

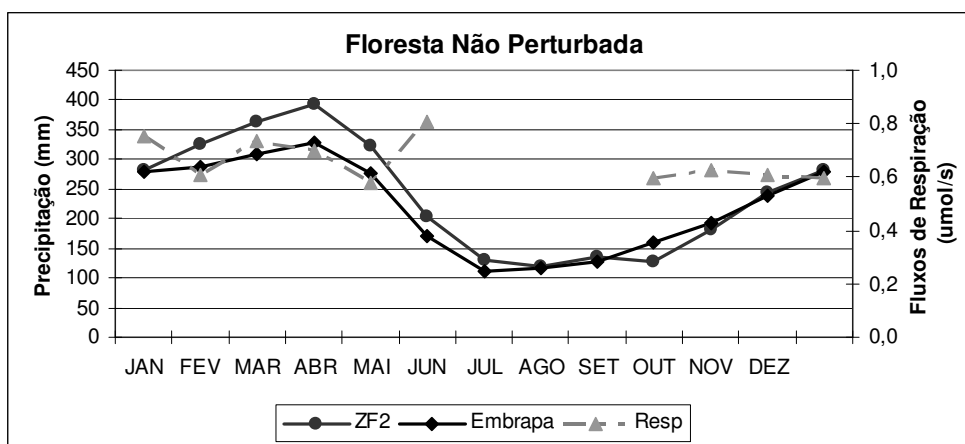


Fig. 17 – Relação entre o Fluxo de Respiração do tronco ($\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}^{-1}$) de 48 árvores e a precipitação mensal local

O gráfico permite verificar que os fluxos de respiração das árvores em floresta não perturbada apresentam um comportamento similar à distribuição das chuvas

durante o período chuvoso. Não foi possível verificar o comportamento da floresta durante a estação menos chuvosa, onde a precipitação diminui acentuadamente na região central de Manaus. Entretanto, os meses de outubro de novembro, que apresentam os níveis de precipitação ainda baixos quando comparados aos meses mais chuvosos mostram que os fluxos não acompanham a precipitação, mantendo-se nos mesmos níveis ao período chuvoso. Teixeira (2003), acompanhando os fluxos de respiração do tronco após 20 anos de exploração no período de maio a setembro de 2006, verificou que os fluxos de respiração do tronco emitem em média 0,6 μmol de $\text{CO}_2\cdot\text{s}^{-1}$, aproximadamente o mesmos valores obtidos para o período imediatamente posterior, encontrados neste estudo.

A análise da correlação entre as duas variáveis mostrou uma correlação positiva entre as mesmas quando se observa a média dos três blocos. Entretanto, essa relação tornou-se bastante variada entre os blocos apresentando-se até mesmo negativa, como é o caso do bloco 1, ao ser comparado isoladamente com cada uma das séries de precipitação (P1 e P2) (Quadro 6). O bloco 3 apresentou uma relação bem mais estreita entre as variáveis.

Quadro 6 – Matriz de Correlação entre o Fluxo de Respiração do Caule ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$) e a Precipitação antes da exploração florestal

Variáveis	P1	P2	B1	B2	B3	MED
P1	1.0000 (0.000)					
P2	0.9749 (0.000)	1.0000 (0.000)				
B1	-0.0040 (1.000)	-0.1092 (1.000)	1.0000 (0.000)			
B2	0.2978 (1.000)	0.2705 (1.000)	0.5023 (1.000)	1.0000 (0.000)		
B3	0.6182 (0.482)	0.6595 (0.295)	-0.4370 (1.000)	0.0568 (1.000)	1.0000 (0.000)	
MED	0.5154 (1.000)	0.4784 (1.000)	0.4974 (1.000)	0.9043 (0.000)	0.3809 (1.000)	1.0000 (0.000)

Estreitando o relacionamento com a precipitação, verificou-se que o fluxo de respiração do caule apresentou uma relação menos estreita com a precipitação de 2007, ano de coleta da respiração antes da exploração, conforme pode ser observado no Quadro 7 abaixo. Comparando a precipitação de 2007 com média dos blocos, a

relação entre as variáveis diminui expressivamente quando esta é comparada às séries históricas. Individualmente, o bloco 1 manteve a relação negativa, enquanto os blocos 2 e 3 reduziram consideravelmente esta relação.

Quadro 7 – Matriz de Correlação entre o Fluxo de Respiração do Caule ($\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$) e a Precipitação de 2007, antes da exploração florestal.

Variáveis	P 2007	B1	B2	B3	MED
P 2007	1.0000 (0,000)				
B1	-0.0783 (1,000)	1.0000 (0,000)			
B2	-0.0562 (1,000)	0.5023 (0,961)	1.0000 (0,000)		
B3	0.4462 (1,000)	-0.4370 (1,000)	0.0568 (1,000)	1.0000 (0,000)	
MED	0.1572 (1,000)	0.4974 (0,999)	0.9043 (0,000)	0.3809 (1,000)	1.0000 (0,000)

A mesma relação foi analisada imediatamente após a exploração seletiva de madeira, onde se verificou que o bloco 3, maior intensidade de exploração, apresentou uma relação positiva e estreita com ambas as séries de precipitação ($p = 0,10$ e $0,05$, respectivamente) (Quadro 8). Comparando ao bloco 1 (exploração mais leve), o fluxo de respiração no bloco 3 (exploração mais pesada) foi mais positivamente relacionado com a precipitação.

Este resultado sugere que florestas exploradas em maior intensidade tenderão a estarem mais sujeitas as influências dos fatores ambientais. A floresta remanescente de uma exploração mais pesada passa a emitir maiores quantidades de CO_2 respirado à atmosfera. Esta, respiração é necessária à manutenção dos tecidos já existentes no vegetal e à continuação de produção de biomassa, ainda que em menor quantidade. Por outro lado, uma exploração menos intensa preservará a capacidade da floresta de manter o seu equilíbrio natural e suportar limitados níveis de intervenção na floresta por meio do manejo dos seus recursos naturais. A figura 18 mostra o comportamento dos fluxos de CO_2 do tronco em relação à precipitação local após a exploração seletiva de madeira em duas intensidades de exploração.

Quadro 8 – Matriz de Correlação de Pearson entre o Fluxo de Respiração do Caule ($\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$) e as séries históricas de precipitação após a exploração florestal em diferentes intensidades

Variável	P1	P2	B1	B2	B3
P1	1.0000 (0,000)				
P2	0.9749 (0,000)	1.0000 (0,000)			
B1	0.3299 (1,000)	0.4148 (1,000)	1.0000 (0,000)		
B2	0.6679 (0,176)	0.6479 (0,227)	0.4452 (1,000)	1.0000 (0,000)	
B3	0.7433 (0,056)	0.7966 (0,019)	0.4684 (1,000)	0.6227 (0,306)	1.0000 (0,000)

Quando a correlação é realizada com a precipitação de 2008 (Quadro 9), o fluxo de respiração apresentou um relacionamento mais positivo para as árvores remanescentes de exploração de baixa intensidade. Por outro lado, as árvores remanescentes da exploração mais pesada apresentaram uma relação similar ao bloco não explorado. Destaca-se para esta situação, a ocorrência de um ano atípico de precipitação que apresentou o maior volume de chuva quando comparado aos demais anos da série histórica da área de estudo.

Quadro 9 – Matriz de Correlação de Pearson entre o Fluxo de Respiração do Caule ($\mu\text{mol.m}^2.\text{s}^{-1}$) e a precipitação de 2008 após a exploração florestal em diferentes intensidades

Variáveis	P08	B1	B2	B3
P08	1.0000 (0,000)			
B1	0.4921 (0,625)	1.0000 (0,000)		
B2	0.7082 (0,059)	0.4452 (0,882)	1.0000 (0,000)	
B3	0.6827 (0,086)	0.4684 (0,747)	0.6227 (0,183)	1.0000 (0,000)

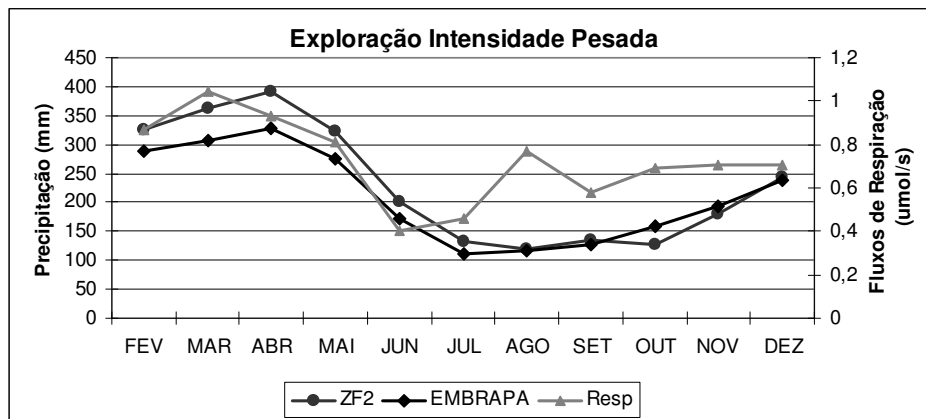
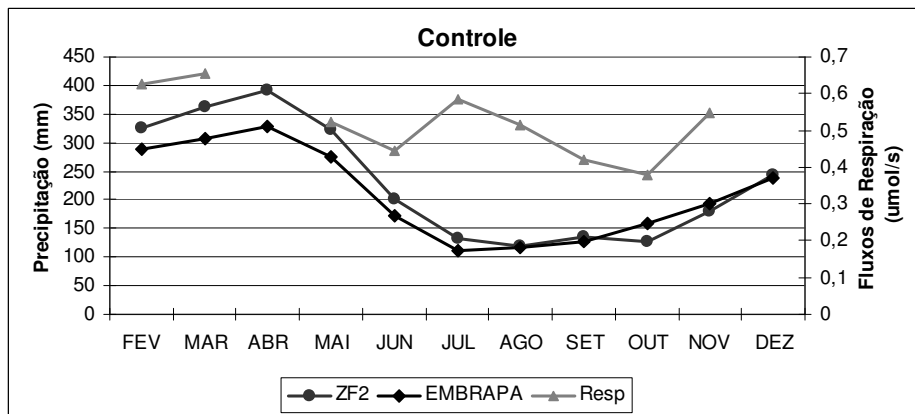
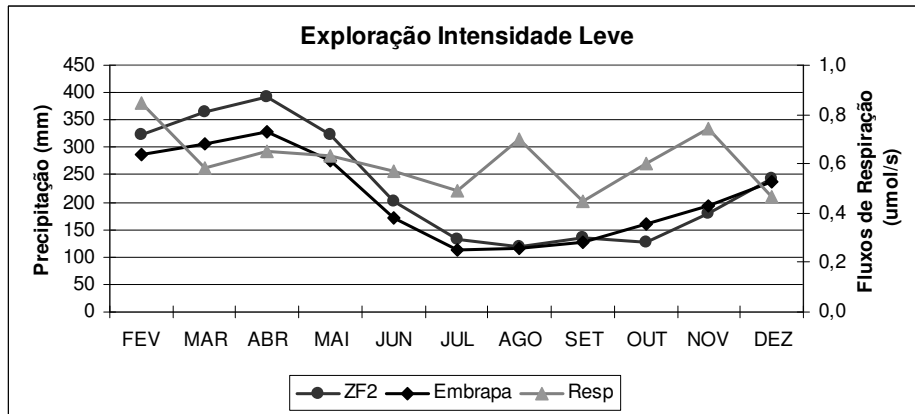


Fig. 18 – Fluxo de Respiração do tronco ($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) comparado à distribuição das chuvas ao longo do ano após a exploração florestal realizada em duas intensidades de remoção da área basal.

6.1.3. Correlação entre o fluxo de CO₂ emitido pelo tronco e o ICM

A correlação entre o fluxo de CO₂ do tronco e o incremento corrente mensal foi analisada considerando os dados de todas as árvores em cada bloco, dessa forma, relacionou-se o incremento de cada uma das 16 árvores do B1 com o fluxo de respiração do caule das mesmas 16 árvores, antes e após a exploração e repetindo-se o procedimento para os demais blocos (Quadro 10).

O quadro 10 permite verificar que a relação entre estas variáveis não sofreu alteração onde não houve tratamento (B2). Entretanto, na comparação entre os tratamentos de exploração é possível verificar que a correlação entre as variáveis se tornou mais estreita após a exploração de menor intensidade (B1), aumentando em cerca de 68% esse relacionamento. Para o bloco onde houve exploração em maior intensidade (B3), a correlação entre as variáveis diminuiu em cerca de 12%.

Esses resultados sugerem que, em condições naturais, a quantidade de carbono adquirida via fotossíntese necessária para a produção de tecidos lenhosos do tronco permanece constante ao longo do tempo. Ao ser manejada em uma condição auto-sustentável, ou seja, onde o recurso retirado não supera a capacidade de reposição da floresta, a produção de tecidos lenhosos poderá ser estimulada por meio de um incremento nos fluxos de respiração, pois uma redução adequada da área basal de uma floresta poderá estimular o desenvolvimento das árvores remanescentes, devido à maior disponibilidade para o crescimento das copas e maior disponibilidade de luz, portanto, maior fotossíntese, maior oferta de nutrientes etc.

Por outro lado, quando manejada sob um maior grau de impacto, o excesso da disponibilidade de recursos somado a maiores danos sofridos pelos indivíduos arbóreos remanescentes ocasiona à floresta um distúrbio que pode alterar a produção de energia necessária para a construção de novos tecidos.

Medições realizadas por diferentes projetos científicos do fluxo líquido de CO₂ para áreas de floresta não-perturbada, ou seja, onde a diferença entre o fluxo de CO₂ da atmosfera absorvido pela floresta via o processo de assimilação de carbono - fotossíntese durante o dia e o fluxo de CO₂ da floresta para atmosfera emitido pela

respiração das plantas e pela decomposição da matéria orgânica no chão da floresta e no solo, utilizando torres de medidas de fluxos em várias regiões da Amazônia, têm mostrado que a floresta aparentemente funciona como um sumidouro de parte do excesso de CO₂ atmosférico (Nobre & Nobre, 2002), assimilando valores bastante expressivos, entre uma até nove toneladas de carbono por hectare por ano (Araújo, 2002; Grace, 2002; Goulden, 2002; Kruijt, 2002; Malhi, 1998; Malhi, 1999; Miller, 2002; Nobre, 2000; Randow, 2002; Rocha, 2002; Ometto *et al.* 2005). Por outro lado, não se pode desconsiderar que essa grande variação pode estar relacionada não apenas à variabilidade ambiental (micro-clima), mas também a medições pontuais e metodologia aplicada, que impossibilitam afirmar que a Amazônia tem maior potencial como sumidouro de CO₂ atmosférico.

Quadro 10 – Matriz de Correlação entre o Incremento Corrente Mensal – ICM e a Respiração do tronco, antes e após a exploração (B1 = exploração leve; B2 = controle e B3 = exploração pesada).

Variáveis			INCR. CORRENTE MENSAL			RESPIRAÇÃO			INCR. CORRENTE MENSAL			RESPIRAÇÃO		
			Antes da exploração			Antes da exploração			Após a exploração			Após a exploração		
			B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
I C M	Antes da exploração	B1	1.0000 (1,000)											
		B2	-0.2636 (1,000)	1.0000 (0,000)										
		B3	0.1184 (1,000)	-0.1601 (1,000)	1.0000 (0,000)									
RESP	Antes da exploração	B1	0.3863 (1,000)	-0.0921 (1,000)	-0.1174 (1,000)	1.0000 (0,000)								
		B2	-0.5027 (1,000)	0.6745 (0,274)	-0.04289 (1,000)	-0.1172 (1,000)	1.0000 (0,000)							
		B3	0.0141 (1,000)	-0.3263 (1,000)	0.5358 (1,000)	-0.0070 (1,000)	-0.3916 (1,000)	1.0000 (0,000)						
I C M	Após a exploração	B1	0.4675 (1,000)	-0.0919 (1,000)	0.2292 (1,000)	0.5367 (1,000)	-0.3197 (1,000)	0.1509 (0,000)	1.0000 (0,000)					
		B2	0.0487 (1,000)	0.7069 (0,145)	-0.1882 (1,000)	0.1726 (1,000)	0.3339 (1,000)	0.0303 (0,000)	0.0466 (1,000)	1.0000 (0,000)				
		B3	0.1908 (1,000)	-0.2479 (1,000)	-0.0915 (1,000)	0.3525 (1,000)	-0.2562 (1,000)	0.4771 (0,000)	-0.0499 (1,000)	0.3393 (1,000)	1.0000 (0,000)			
RESP	Após a exploração	B1	0.5310 (1,000)	-0.3806 (1,000)	0.0426 (1,000)	0.7893 (0,018)	-0.1934 (1,000)	0.0288 (0,000)	0.5602 (1,000)	-0.1493 (1,000)	0.2154 (1,000)	1.0000 (0,000)		
		B2	-0.2177 (1,000)	0.4729 (1,000)	-0.0657 (1,000)	-0.0362 (1,000)	0.7177 (0,115)	-0.0643 (0,000)	-0.2360 (1,000)	0.6237 (0,649)	0.3096 (1,000)	-0.0552 (1,000)	1.0000 (0,000)	
		B3	0.4278 (1,000)	-0.3366 (1,000)	-0.2876 (1,000)	0.3695 (1,000)	-0.3698 (1,000)	0.3229 (0,000)	0.0063 (1,000)	0.0219 (1,000)	0.4734 (1,000)	0.3858 (1,000)	-0.1101 (1,000)	1.0000 (0,000)

6.1.4. Correlação entre a Razão Isotópica e as variáveis analisadas

A combustão das amostras de tecido lenhoso e folhas para a formação de gás possibilitou a separação do C e N em uma coluna cromatográfica, que após ser injetado em um espectrômetro de massas (Finnigan – MAT, Califórnia, EUA) determinou as razões isotópicas dos isótopos estáveis ^{15}N e ^{14}N ($\delta^{15}\text{N}$) e ^{12}C e ^{13}C ($\delta^{13}\text{C}$). Por se tratar de traços, os valores de δ são mínimos, por isso, são expressos em partes por mil (‰) (Robinson, 2001; Dawson *et al.*, 2002).

Quando um material contém uma quantidade maior de isótopo pesado em relação a outro material, costuma-se defini-lo como mais “enriquecido” ou “mais pesado”. Quando a situação é contrária, ou seja, um material contém uma quantidade menor de isótopo pesado em relação a outro material, aquele é definido como um material mais “empobrecido” ou “mais leve”.

A razão isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ para o tecido lenhoso das árvores selecionadas neste estudo foram correlacionadas com os tratamentos de exploração, a classe de diâmetro, o incremento corrente mensal e os respiração do tronco, com $n = 47$, que corresponde 03 blocos com 16 indivíduos por bloco, exceção para o bloco 3, com $n = 15$, devido a perda de uma das árvores acompanhadas neste estudo, durante a exploração florestal.

Não foram encontradas evidências na relação entre o fluxo de respiração do tronco e a razão isotópica das variáveis analisadas. Exceção para a classe diamétrica, onde se verificou uma forte correlação positiva ($r = 0.592$; $p < 0.0001$) para $\delta^{13}\text{C}$. Isto pode sugerir que em diâmetros maiores, por possuírem maior volume de tecido lenhoso, concentram mais C isotópicos do que em árvores com diâmetros menores. Por outro lado, para $\delta^{15}\text{N}$, o relacionamento mostrou-se inverso ($r = -0.321$; $p = 0.0280$), o que mostra que o aumento do diâmetro do caule pode influenciar inversamente na concentração de N isotópico do tecido lenhoso (quadro 11).

Quadro 11 - Matriz de Correlação entre a razão isotópica de C e N do tronco e as variáveis* analisadas neste estudo após a exploração florestal.

Variáveis	B	CD	$\delta^{15}\text{N}$	%N	$\delta^{13}\text{C}$	%C	C/N	ICM	RESP
B*	1.0000 (0.0000)								
CD*	0.0635 (1.0000)	1.0000 (0.0000)							
$\delta^{15}\text{N}$ *	0.0601 (0.6882)	-0.3205 (0.0280)	1.0000 (0.0000)						
%N*	0.0726 (0.6276)	0.4776 (0.0247)	-0.5771 (0.0008)	1.0000 (0.0000)					
$\delta^{13}\text{C}$ *	0.1939 (0.1916)	0.5919 (0.0000)	-0.3762 (0.3297)	0.3135 (1.0000)	1.0000 (0.0000)				
%C*	-0.0501 (0.7374)	0.2561 (1.0000)	-0.3305 (0.8376)	0.1501 (1.0000)	0.3285 (0.8703)	1.0000 (0.0000)			
C/N*	-0.0673 (1.0000)	-0.3939 (0.2214)	0.5289 (0.0047)	-0.8862 (0.0000)	-0.2055 (1.0000)	0.0134 (1.0000)	1.0000 (0.0000)		
ICM*	0.1849 (1.0000)	-0.0527 (1.0000)	0.0733 (1.0000)	-0.22332 (1.0000)	0.17275 (1.0000)	0.0364 (1.0000)	0.24355 (1.0000)	1.0000 (0.0000)	
RESP*	0.1617 (1.0000)	0.26647 (1.0000)	-0.2101 (1.0000)	0.2175 (1.0000)	0.18555 (1.0000)	-0.0489 (1.0000)	-0.1634 (1.0000)	0.5356 (0.0034)	1.0000 (0.0000)

* B – tratamentos de exploração
 CD – classe diamétrica
 $\delta^{15}\text{N}$ – razão isotópica do nitrogênio
 %N – porcentagem de nitrogênio na amostra
 $\delta^{13}\text{C}$ - razão isotópica do carbono
 %C – porcentagem de carbono na amostra
 C/N – razão C/N
 ICM – incremento corrente mensal
 RESP – fluxo de respiração do tronco

Isoladamente, os tratamentos de exploração pareceram influenciar na $\delta^{15}\text{N}$ do tecido lenhoso. Essa influência pode ser percebida com o teste *post hoc* de Tukey, onde verificou-se alta significância ($p= 0.0007$), ao comparar o tratamento controle (B2) com o tratamento de exploração leve (B1). Este mesmo comportamento foi observado ao comparar o controle (B2) com o tratamento de exploração pesada (B3) ($p=0.0028$), conforme pode ser visualizado na figura 19a.

Para $\delta^{13}\text{C}$, entretanto, os sinais são fracos para afirmar que houve uma diferença na comparação entre o controle e o tratamento B1 ($p = 0.1266$). Porém, o tratamento de maior intensidade de exploração (B3) mostrou maior significância em $\delta^{13}\text{C}$, quando comparado ao tratamento controle, chegando a uma significância similar ($p=0.0033$) a $\delta^{15}\text{N}$ (Fig. 19b).

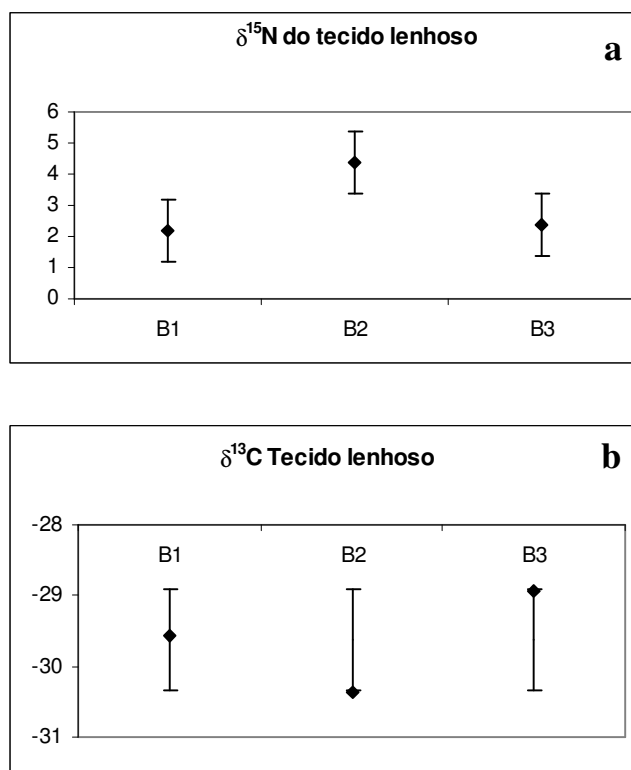


Fig. 19 a e b – Razão isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ para o tecido lenhoso em duas intensidades de exploração florestal (B1 e B3) comparadas ao tratamento controle (B2).

As amostras de tecido lenhoso do tronco foram coletadas individualmente de 4 direções distintas – Norte, Sul, Leste, Oeste – com o objetivo de verificar possíveis diferenças isotópicas no tecido lenhoso pela exposição diária da radiação solar, que pode ser incidir em maior intensidade em uma das direções do tronco ao longo dia. Para esta análise, foram utilizadas 192 amostras que correspondem a 47 árvores, vezes os 03 tratamentos (duas intensidades de exploração e controle), vezes as 4 direções. Não foi verificada nenhuma correlação entre a razão isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ e as 4 direções, o que permite concluir que a razão isotópica do tecido lenhoso mantêm-se relativamente constante em todas as direções do tronco.

Para verificar ainda a existência de diferença entre as médias dos tratamentos em cada direção, um novo teste *post hoc* de Tukey foi realizado confirmando o verificado na correlação entre as variáveis para ambos os elementos químicos.

Entretanto, é possível visualizar uma suave diferença entre os tratamentos quando comparados conjuntamente com as direções, conforme ilustrado na fig. 20 a e b.

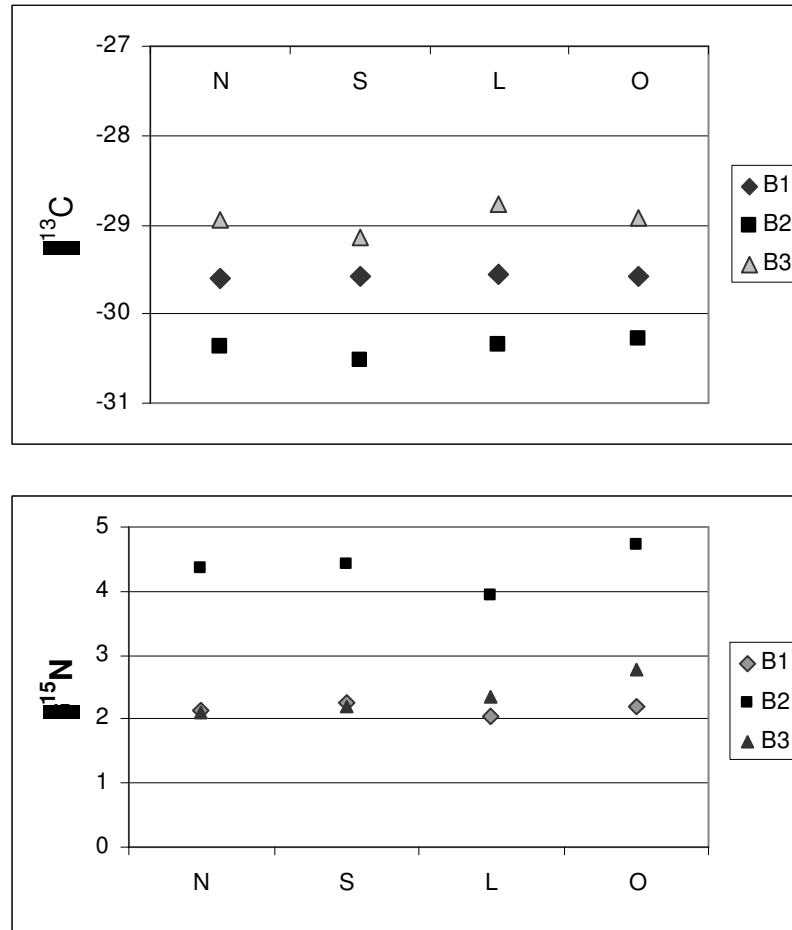


Fig. 20 a e b – Razão isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ para o tecido lenhoso amostrado nas direções Norte, Sul, Leste e Oeste em duas intensidades de exploração florestal (B1 e B3) comparadas ao tratamento controle (B2).

Para o tecido foliar, não foram encontradas evidências de relação entre o fluxo de respiração do tronco e a razão isotópica das variáveis analisadas, o mesmo acontecendo para a variável ICM. Entretanto, quando relacionada à variável Classe Diamétrica, verificou-se uma relação positiva ($r = 0.503$; $p = 0.0111$) para $\delta^{13}\text{C}$. Por outro lado, para $\delta^{15}\text{N}$, o relacionamento mostrou-se inverso ($r = -0.084$; $p = 0.5715$). Esse resultado também foi verificado para ao tecido lenhoso, embora essa relação inversa para o tecido foliar tenha se apresentado de forma menos intensa (quadro 12).

Quadro 12 - Matriz de Correlação entre a razão isotópica de C e N foliar e as variáveis analisadas neste estudo* após a exploração florestal.

Variáveis	BLOCO	CD	$\delta^{15}\text{N}$	%N	$\delta^{13}\text{C}$	%C	C/N	ICM	RESP
BLOCO*	1.0000 (0.0000)								
CD*	0.0635 (1.0000)	1.0000 (0.0000)							
$\delta^{15}\text{N}$ *	-0.1748 (1.0000)	-0.0845 (0.5715)	1.0000 (0.0000)						
%N*	0.1963 (1.0000)	0.1095 (1.0000)	0.3865 (0.2622)	1.0000 (0.0000)					
$\delta^{13}\text{C}$ *	0.1045 (1.0000)	0.5036 (0.0111)	-0.3344 (0.7769)	-0.0717 (1.0000)	1.0000 (0.0000)				
%C*	0.2062 (1.0000)	0.0009 (1.0000)	-0.1024 (1.0000)	0.1503 (1.0000)	0.0667 (1.0000)	1.0000 (0.0000)			
C/N*	-0.1337 (1.0000)	-0.1480 (1.0000)	-0.4146 (0.1353)	-0.9289 (0.0000)	0.0105 (1.0000)	0.0537 (1.0000)	1.0000 (0.0000)		
CRESC*	0.1849 (1.0000)	-0.0527 (1.0000)	-0.2007 (1.0000)	0.0656 (1.0000)	0.0277 (1.0000)	0.0150 (1.0000)	-0.1167 (1.0000)	1.0000 (0.0000)	
RESP*	0.1618 (1.0000)	0.2665 (1.0000)	-0.0597 (1.0000)	0.16987 (1.0000)	0.1418 (1.0000)	-0.0755 (1.0000)	-0.2515 (1.0000)	0.5356 (0.0037)	1.0000 (0.0000)

* B – Tratamentos de exploração
 CD – Classe diamétrica
 $\delta^{15}\text{N}$ – Razão isotópica do nitrogênio
 %N – do nitrogênio
 $\delta^{13}\text{C}$ - Razão isotópica do carbono
 %C -
 C/N – Razão C/N
 ICM – Incremento Corrente Mensal
 RESP – Fluxo de respiração do tronco

Para verificar possíveis diferenças entre os tratamentos de exploração e a classe diamétrica quando comparados ao tratamento controle, o teste *post hoc* de Tukey foi realizado.

Não houve diferença significativa para as classes de diâmetro na comparação de $\delta^{15}\text{N}$. Para os tratamentos de exploração, a exploração leve não diferiu significativamente do bloco controle ($p = 0,1375$). Contudo, quando comparado ao tratamento de maior intensidade de exploração, $\delta^{15}\text{N}$ mostrou uma diferença significativa para as árvores onde não houve exploração ($p = 0,0059$). Este resultado permite sugerir que quanto maior o impacto ocasionado na floresta maior será a influência deste impacto na absorção do nitrogênio. Um razão para este fato pode estar relacionado à maior disponibilidade luz e radiação para uma fração da copa das árvores que passa então a ficar mais exposta aos fatores ambientais. Esta exposição é proveniente da abertura de clareiras pela derrubada das árvores, o que pode ocasionar no fechamento dos estômatos em um maior período tempo e, por conseguinte, a redução de absorção do N mais leve (Fig. 21).

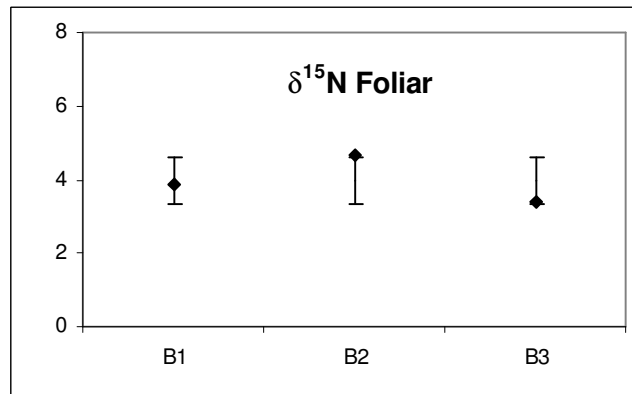


Fig. 21 – Razão isotópica do N ($\delta^{15}\text{N}$) no tecido foliar em duas intensidades de exploração florestal (B1 e B3) comparados a uma área não explorada (B2).

O teste de Tukey mostrou haver diferenças entre os tratamentos aplicados quando comparados ao bloco controle. O tratamento mais leve de exploração apresentou uma diferença menos expressiva ($p = 0,281$), enquanto a comparação com o tratamentos de maior intensidade de exploração mostrou uma diferença altamente significativa ($p = 0,0032$), mostrando que a perturbação das condições de equilíbrio da floresta pode promover em curto espaço de tempo (aproximadamente 1 ano) uma alteração do metabolismo vegetal, influenciando a preferência da absorção de elementos químicos mais pesados em relação aos mais leves (Fig. 23). Portanto, quanto maior for o impacto da exploração mais expressiva tenderá a ser essa relação.

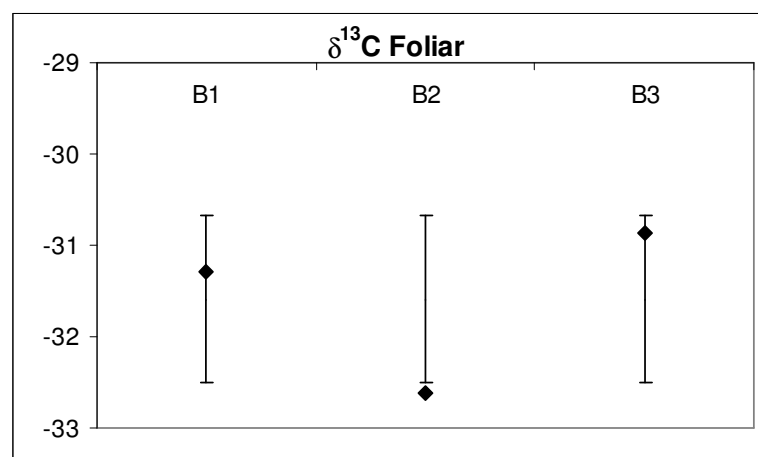


Fig. 22 - Razão isotópica do N ($\delta^{13}\text{C}$) no tecido foliar em duas intensidades de exploração florestal (B1 e B3) comparados a uma área não explorada (B2).

Diferente do $\delta^{15}\text{N}$, o teste de Tukey mostrou haver diferença entre as médias de $\delta^{13}\text{C}$ para as classes de diâmetro. Essa diferença foi mais bem evidenciada na comparação entre os menores diâmetros (10 < 20 cm) e aos maiores diâmetros (demais classes). Destaca-se o fato de que ambos os tratamentos apresentaram resultados semelhantes para os diâmetros maiores, quando comparados à folhas coletadas em área controle, resultado já demonstrado para a comparação entre os tratamentos.

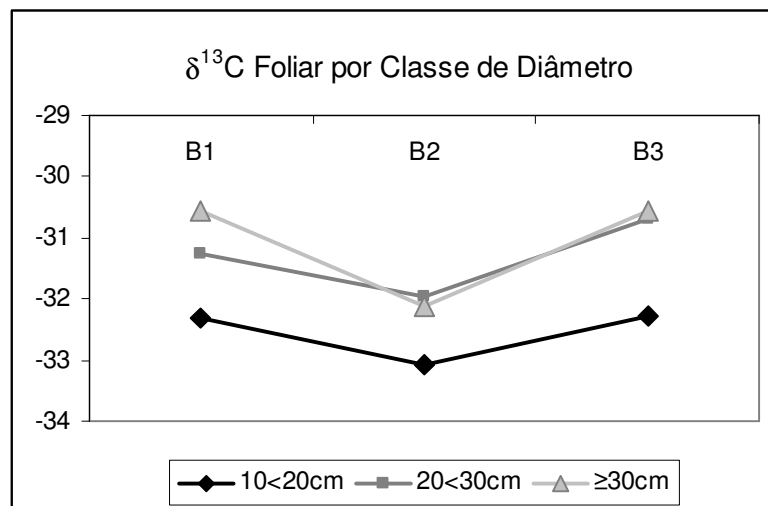


Fig. 23 - Razão isotópica do N ($\delta^{13}\text{C}$) no tecido foliar por bloco e por classe de diâmetro.

6.2. Análise de Variância - ANOVA

6.2.1. Análise de Variância entre o Incremento Corrente Mensal e as variáveis: tratamentos de exploração e classes diamétricas com o passar do tempo

A análise de variância (ANOVA) para as 48 árvores selecionadas neste estudo, considerando o IMM, os blocos, classes diamétricas e suas respectivas interações com o passar do tempo, mostrou não haver significância entre as variáveis analisadas. As medidas foram tomadas durante 24 meses antes da aplicação dos tratamentos de exploração. Somente a variável crescimento (IMM) apresentou alta significância ($\alpha < 0.001$) e menor significância na interação com os tratamentos ($\alpha = 0.041$). Usando o nível tradicional ($\alpha = 0,05$) pode-se afirmar que esta interação é significativa ao nível de 5%, mas não a 1% (Quadro 13). Separadamente, os blocos apresentaram considerável variação (valores de G-G para os blocos B1 = 0.012 ($p=0.000$); B2 = 0.23 ($p=0.000$); B3 = 0.084 ($p=0.006$)).

Quadro 13 – Análise de Variância de medições repetidas para a variável Incremento Corrente Mensal (ICM) em relação às classes diamétricas (CD), aos blocos (B) e às suas respectivas interações antes da exploração florestal.

Fontes de Variação	GL	SQ	MQ	F	P	G-G	H-F
ICM	23	72.461	3.150	3.809	0.000	0.000	0.000
ICM * B	46	62.257	1.353	1.636	0.005	0.041	0.014
ICM * CD	46	21.969	0.478	0.577	0.989	0.929	0.974
ICM * B * CD	92	81.145	0.882	1.066	0.323	0.367	0.343
Erro	897	741.992	0.827				

Ao considerar os blocos separadamente, mas com o mesmo tempo de coleta, verificou-se que o bloco 1 e o bloco 2 apresentaram significância similar para a variável incremento, mas essa significância não permaneceu na interação crescimento e classe diamétrica. Para o bloco 3, a não significância foi mais expressiva na comparação entre os três blocos. Os resultados sugerem que mesmo para áreas que apresentam o mesmo tipo de vegetação com a mesma topografia, as taxas de incremento em diâmetro podem apresentar variações consideráveis e essas variações foram

percebidas em relação ao tamanho das árvores (classe de diâmetro). Entretanto, isoladamente as classes diamétricas não mostraram diferenças significativas entre si.

Após o acompanhamento do incremento corrente mensal das árvores na floresta em condição natural, realizou-se a exploração seletiva de madeira em duas intensidades: leve (B1) e pesada (B3), com remoção de 6,04% e 11,59% de área basal, respectivamente. Para verificar diferenças entre os tratamentos, a análise de variância foi realizada para os três blocos considerando os 12 meses de medição após a exploração.

Não houve significância para a variável incremento nem para as interações entre as demais variáveis, esse resultado se repetiu tanto para o bloco 1 quanto para o bloco 3. No bloco 2, onde não houve exploração – tratamento controle – o comportamento das árvores permaneceu similar aos anos anteriores, para os mesmos parâmetros analisados anteriormente.

Ao comparar o comportamento do ICM antes da exploração e imediatamente após, verifica-se que os tratamentos influenciaram no incremento das árvores, a ponto de não se verificar diferenças no ICM ao longo do tempo de medição (quadro 14) para as árvores remanescentes dos tratamentos de exploração, que naturalmente sofrem influência periódica devido à sazonalidade da região, sobretudo, quanto à precipitação (Silva, 2001) que para a região de Manaus possui períodos distintos, conforme verificado no teste de correlação entre o ICM e a precipitação local. Por outro lado, as árvores do bloco testemunha apresentaram padrão similar ao verificado nos 24 meses anteriores.

Estudos que focalizaram os custos e benefícios da exploração florestal de impacto reduzido (Homes *et al.*, 2002) e de monitoramento de floresta manejada experimentalmente (Silva *et al.*, 1996) e estudos sobre os impactos ambientais da exploração seletiva de madeira na Amazônia (BIONTE, 1997) têm mostrado o comportamento da floresta remanescente com a aplicação das técnicas para o manejo florestal. Esses estudos indicam que a sustentabilidade ecológica depende, fundamentalmente, da qualidade da exploração seletiva da madeira. De modo geral, a floresta remanescente responde positivamente aos tratamentos silviculturais e os incrementos são suficientes para garantir um ciclo de corte economicamente viável.

Quadro 14 – Análise de Variância de medições repetidas para a variável Incremento Corrente Mensal (ICM) em relação às classes diamétricas (CD), aos blocos (B) e às suas respectivas interações após a exploração florestal.

Fontes de Variação	GL	SQ	MQ	F	P	G-G	H-F
Bloco 1 – Exploração Leve							
ICM	11	6.545	0.595	1.990	0.033	0.110	0.066
ICM * CD	22	6.587	0.299	1.002	0.466	0.446	0.458
Erro	143	42.745	0.299				
Bloco 2 - Controle							
ICM	11	25.905	2.355	4.192	0.000	0.016	0.006
ICM * CD	22	21.969	0.999	1.778	0.024	0.141	0.106
Erro	143	80.333	0.562				
Bloco 3 – Exploração Pesada							
ICM	11	16.727	1.521	1.816	0.056	0.184	0.168
ICM * CD	22	18.957	0.862	1.029	0.433	0.410	0.418
Erro	143	119.716	0.837				

6.2.2. Análise de Variância entre o Fluxo de Respiração do Tronco e as variáveis: tratamentos de exploração e classes diamétricas com o passar do tempo

O fluxo de respiração do tronco também foi acompanhado mensalmente antes da exploração seletiva de madeira (Fig. 19). Foram realizadas 13 medições mensais entre os anos de 2006 e 2008. Para verificar a variação entre e dentro das variáveis bloco e classe diamétrica com o passar do tempo, realizou-se a análise de variância com parcelas repetidas utilizando os fatores G-G e H-F.

A análise ao longo do tempo mostrou significância ($\alpha = 0.002$), sugerindo que a emissão de CO₂ pelo tronco modifica-se ao longo do ano, possivelmente influenciado pela sazonalidade da região.

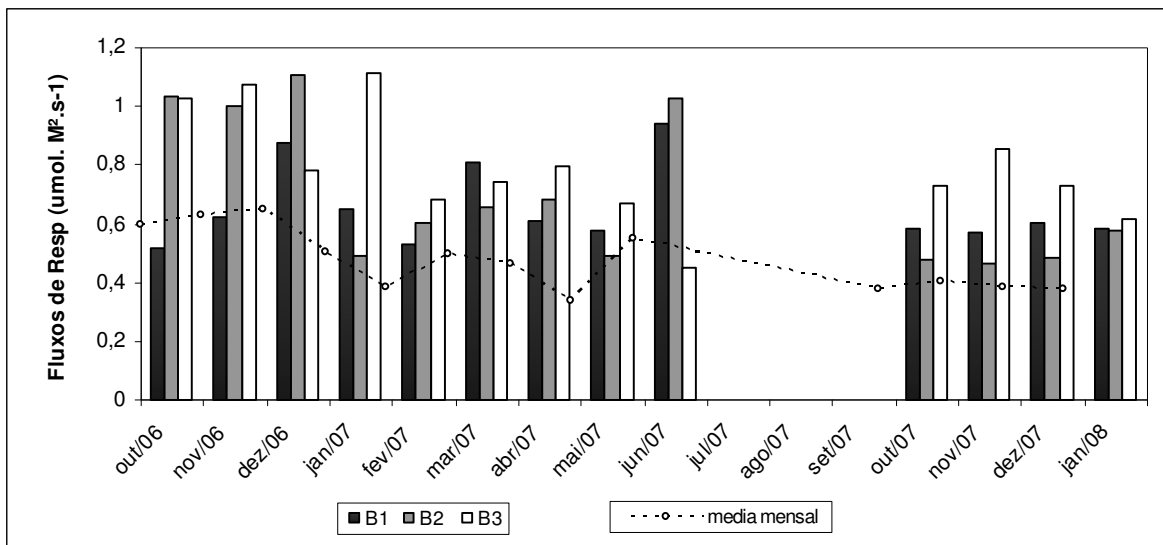


Fig. 24 – Fluxos de respiração mensal do tronco ($\text{umol.m}^2.\text{s}^{-1}$) antes da exploração florestal para os três blocos.

O mesmo comportamento foi verificado na interação entre os fluxos de respiração e os blocos ao longo do tempo ($\alpha < 0.001$) (Fig. 20) que não se repetiu na interação tempo e classe diamétrica ($\alpha = 0.324$) e na interação tempo, bloco e classe diamétrica ($\alpha = 0.727$).

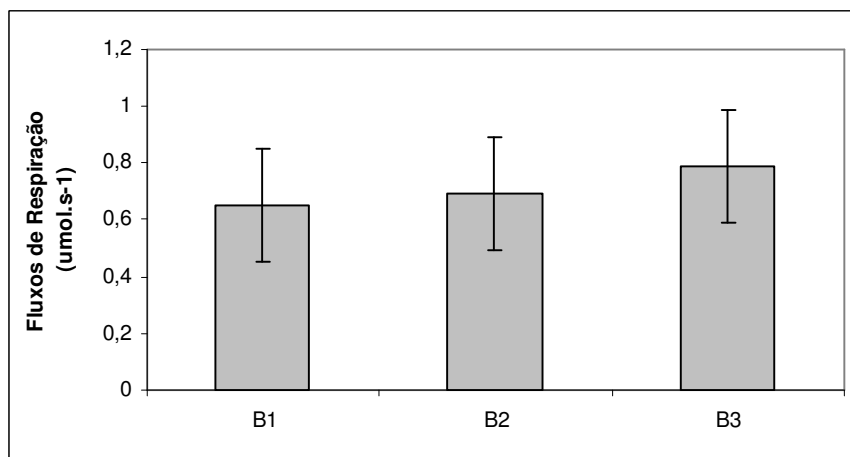


Fig. 25 – Fluxos de respiração do tronco ($\text{umol.m}^2.\text{s}^{-1}$) por bloco antes da exploração seletiva de madeira

Verificou-se que houve significância ao nível de 5% ($p = 0.038$) entre as três classes diamétricas estabelecidas neste estudo, comportamento que não se repetiu na interação entre blocos e classe diamétrica ($p = 0.427$) (Fig. 21).

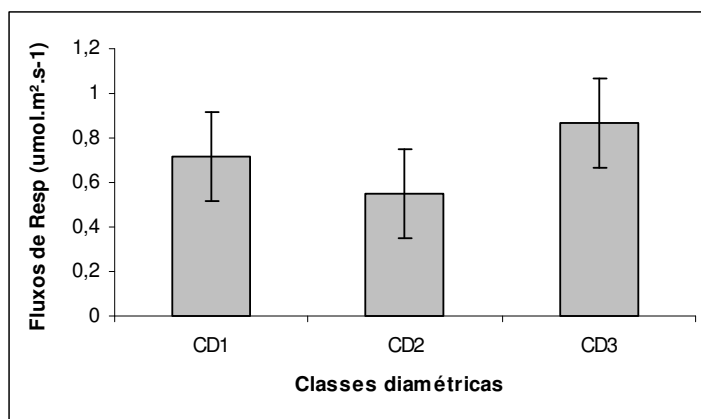


Fig. 26 – Fluxos de respiração por classe diamétrica antes da exploração seletiva de madeira

Esse resultado confirma o verificado por Teixeira (2003) na comparação do fluxo de respiração do tronco em diferentes classes diamétricas, onde caules com diâmetros maiores não apenas tem um alto fluxo respiratório devido à alta quantidade de produção de tecido lenhoso, mas também que árvores com diâmetros maiores têm um volume maior de madeira viva por unidade de área do caule, portanto, maiores fluxos de respiração.

Após o acompanhamento do fluxo de respiração mensal do tronco das árvores na floresta em condição natural, realizou-se a exploração seletiva de madeira em duas intensidades, conforme descrito para a análise de variância da variável ICM.

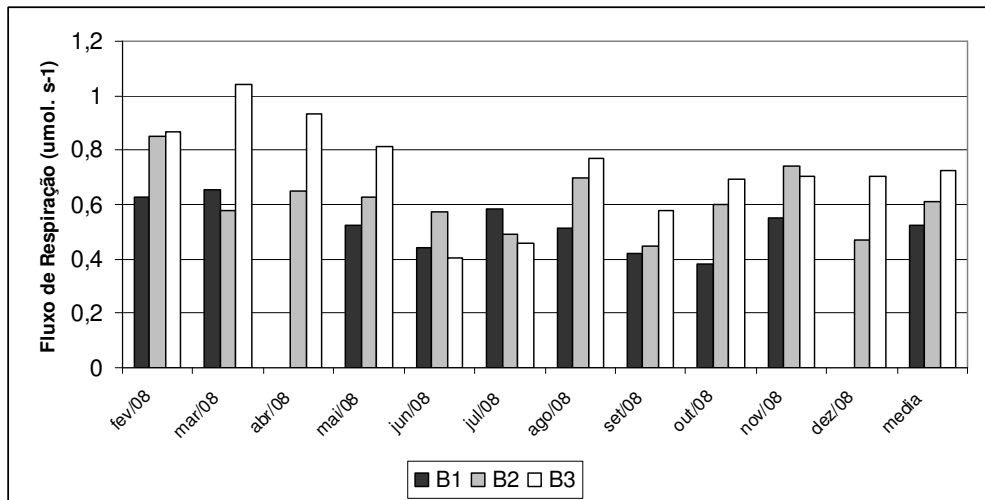


Fig. 27 – Fluxos de respiração mensal do tronco ($\text{umol.m}^2.\text{s}^{-1}$) após a exploração florestal leve (B1) e pesada (B3), comparados ao bloco não explorado (B2).

Para verificar diferenças entre os tratamentos no fluxo de respiração mensal do tronco, a análise de variância foi realizada para os três blocos individualmente, após a exploração. Não foram observadas diferenças significativas entre os blocos ($p = 0.588$), entre as classes diamétricas ($p = 0.775$) ou na interação bloco e classe diamétrica ($p = 0.741$)

Por outro lado, entre os meses de medição, a variação do fluxo de respiração para as 48 árvores foi bastante significativa ($\alpha = 0.006$) e a interação entre as medidas tomadas ao longo do tempo e os tratamentos mostra uma expressiva evidência de interação entre estas variáveis ($\alpha = 0.018$). Quando verificados isoladamente, os tratamentos apresentaram comportamento bastante variado, mostrando alta significância (Fig. 22 e Quadro 15).

Quadro 15 – Análise de Variância de medidas repetidas para a variável Fluxo de Respiração do Tronco (Resp) em relação às classes diamétricas (CD) e às suas respectivas interações após a exploração florestal.

Fontes de Variação	GL	SQ	MQ	F	P	G-G	H-F
Bloco 1 – Exploração Leve							
RESP	10	2.621	0.262	1.650	0.099	0.168	0.119
RESP * CD	20	1.495	0.075	0.471	0.973	0.886	0.957
Erro	130	20.647	0.159				
Bloco 2 – Controle							
RESP	10	0.969	0.097	1.152	0.329	0.341	0.342
RESP * CD	20	3.502	0.175	2.082	0.007	0.075	0.041
Erro	130	10.931	0.084				
Bloco 3 – Exploração Pesada							
RESP	10	5.360	0.536	6.754	0.000	0.000	0.000
RESP * CD	20	2.041	0.102	1.286	0.201	0.276	0.236
Erro	120	9.524	0.079				

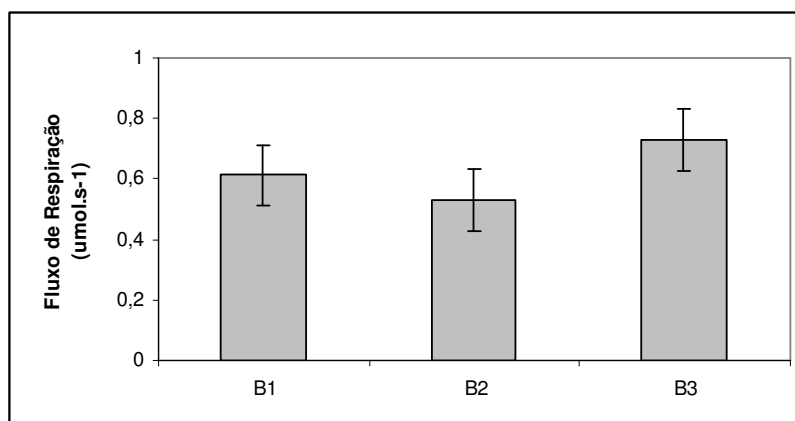


Fig. 28 – Fluxos de respiração do tronco (umol.m².s⁻¹) por bloco após da exploração seletiva de madeira

Por outro lado, quando comparada às classes diamétricas, a interação torna-se bem mais fraca ($\alpha = 0.110$) e quando todas as variáveis são consideradas, a significância torna-se ainda menos evidente ($\alpha = 0.344$). Esse resultado contrasta com o verificado antes da exploração.

Entretanto, na interação entre os fluxos de respiração e a classe diamétrica (Fig. 23), somente o bloco 3 apresentou significância ($G-G < 0.001$), sugerindo que a relação entre a intensidade da respiração e o volume de tecido lenhoso do tronco tornou-se mais intensa quando a floresta sofre uma intervenção mais intensa na floresta (B3), já que uma exploração de menor impacto (B1) não foi suficiente para alterar de forma significativa os fluxos de respiração do tronco.

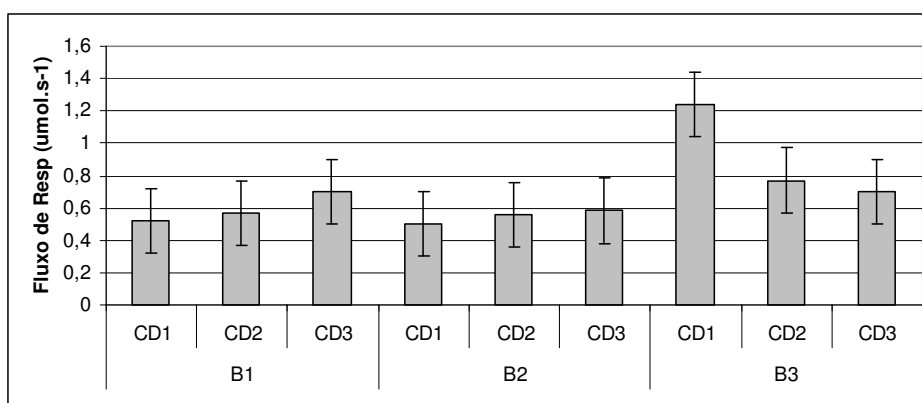


Fig. 29 – Fluxos de respiração por classe diamétrica após da exploração seletiva de madeira

6.2.3. Análise de Variância entre a Razão Isotópica do C e N do tecido foliar e lenhoso e as variáveis: tratamentos de exploração e classes diamétricas

Para verificar a variação entre e dentro das variáveis bloco e classe diamétrica, realizou-se a análise de variância para verificar a interação destas variáveis com a razão isotópica do C e N no tecido foliar e no tecido lenhoso do tronco.

Para o tecido foliar, a análise mostrou significância ao nível de 5% ($p = 0.0404$) entre os tratamentos de exploração ou blocos experimentais para $\delta^{15}N$, resposta que não se repetiu para as classes diamétricas estabelecidas neste estudo e na interação entre blocos e classe diamétrica (Quadro 16), sugerindo que a absorção de N “mais pesado” pelas árvores é influenciada pela exploração florestal imediatamente após a exploração.

Quando $\delta^{13}C$ é testado sob as mesmas condições, passa a mostrar uma sensibilidade maior do que $\delta^{15}N$ para as classes diamétricas ($p = 0.0214$), por outro lado

quando os tratamentos de exploração são comparados, a variação entre estes é menor, a um nível de 10% de probabilidade ($p = 0.0687$). Não houve interação entre as variáveis analisadas para a razão isotópica do C (Quadro 16).

Para os parâmetros analisados, a razão isotópica do N ($\delta^{15}\text{N}$) do tecido lenhoso do tronco mostrou-se altamente significativa à variação dentro das classes diamétricas, a um nível menor que 1% de probabilidade ($p = 0.0061$), comportamento que não se repetiu para os tratamentos aplicados ou a interação entre ambas as variáveis (Quadro 17).

Diferentemente de $\delta^{15}\text{N}$, para o tecido lenhoso do tronco, o $\delta^{13}\text{C}$ mostrou-se mais sensível tanto às classes diamétricas quanto aos tratamentos aplicados ($p = 0.0061$ e $p = 0.0024$, respectivamente).

Quadro 16 – Análise de Variância da razão isotópica de C e N do tecido foliar em relação às classes diamétricas (CD) e às suas respectivas interações após a exploração florestal.

Fontes de Variação	GL	SQ	MQ	F	P
$\delta^{15}\text{N}$					
CD	2	0.8081	0.4041	0.3160	0.7309
BLOCO	2	8.9370	4.4685	3.4947	0.0404
CD*BLOCO	4	2.4877	0.6219	0.4864	0.7456
Erro	38	4.8589 E ⁺⁰¹	1.2787		
$\delta^{13}\text{C}$					
CD	2	1.5455E ⁺⁰¹	7.7278	4.2612	0.0214
BLOCO	2	1.0431E ⁺⁰¹	5.2155	2.8758	0.0687
CD*BLOCO	4	1.3604	0.3401	0.1875	0.9435
Erro	38	6.8915E ⁺⁰¹	1.8135		

Quadro 17 – Análise de Variância da razão isotópica de C e N do tecido lenhoso do tronco em relação às classes diamétricas (CD) e às suas respectivas interações após a exploração florestal.

Fontes de Variação	GL	SQ	MQ	F	P
$\delta^{15}\text{N}$					
CD	2	3.1465 E ⁺⁰²	1.5733 E ⁺⁰²	5.8464	0.0061
BLOCO	2	4.6907	2.3453	0.8715	0.4265
CD*BLOCO	4	3.6415	0.9104	0.3383	0.8504
Erro	38	1.0226 E ⁺⁰²	2.6909		
$\delta^{13}\text{C}$					
CD	2	6.0145	3.0073	3.0159	0.0608
BLOCO	2	1.4184 E ⁺⁰¹	7.0919	7.1125	0.0024
CD*BLOCO	4	2.2227	0.5568	0.5573	0.6949
Erro	38	3.7890 E ⁺⁰¹	0.9971		

6.3. Análise de Regressão:

A análise de regressão linear foi utilizada para verificar o peso relativo das variáveis, considerando as seguintes variáveis contínuas: ICM ou crescimento do tronco, Fluxo de Respiração do Tronco e Diâmetro à Altura Padrão - DAP.

Os indicadores clássicos de desempenho dos modelos testados são os recomendados na literatura, como por exemplo, Draper e Smith, 1966 e Santos, 1996. Os modelos testados foram baseados em modelos que já demonstraram bons desempenhos em outras situações e sítios. Alguns modelos foram testados considerando uma ou mais entrada de variáveis independentes. A comparação das equações foi baseada nos seguintes indicadores: coeficiente de correlação (r), coeficiente de determinação (r^2), desvio padrão da média em porcentagem ($Sy.x\%$) e a distribuição de resíduos.

O coeficiente de correlação possibilita verificar o grau de relação entre as variáveis dependente e independente, enquanto o coeficiente de determinação permite verificar o quanto da variação dos dados é explicada pelo modelo (em %). O desvio padrão da média ou erro padrão da estimativa (da média) indica a precisão do modelo pela diferença entre cada valor observado e estimado. Estes valores distribuídos em um eixo e permitem avaliar a consistência do modelo testado. Essa distribuição deve ser uniforme ao longo do eixo, quanto mais uniforme é a distribuição melhor é o modelo. O modelo ideal deverá, portanto, possuir maiores valores para r e r^2 , menores valores de $Sy.x\%$ e melhor distribuição de resíduos.

Outras variáveis também são importantes como, por exemplo, o custo da coleta da variável, que também deve ser um critério importante na tomada de decisão para a escolha do melhor modelo. Esta variável deve ser considerada para a escolha final entre modelos com indicadores quantitativos próximos.

A descrição dos modelos, os coeficientes de regressão de cada modelo, juntamente os seus respectivos r , r^2 , desvio padrão da estimativa ($Sy.x$) e erro padrão de estimativa da média ($Sy.x\%$) são apresentados no quadro 16. As análises de variância de cada modelo são apresentadas no quadro 19. Todos os modelos

apresentaram-se altamente significantes ($p < 0,001$). As distribuições de resíduos de todos os 7 modelos testados são apresentadas na figura 30.

Como variáveis dependentes foram utilizadas as seguintes variáveis: ICM e Fluxo de Respiração do Tronco. As seguintes variáveis foram utilizadas como independentes: DAP, $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$. Todas as equações apresentaram alta significância (ANOVA, $p < 0,001$). De modo geral, os coeficientes de correlação foram positivos e maiores que 50%, com exceção para o modelo 2 ($\text{RESP} = a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot \text{ICM}$), onde a Resp foi relacionada com o DAP e o ICM, que apresentou o menor r . Por outro lado, o maior coeficiente de correlação foi encontrado no modelo 1 ($\text{RESP} = a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot \text{ICM} + d \cdot 15\text{N} + e \cdot 13\text{C}$), que considerou a Resp como variável dependente de todas as variáveis testadas. Em seguida, estão os modelos logarítmicos (4 e 7) que apresentaram o mesmo valor de r .

Os modelos 1 e 5 apresentaram os maiores valores de coeficiente de determinação e explicam, respectivamente, 39% e 34% da variação dos dados. Para todos os modelos testados, entretanto, os valores de $\text{Sy.x}\%$ foram superiores a 10%, destacando o menor valor para o modelo 1 (37,9%) e o maior valor para o modelo 7 (215,9%). Para este trabalho, o valor de n utilizado foi igual a 47 que corresponde aos indivíduos acompanhados após a exploração seletiva de madeira. Silva (2007), entretanto, informa que uma intensidade de amostragem igual a 131 (número de amostras utilizadas para testar modelos de biomassa total) foi suficiente para garantir erros aceitáveis. Dessa forma, é possível que os valores altos de $\text{Sy.x}\%$ podem estar relacionados a um n menor do que o necessário para esta análise.

Os modelos logarítmicos (4 e 7) apresentam perfeita similaridade quanto aos coeficientes de correlação e determinação, entretanto o erro padrão de estimativa da média do modelo 7 ($\ln \text{ICM} = a + b \cdot \ln \text{RESP}$) foi 3,5 vezes maior que o modelo 4 ($\ln \text{RESP} = a + b \cdot \ln \text{CRESC}$), mostrando que na relação entre as variáveis Fluxo de Respiração do tronco e o Crescimento do Tronco, a melhor relação é o fluxo de respiração dependente do crescimento arbóreo.

De uma forma geral, considerando todas as variáveis analisadas para a variável dependente Respiração do tronco, o modelo 1 foi o que melhor apresentou-se para os critérios de escolha do melhor modelo de regressão, entretanto, considerando os custos

que envolvem a análise isotópica de amostras da madeira, o modelo 3 torna-se a melhor alternativa.

Quando se considera como variável dependente o Crescimento do Tronco, o melhor modelo considerado foi o 5 que também envolve todas as variáveis testadas. Entretanto, tendo em vista o critério custo, o modelo mais aceitável passa a ser o modelo 6. Por fim, na comparação da relação respiração e crescimento do tronco, pode afirmar que a respiração é melhor definida como dependente do crescimento do tronco.

Esse resultado confirma o verificado por Teixeira (2003) que também verificou a relação entre os fluxos de respiração e o crescimento do tronco em diferentes níveis de redução da área basal, após quase 20 anos de exploração.

Torna-se imprescindível explicar que o modelo apresentado foi desenvolvido para condições ambientais típicas da floresta tropical central amazônica. Em outras regiões, por apresentar características de sítio distintas, novos modelos devem ser ajustados.

Quadro 18 – Equações testadas para a relação entre as variáveis estudadas

Modelo	N	a	b	c	d	e	r	r ²	Syx	Syx(%)
1*	47	0.6578	0.0015	0.2405	-0.0408	0.0024	0.6236	0.3889	0.2359	37,95901
2*	47	0.4517	0.0025	0.2249	-	-	0.2895	0.3204	0.2431	39,11758
3*	47	0.5109	0.2437	-	-	-	0.5356	0.2869	0.2462	39,6164
4*	47	-0.3001	0.2216	-	-	-	0.5454	0.2974	0.3980	64,04276
5*	47	-0.7401	0.0033	1.2455	0.0827	-0.0032	0.5875	0.3451	0.5369	118,3829
6*	47	-0.2782	1.1775	-	-	-	0.5357	0.2869	0.5413	119,3531
7*	47	-0.4835	1.3422	-	-	-	0.5454	0.2974	0.9796	215,9953

* Modelos descritos abaixo:

- 1 - $RESP = a + b \cdot DAP + c \cdot ICM + d \cdot {}^{15}N + e \cdot {}^{13}C$
- 2 - $RESP = a + b \cdot DAP + c \cdot ICM$
- 3 - $RESP = a + b \cdot ICM$
- 4 - $\ln RESP = a + b \cdot \ln ICM$
- 5 - $ICM = a + b \cdot DAP + c \cdot RESP + d \cdot {}^{15}N + e \cdot {}^{13}C$
- 6 - $ICM = a + b \cdot RESP$
- 7 - $\ln ICM = a + b \cdot \ln RESP$

Onde: RESP = Fluxo de Respiração do Tronco
DAP = Diâmetro à Altura Padrão
ICM = Incremento Corrente Mensal
¹⁵N = Razão isotópica do Nitrogênio
¹³C = Razão Isotópica do Carbono

Quadro 19 – Análise de Variância de Regressão para as variáveis dependentes RESP e ICM.

$$19.1 - \text{RESP} = a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot \text{ICM} + d \cdot {}^{15}\text{N} + e \cdot {}^{13}\text{C}$$

Fontes de Variação	GL	SQ	MQ	F	p
Regressão	4	1.4882	0.3721	6.6828	0.0003
Resíduo	42	2.3383	0.0557		

$$19.2 - \text{RESP} = a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot \text{ICM}$$

Fontes de Variação	GL	SQ	MQ	F	p
Regressão	2	1.2259	0.6129	1.0371 E ⁺⁰¹	0.0002
Resíduo	44	2.6006	0.0591		

$$19.3 - \text{RESP} = a + b \cdot \text{ICM}$$

Fontes de Variação	GL	SQ	MQ	F	P
Regressão	1	1.0979	1.0979	1.8107 E ⁺⁰¹	0.0001
Resíduo	45	2.7286	0.0606		

$$19.4 - \ln \text{RESP} = a + b \cdot \ln \text{CRESC}$$

Fontes de Variação	GL	SQ	MQ	F	P
Regressão	1	3.0183	3.0183	1.9049 E ⁺⁰¹	0.0000
Resíduo	45	7.1299	0.1584		

$$19.5 - \text{ICM} = a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot \text{RESP} + d \cdot {}^{15}\text{N} + e \cdot {}^{13}\text{C}$$

Fontes de Variação	GL	SQ	MQ	F	p
Regressão	4	6.3816	1.5954	5.5341	0.0011
Resíduo	42	1.2108 E ⁺⁰¹	0.2883		

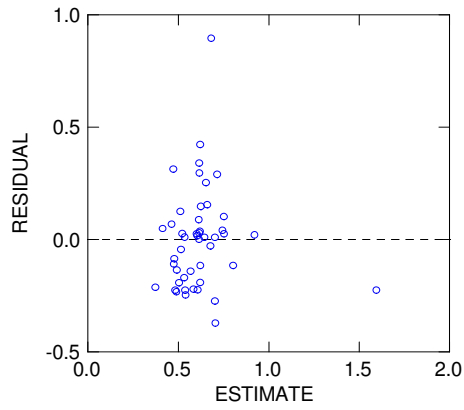
$$19.6 - \text{ICM} = a + b \cdot \text{RESP}$$

Fontes de Variação	GL	SQ	MQ	F	p
Regressão	1	5.3052	5.3052	1.8107 E ⁺⁰¹	0.0001
Resíduo	45	1.3184 E ⁺⁰¹	0.2929		

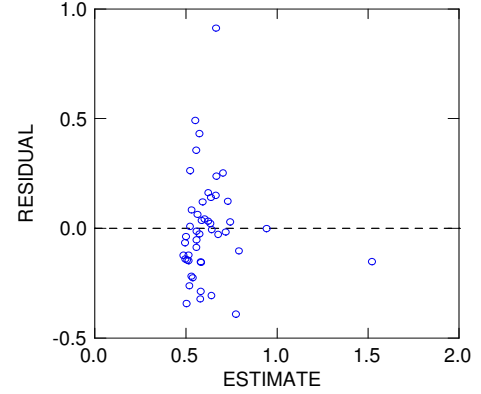
$$19.7 - \ln \text{ICM} = a + b \cdot \ln \text{RESP}$$

Fontes de Variação	GL	SQ	MQ	F	p
Regressão	1	1.8282 E ⁺⁰¹	1.8282 E ⁺⁰¹	1.9049 E ⁺⁰¹	0.0000
Resíduo	45	4.3187 E ⁺⁰¹	0.9597		

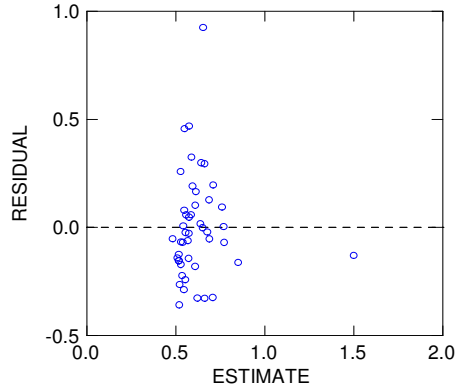
30.1 - $RESP = a + b \cdot DAP + c \cdot ICM + d \cdot {}^{15}N + e \cdot {}^{13}C$



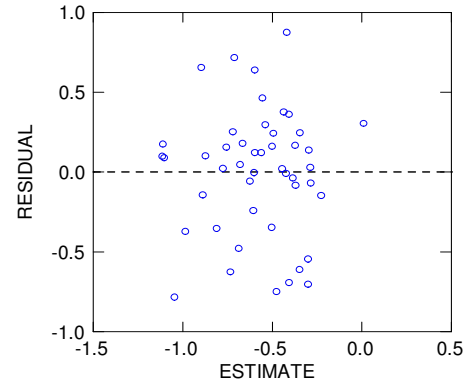
30.2 - $RESP = a + b \cdot DAP + c \cdot ICM$



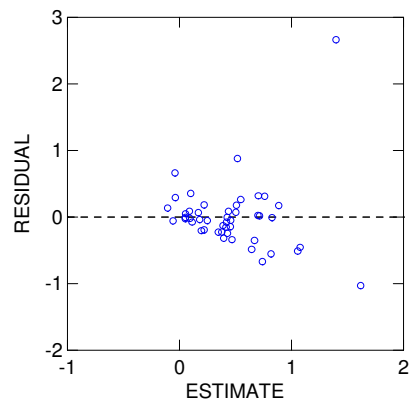
17.3 - $RESP = a + b \cdot ICM$



17.4 - $\ln RESP = a + b \cdot \ln CRESC$



30.5 - $ICM = a + b \cdot DAP + c \cdot RESP + d \cdot {}^{15}N + e \cdot {}^{13}C$



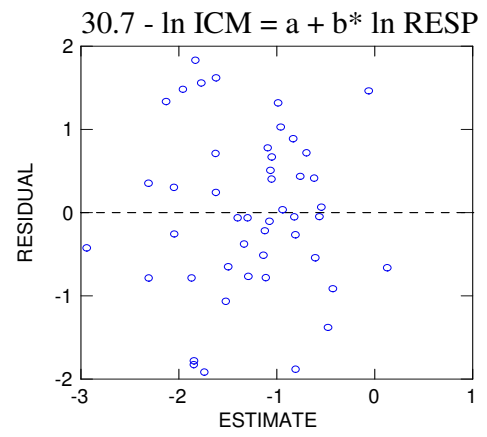
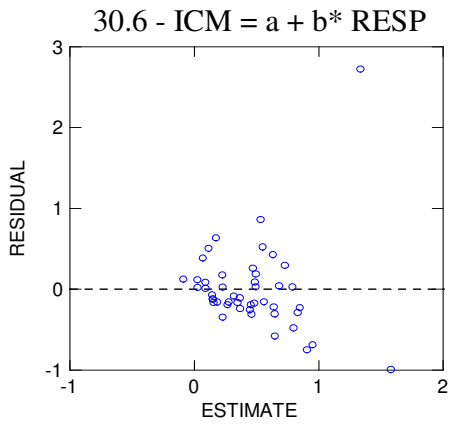


Fig. 30 - Distribuição dos Resíduos para a relação de ICM e RESP entre si e com as demais variáveis analisadas neste estudo

7. CONCLUSÃO

A exploração seletiva de madeira em duas intensidades de exploração alterou as condições de equilíbrio da floresta tropical úmida de terra-firme na região de Manaus.

O crescimento diamétrico apresentou variação sazonal, e esta variação foi inversamente relacionada à maior intensidade de exploração ($r = -0,15$; $p = 0,99$). Por outro lado, o fluxo respiratório destes tecidos foi diretamente relacionado à maior intensidade de exploração ($r = 0,68$; $p=0,086$). A menor intensidade de exploração aumentou em 68% a relação entre ICM e RESP.

Para a análise isotópica, $\delta^{13}\text{C}$ do tecido lenhoso foi positiva e altamente correlacionada com a classe diamétrica ($r = 0,592$; $p < 0,0001$), o mesmo ocorrendo para o tecido foliar ($r= 0,503$; $p = 0,01$). Houve diferenças entre os tratamentos para $\delta^{15}\text{N}$ do tecido lenhoso ($p < 0,01$), enquanto para o tecido foliar, a diferença foi verificada entre B3 e o bloco controle ($p= 0,0059$). Tanto para $\delta^{13}\text{C}$ como para $\delta^{15}\text{N}$, os tratamentos pareceram influenciar as razões isotópicas do tecido foliar e lenhoso e essa influência varia de acordo com a classe diamétrica.

O RESP foi significativamente correlacionado com as variáveis DAP, ICM, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ ($p < 0,001$). Entretanto, ao considerar custos de análise e coleta, $\ln \text{RESP}$ dependente de $\ln \text{ICM}$ apresenta melhor esta relação ($p < 0,0001$). Os tratamentos de exploração influenciaram o comportamento da floresta manejada quando comparada à floresta não explorada com as mesmas características ambientais. Essa influência foi mais visível para as árvores com menores diâmetros, o que pode comprometer a sobrevivência das árvores jovens remanescentes. Dessa forma, para um novo ciclo de exploração, tratamentos de condução das árvores remanescentes tornam-se essenciais para a recomposição do estoque de madeira da floresta manejada.

Quando somente a variável Tratamentos de exploração foi considerada houve um suave aumento dos fluxos de respiração para as árvores remanescentes dos tratamentos de exploração quando comparados ao tratamento controle, sendo a intensidade de exploração mais intensa a que apresentou maior fluxo de emissão de CO_2 pelo tronco. Entretanto essa diferença não foi observada comparando as mesmas

árvores antes e após a exploração. O trabalho de Teixeira (2003), por outro lado, coletando os dados quase 15 anos após a exploração verificou um aumento progressivo do fluxo de respiração do tronco conforme o aumento da intensidade de exploração (9,9%-T1, 29,8%-T2 e 63,4%-T3) quando comparadas ao tratamento controle. Os resultados de ambos os resultados reportam a uma idéia de progressão onde o aumento do fluxo de emissão de CO₂ que será mais intenso quanto maior for o impacto causado à floresta.

Quanto à recomposição do estoque original, as árvores do tratamento controle não tiveram aumento no incremento anual (-0,009 mm) enquanto as árvores do tratamento de exploração leve tiveram um aumento de 4% no incremento médio anual e as árvores do tratamento pesado um aumento de 17,7%. Quando comparado ao estudo de Teixeira (2003), onde a coleta de dados ocorreu quase 15 anos após a exploração florestal em três intensidades de redução da área basal, verificou-se um padrão similar uma vez que comparado ao tratamento controle deste experimento com os dados coletados naquele período, as árvores do tratamento de leve intensidade de exploração aumentaram 55,2% e as árvores do tratamento de maior intensidade de exploração aumentaram 82%. O resultado sugere que a aplicação de técnicas de manejo florestal que possibilitem o favorecimento das espécies desejáveis podem garantir a viabilidade de um ciclo de corte compatível com a capacidade da floresta em repor quantitativamente o volume removido pela exploração florestal.

Outros resultados de estudos que avaliam os custos e benefícios da exploração florestal de impacto reduzido (Homes *et al.*, 2002) e de monitoramento de floresta manejada experimentalmente (Silva *et al.*, 1996) e estudos sobre os impactos ambientais da exploração seletiva de madeira na Amazônia (BIONTE, 1997) têm mostrado o comportamento da floresta remanescente com a aplicação das técnicas para o manejo florestal. Esses estudos indicam que a sustentabilidade ecológica depende, fundamentalmente, da qualidade da exploração seletiva da madeira.

O estudo de variáveis ecofisiológicas das árvores remanescentes de uma exploração permite contribuir para os mecanismos de avaliação da sustentabilidade da floresta manejada seletivamente. Permite ainda, verificar a participação desta floresta

no ciclo global do carbono, pois permite avaliar a sua capacidade de reposição ou renovação do estoque de carbono removido pela exploração florestal.

8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- Alder, D. 1995. Growth modeling for mixed tropical forests. Oxford: Forestry Institute. 231p.
- Andreae, M.O.; Almeida S.S.; Artaxo P.; Brandão C.; Carswell F.E.; Ciccioli P.; Culf A.; Esteves J.L.; Gash J.; Grace J.; Kabat P.; Lelieveld J.; Malhi Y.; Manzi A.O.; Meixner F.X.; Nobre A.D.; Nobre C.; Lourdes Ruivo M.A.; Silva-Dias M.A., Stefani P.; Valentini R.; von Jouanne J.; Waterloo M.. 2002. Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases and aerosols in Amazonia: the LBA-EUSTACH experiments. *J Geophys Res.* 107(D20):8066–8091.
- Araújo, T.M.; Higuchi N.; Carvalho Jr. J.A.. 1999. Comparison of Formulae for Biomass Content Determination in a Tropical Rainforest Site in the State of Para, Brazil. *Forest Ecology and Management.* 117(1-3):43-52.
- ARAUJO, A.C.; A.D. Nobre; B. Kruijtz; A.D. Culd; Stefani; J. Elber; Dallarosa; C. Randow; A.O. Manzi; R. Valentini; J.H.C. Gash; P. Kabat. "Dual Tower Long-Term Study of Carbon Dioxide Fluxes for a Central Amazonian Rain Forest", *Journal of Geophysical Research-LBA* (2002).
- Amthor, J.S. 1989. Respiration and crop productivity. New York.Spring-Verlag. 215p.
- BIONTE. 1997. Biomassa e Nutrientes Florestais. Relatório Final. Convênio INPA/DFID. 345p
- Bowling, D.R.; Cook, C.S.; Ehleringer, J.R. 2001. Technique to measure CO₂ mixing ratio in small flasks with a bellows/IRGA system. *Agricultural and Forest Meteorology.* 109:61-65.
- Carneiro, V.M.C. 2004. Composição florística e análise estrutural da floresta primária de terra firme na Bacia do rio Cuieiras, Manaus (AM). Dissertação de mestrado. Manaus/AM. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas. 128p.

- Chauvel, A. 1982. Os latossolos amarelos, álicos, argilosos, dentro dos ecossistemas das bacias experimentais do INPA e da região vizinha. *Acta Amazonica*, 12(3): 47–60.
- Chambers, J.Q.; Higuchi, N.; Teixeira, L.M.; Santos, J. dos; Laurence, S.G.; Trumbore, S.E. 2004. Response of tree biomass and wood litter to disturbance in Central Amazon forest. *Oecologia*. 141:596-614.
- Comunicação Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças do Clima. 2004. 275p.
- Conover, W.J. 1980. Practical Nonparametric Statistics. 2ª Ed. Printed of USA. 280-288; 460-461.
- Dawson, T.E.; Mambelli, S.; Plamboeck, A.H.; Templer, P.H.; Tu, K.P. 2002. Stable isotopes in plant ecology. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 33:507-559.
- Draper, N.R.; Smith, H. 1966. *Applied Regression Analysis*. John Wiley & Sons, Inc. New York, EUA. 407p.
- Ehleringer, J.R. 1993. Carbon and water relations in desert plants: in isotope perspective. *In*: Ehleringer, J.R.; Hall, A.E. and Farquhar, G.D. (eds.). Stable isotopes and plant carbon – water relations. Academic Press. San Diego. 155-172.
- Ehleringer, J.R., Cook, C.S., 1998. Carbon and oxygen isotope ratios of ecosystem respiration along an Oregon conifer transect: preliminary observations based on small-flask sampling. *Tree Physiology*. 18:513–519.
- Falesi, I. C. 1971. Solos do Distrito Agropecuário da Suframa. Bol. Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária da Amazônia Ocidental. Série: Solos. 1 (1). Manaus – Amazonas. 99p.
- Farquhar, G. D.; Ehleringer, J. R.; Hubick, K. T.. 1989. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 40: 503-537.

- Fearnside, P.M., Leal Filho, N.; Fernandes, F.M. 1993. Rainforest Burning and the Global Budget: Biomass, Combustion Efficiency, and Charcoal Formation in the Brazilian Amazon. ***J. of Geophysical Research***, 98(D9):16733-16743.
- Fearnside, P.M. 1996. Amazonian Deforestation and Global Warming: Carbon Stocks in Vegetation Replacing Brazil's Amazon Forest. ***Forest Ecology and Management*** 80:21-34.
- Ferraz, J.; Ohta, S.; Sales, P.C.; de. 1998. Distribuição dos solos ao longo de dois transectos em floresta primária ao longo de Manaus (AM). *In*: Higuchi, N.; Campos, M.A.A.; Sampaio, P.T.B.; Santos, J. dos (eds). Pesquisas Florestais para a Conservação da Floresta e Reabilitação de Área Degradadas da Amazônia. MCT-INPA/JICA. Manaus – AM. p. 111-141.
- Foster Brown, I., Martinelli, L.A.; Wayt Thomas, W.; Moreira, M.Z.; Cid Ferreira, C.A.; Victoria, R.A.. 1995. Uncertainty in the Biomass of Amazonian Forests: an Example from Rondônia, Brazil. ***Forest Ecology and Management***, 75:175-189.
- Giardina, C.P.; Ryan, M.G.; Binkley, D. 2003. Primary production and carbon allocation in relation to nutrient supply in a tropical experiment forest. ***Global Change Biology***. 9:1438-1450.
- Goulden, M.L.; Munger, J.W.; Fan S-M.; Daube B.C.; Wofsy S.C. 1996. Measurements of carbon sequestration by long-term eddy covariance: methods and a critical evaluation of accuracy. ***Global Change Biology***. 2:169-182.
- GOULDEN, M.L.; S.D. Miller; M.C. Menton; H.R. da Rocha; H.C. de Freitas. "Physiological Controls on Tropical Forest CO₂ Exchange", submetido a *Ecological Applications* (2002).
- Guimarães, W.M.; Mello-Ivo, W.. 1997. Biomassa e Nutrientes de Raízes Finas em Área de Exploração Seletiva de Madeira na Amazônia Central, Brasil. *In*: Relatório Final BIONTE: 209-213.
- Grace J.; Lloyd, J.; Melntyere, J.; Miranda, A.; Meir, A.; Miranda, H.; Moncriedd, J.; Massheder, J.; Wright, I.; Gash, J.. 1995. Fluxes of carbon dioxide and water vapor over an undisturbed tropical Forest in south-west Amazônia. ***Global Change Biology***. 1:1-12.
- GRACE, J.; J. Lloyd; J. McIntyre; A. Miranda; P. Meir; H. Miranda; C.A. Nobre; J. Moncrieff; J. Massheder; Y. Malhi; I. Wright; J. Gash. "Carbon Dioxide Uptake by an

- Undisturbed Tropical Rain Forest in Southwest Amazonia, 1992 to 1993”, *Science*, vol. 270, nº 5237, pp.778-780 (2002).
- Grace, J. 2004. Understanding and managing the global carbon cycle. *Journal of Ecology*. 92:189-202.
- Higuchi, N.; Jardim, F.C.S.; Santos, J. dos; Barbosa, A.P.; Wood, T.W.W. 1985a. Bacia 3 – Inventário florestal comercial. *Acta Amazonica*. 15 (3-4):327-365.
- Higuchi, N.; Jardim, F.C.S.; Santos, J. dos; Alencar, J.C. 1985b. Bacia 3 – Inventário Diagnóstico da regeneração natural. *Acta Amazonica*. 15 (1-2):199-233.
- Higuchi, N. e J.A. Carvalho Jr. 1994. Fitomassa e Conteúdo de Carbono de Espécies Arbóreas da Amazônia. In: Anais do Seminário “Emissão x Seqüestro de CO₂ - Uma Nova Oportunidade de Negócios para o Brasil”:127-153.
- Higuchi, N., R.J. Ribeiro, J. dos Santos, L. Minette e Y. Biot. 1998. Biomassa da Parte Aérea da Vegetação da Floresta Tropical Úmida de Terra-Firme da Amazônia Brasileira. *Acta Amazonica*, 28(2):153-166.
- Higuchi, N., Chambers, J. Q., Santos, J., Ribeiro, R. J., Pinto, A. C. M., Silva, R. P., Rocha, R. M., Tribuzy, E. S. 2004. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central. *Floresta*, 34(3): 295-304.
- Homes, T.P.; G.M. Blate; J.Z. Zweede; R. Pereira Jr.; P. Barreto e F. Boltz. 2002. Custos e benefícios da exploração florestal de impacto reduzido em comparação à exploração florestal convencional na Amazônia Oriental. Fundação Floresta Tropical. 69p.
- Houghton, J. T.; Meira Filho, L. C.; Callender, B. A.; Harris, N.; Katterberg, A.; Maskell, K. 1996. Climate change 1995: the science of climate change – contribution of working group I to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (England). Cambridge University Press. 584p.
- Houghton, R.A. 1997. Terrestrial carbon storage: Global lessons from Amazonian research. *Ciência e Cultura*. 49:58-72.
- Houghton, R. A.; Skole, D. L.; Nobre, C. A.; Hackler, J. L.; Lawrence, K. T. and Chomentowski, W. H. 2000. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. *Nature*. (403):301-304.

- Huete, A. R.; Didan, K.; Shimabukuro, Y.E.; Ratana, P.; Saleska, S.R.; Hutyrá, L.R.; Yang, W.; Nemani, R.R. and Myneni, R. 2006. Amazon rainforests green-up with sunlight in dry season. **Geophys. Res. Lett.** 33: 1-4.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. www.obt.inpe.br/prodes/. Consulta realizada em 23/06/2006.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. www.ipcc.ch/. Consulta realizada em 03/11/2006.
- Jardim, F.C.S.; Hosokawa, R.T. 1986. Estrutura da floresta equatorial úmida da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA. **Acta Amazonica**.16/17 (único):411-508.
- Kapos, V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Ecology**. 5:173-185.
- Keppler, F.; Hamilton, J.T.G. Brab, M. and Röckmann, T. 2006. Methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions. **Nature**. 439:187-191.
- Larcher, W.. 2000. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos. Rima. 532p.
- KRUIJT, B.; J.A. Elbers; C. von Randow; A.C. Araujo; P.J. Oliveira; A. Culf; A.O. Manzi; A.D. Nobre e P. Kabat. “The Robustness in Eddy Correlation Fluxes for Amazon Rainforest Conditions”, submetido a *Ecological Applications* (2002).
- Lambers, H. 1985. Respiration in intact plants and tissues: its regulation and dependence on environmental factors, metabolism and invaded organism. **In**: Dowce, R.; Day, A.D. (ed.). Encyclopedia of Plant Physiology. Springer, Berlim. 18:418-473.
- Laurance, W.F.; Nascimento, H.E.M.; Laurance, S.G.; Andrade, A.; Ribeiro, J.E.L.S.; Giraldo, J.P.; Levejoy, T.E.; Condit, R.; Chave, J.; Harms, K.E. and D’Angelo, S. 2006. Rapid decay of tree-community composition in Amazonian forest fragments. **PNAS**. 130(50):19010-19014.
- Lavigne, M.B. 1988. Stem growth and respiration of young balsam fir trees in thinned and unthinned stands. **Can. J. For. Res.** 18: 483-489.
- Lavigne, M.B.; Ryan, M.G.; Anderson, D.E.; Baldocchi, D.D.; Crill, P.M.; Fitzjarrald, D.R.; Goulden, M.L.; Gower, S.T.; Massheder, J.M.; McCaughey, J.H.; Rayment, M. and Striegl, R.G. 1997. Comparing nocturnal eddy covariance measurements to

- estimates to ecosystem respiration made by scaling chamber measurements at six coniferous boreal sites. ***Journal of Geophysical Research***. 102:28.977-28.985.
- Law, B.E.; Ryan, M.G. 1999. Seasonal and annual respiration of a ponderosa pine ecosystem. ***Global Change Biology***. 5:169-182.
- Lewis, S.L.; Phillips, O.L.; Baker, T.R.; Loyd, J.; Malhi, Y.; Almeida, S.; Higuchi, N.; Laurence, W.F.; Neill, D.A.; Silva, J.N.M.; Terborgh, J.; Torres Lezama, A.; Vásquez Martínez, R.; Brown, S.; Chave, J.; Kuebler, C.; Nuñez Vargas, P. and Vincent, B. 2004. Concerted changes in tropical forest structure and dynamics: evidence from 50 South American long-term plots. ***Phil. Trans. R. Soc. Lond. B***. 359:421-436.
- Loyd, J. e Farquhar, G.D. 1996. The CO₂ dependence of photosynthesis plant growth responses to elevated atmospheric CO₂ concentration and their interactions with soil nutrient status. I General principles and forest ecosystems. ***Functional Ecology***. 10:4-32.
- Malhi, Y.; Nobre, A.D.; Grace, J.; Kruijt, B.; Pereira, M.G.P.; Culf, A. & Scott, S. 1998. Carbon dioxide transfer over a central amazonian rain forest. ***Journal of Geophysical Research***. 31:593-612.
- Malhi, Y.; D.D. Baldochi e P.G. Jarvis. "The Carbon Balance of Tropical, Temperate and Boreal Forests", *Plant, Cell and Environment*, 22: 715-740 (1999).
- Marenco, R. A. & Lopes, N. F. 2005. Fisiologia Vegetal - Fotossíntese, Respiração, Relações Hídricas e Nutrição Mineral. Viçosa, UFV Ed. 451p.
- Margolis, H.A. e Ryan, M.G. 1997. A physiological basis for biosphere-atmosphere interactions in the boreal forest: an overview. ***Tree physiology***. 17:491-499.
- Martinelli, L.A.; Devol, A.H.; Victoria, R.L.; 1991. Stable carbon isotope variation in C₃ and C₄ plants along the Amazon River. *Nature*. 353:57-59.
- Martinelli, L. A.; Piccolo, M. C. ; Vitousek, P. ; Townsend, A.. 1999. Nitrogen stable isotopic composition of leaves and soil: Tropical versus temperate forests. *Biogeochemistry*, v. 46, p. 1826-1833,
- MILLER, S.D.; M.L. Goulden; M.C. Menton; H.R. da Rocha; H.C. de Freitas. "Annual CO₂ Exchange by a Tropical Forest", submetido a *Ecological Applications* (2002).

- Miranda, E.V. de. 2002. Padrão de desenvolvimento radial horário do fuste de três espécies florestais típicas de Amazônia utilizando dendrômetros automáticos. Dissertação de mestrado. INPA/UFAM. Manaus-AM. 75p.
- Nardoto, G.B. 2005. Abundância natural de ^{15}N na Amazônia e Cerrado – implicações para a ciclagem de nitrogênio. Tese de Doutorado. Campus Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 96p.
- Norman, J.M.; Kucharik, C.J.; Gower, S.T.; Baldocchi, D.D.; Crill, P.M., Rayment, M.; Savage, K. and Striegl, R.G. 1997. A comparison of six methods for measuring soil-surface carbon dioxide fluxes. *Journal of Geophysical Research*. 102 (28):771-777.
- Nobre, C.A. & Nobre, A. D. 2002. O balanço de carbono da Amazônia brasileira. *Estudos Avançados*, 16 (45).
- Ometto, J.P.; Martinelli, L.A.; Camargo, P.B. 2003. Curso de aplicações isotópicas de carbono em estudos ambientais com ênfase na região amazônica. Apostila. 48p.
- Ometto, J.P.; Nobre, A.D.; Rocha, H.R.; Artaxo, P.; Martinelli, L.A. 2005. Amazonia and the modern carbon cycle: lessons learned. *Oecologia. Concepts, Reviews and Syntheses*: 73-84.
- Ometto, J.P.; Ehleringer, J.R; Domingues, T.F.; Berry, J.A.; Ishida, F.Y.; Mazzi, E.; Higuchi, N.; Flanagan, L.B.; Nardoto, G. B. and Martinelli, L.A. 2006. The stable carbon and nitrogen isotopic composition of vegetation in tropical forests of the Amazon Basin, Brazil. *Biogeochemistry*. 79:251-274.
- Overran, J.P.M., H.J.L. Witte e J.G. Saldarriaga. 1994. Evaluation of Regression Models for Above-ground Biomass Determination in Amazonia Rainforest. *Forest Ecology and Management*, 10:207-218.
- Phillips, O.L.; Malhi, Y.; Higuchi, N.; Laurence, W.F.; Nuñez, P.V.; Vásquez, R.M.; Laurence, S.G.; Ferreira, L.V.; Stern, M.; Brown, S.; Grace, J. 1998. Changes in the carbon balance of tropical forests: evidence from long-term plots. *Science*. 282:349-442.
- Phillips, O.L.; Baker, T.R.; Arroyo, L.; Higuchi, N.; Killen, T.J.; Laurence, W.F.; Lewis, S.L.; Loyd, J.; Malhi, Y.; Monteagudo, A.; Neill, D.A.; Vargas, P.N.; Silva, J.N.M.;

- Terborgh, J.; Vásquez Martínez, R.; Alexiades, M.; Almeida, S.; Brown, S.; Chave, J.; Comiskey, J.A.; Czimczik, C.I.; Di Fiore, A.; Erwin, T.; Kuebler, C.; Laurence, S.G.; Nascimento, H.E.M.; Olivier, J.; Palacios, W.; Palatiño, S.; Pitman, N.C.A.; Quesada, C.A.; Saldias, M.; Torres Lezama, A. and Vincent, B. 2004. Pattern and process in Amazon tree turnover, 1976-2001. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 359:381-407.
- Prentice, C.; Heimann, M. and Sitch S. The carbon balance of the terrestrial biosphere: ecosystem models and atmosphere observations. 2001. *Ecological Applications*. 10(6):1553-1573.
- Radam-Brasil. 1978. Levantamento de Recursos Naturais. Folha S-20 – Manaus. Ministério das Minas e Energia. Vol. 18. 626 p.
- RANDOW, C.; D.A. von Leonardo; S. S Prasad; D. Gannabathula; Antonio O. Manzi; Paulo R. A. Arlino e B. Kruijt, 2001. “Scale Variability of Surface Fluxes of Energy and Carbon over a Tropical Rain Forest in South West AMAZONIA: I, Diurnal Conditions”, aceito pelo Journal of Geophysical Research (2001) [Edição especial da LBA.
- Ranzani, G. 1980. Identificação e caracterização de alguns tipos de solos da Estação Experimental de Silvicultura Tropical. *Acta Amazonica* 10(1):7-51.
- Robinson, D. 2001. $\delta^{15}\text{N}$ as an integrator of the nitrogen cycle. **Trends in Ecology & Evolution**, 16 (3): 153-162.
- Rocha, R.M. 2001. **Taxas de Recrutamento e Mortalidade da Floresta de Terra Firme da Bacia do Rio Cuieiras na Região de Manaus-AM**. Dissertação de Mestrado INPA-UFAM. Manaus-Am. 49p.
- ROCHA, H.R. da; M.L. Goulden; S.D. Miller; M.C. Menton; L.D.V. Oliveira Pinto; H.C. de Freitas e A.M.S. Figueira. “Seasonality of Water and Heat Fluxes over a Tropical Forest in Eastern Amazonia”, submetido a *Ecological Applications* (2002).
- Rocha, R. M.; Higuchi, N.; Santos, J. dos; Nakamura, S.; Silva, R. P. da; Pinto, A. C. M.; Tribuzy, E. S. 2003. Taxas de recrutamento e mortalidade e mudanças de estoques de fitomassa da floresta primária na região de Manaus-Am. **In: Projeto Jacaranda**

- Fase II: Pesquisas Florestais na Amazônia Central.** Higuchi, N; Santos, J. dos; Sampaio, P. B. T.; Marenco, R. A.; Ferraz, J.; Sales, P. C.; Saito, M.; Matsumoto, S. (editores). pp.43-54.
- Ryan, M.G. 1990. Growth and maintenance respiration in stems of *Pinus contorta* and *Picea engelmannii*. *Can. J. For. Res.* 20: 48-57.
- Ryan, M.G. 1991. The effect of climate change on plant respiration. *Ecol. Appl.* 1:157-167.
- Ryan, M.G.; Hubbard, R.M.; Clark, D.A. & Sanford, R.L. Jr. 1994. Wood-tissue respiration for *Simarouba amara* and *Minquartia guianensis*, two tropical wet forest with different growth habits. *Oecologia* (Berlin) 100:213-220.
- Ryan, M.G.; Lavigne, M.B. & Gower, S.T. 1997. Annual carbon cost of autotrophic respiration in boreal forest ecosystem in relation to species and climates. *Journal of Geophysical Research.* 102 (28): 871-883.
- Ryan, M.G. 2000. Introduction to BOREAS special issue. *Tree Physiology.* 20:709-711.
- Saleska, S. R.; Miller, S.D.; Matross, D.M.; Gouden, M.L.; Wofsy, S.C.; da Rocha, H.R.; Camargo, P.B.; Crill, P.; Daube, B.C.; Freitas, H.C.; Huttyra, L.; Keller, M.; Kirchhoff, V.; Menton, M.; Munger, J. W.; Pyle, E.H.; Rice, A.H.; Silva, H. 2003. Carbon in Amazon forests: unexpected seasonal fluxes and disturbance-induced losses. *Science.* 302:1554-1557.
- Salomão, R. P., Nepstad, D. C. e Vieira, I. C. G. 1996. Como a Biomassa de Florestas Tropicais Influi no Efeito Estufa. *Ciência Hoje*, 21(122):38-47.
- Santos, J. dos. 1996. *Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira.* Tese de Doutorado - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 121 p.
- Schroeder, P. E. e J. K. Winjum. 1995. Assessing Brazil's Carbon Budget: II. Biotic Fluxes and Net Carbon Balance. *Forest Ecology and Management*, 75(87-99).
- Schwendenmann, L.; Veldkamp, E.; Brenes, T.; O'Brien, J. J.; Mackensen, J. 2003. Spatial and temporal variation in soil CO₂ efflux in an old-growth Neotropical rain forest, La Selva, Costa Rica. *Biogeochemistry.* 64:111-128.

- Silva, J.N.M., J.O.P. de Carvalho, J. do C.A. Lopes, R.P. de Oliveira e L.C. de Oliveira. 1996. Growth and yield studies in the Tapajós Region, Central Brazilian Amazon. *Commonwealth Forestry Review*. 75(4):325-329
- Silva, R. P. da. 2001. **Padrões de crescimento de árvores que ocorrem em diferentes toposseqüências na região de Manaus (AM)**. Dissertação de Mestrado. INPA/UA. Manaus-AM. 60p.
- Silva, R.P. da. 2007. **Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM)**. Tese de Doutorado. INPA/FUAM. Manaus-AM. 152 p.
- Silva, P. S.; Santos, J. dos; Tribuzy, E. S.; Chambers, J. Q.; Nakamura, S.; Higuchi, N. 2002. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in Central Amazon, Brazil. *Forest Ecology and Management*. 166:295-301.
- Skole, D. L., W. H. Chomentowski, W. A. Salas e A. D. Nobre. 1994. Physical and Human Dimensions of Deforestation in Amazonia. *BioScience*, 44(5):314-321.
- Skole, D. e Tucker, C. 1993. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. *Science*. 260:1905-1909.
- Sprugel, D. G. 1990. Components of wood-tissue respiration in young *Abies amabilis* (Dougl.) Forbes trees. *Trees*. 4:88-98.
- TCA – Tratado de Cooperação Amazônica. 1992. Amazonia without myths. Commission on Development and Environment for Amazonia. 99p.
- Teixeira, L. M. 2003. **Influência da intensidade de exploração seletiva de madeira no crescimento e respiração das árvores em uma floresta tropical de terra-firme na região de Manaus**. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade do Amazonas. Manaus. 59p.
- Thornley, J.H.M. and Cannell, M.G.R. 2000. Modelling the components of plant respiration: representation and realism. *Annals of Botany*. 85:55-67.
- Tribuzy, E.S. 2005. **Variações da temperatura foliar do dossel e o seu efeito na taxa assimilatória de CO₂ na Amazônia Central**. Tese de Doutorado. Campus Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 102 p.

- Vieira, S.A.; Camargo, P.B.; Selhorst, D.; Silva, R.P.da; Hutyra,L.; Chambers, J.Q.; Brown, I.F.; Higuchi, N.; Santos, J.dos; Wofsy, S.C.; Trumbore, S.E.; Martinelli,L.A. 204. Forest structure and carbon dynamics in Amazonian tropical rain forest. ***Oecologia***. 140:468-479.
- Von Ende, C.N. 1993. Repeated-measures analysis: growth and other time-dependent measures. In: Schneider, S.M. e J. Gurevitch (eds.), *Design and Analysis of Ecological Experiments*. Chapman & Hall, Londres, pp. 113-137.

ANEXOS

Identificação botânica das espécies selecionadas para o estudo das variáveis ecofisiológicas em cada bloco.

bloco	N	NOME COMUM	NOME CIENTIFICO	FAMILIA
B1	23	uxi de morcego	<i>Ouratea sp. 1</i>	Ochnaceae
B1	62	amarelinho	<i>Pogonophora schomburgkiana</i>	Euphorbiaceae
B1	103	castanha vermelha	<i>Eschweilera sp. 1</i>	Lecythidaceae
B1	138	matamata amarelo	<i>Eschweilera wachenheimii</i>	Lecythidaceae
B1	178	sucupira	<i>Bocoa viridiflora</i>	Fabaceae
B1	207	amapa roxo	<i>Brosium parinarioides ssp. parinarioides</i>	Moraceae
B1	252	pajurazinho	<i>Licania sp.</i>	Chrysobalanaceae
B1	297	araba roxo	<i>Swartzia reticulata</i>	Fabaceae
B1	341	matamata amarelo	<i>Eschweilera sp. 2</i>	Lecythidaceae
B1	377	goiabinha	<i>Tabernaemontana sp.</i>	Apocynaceae
B1	413	abiurana bacuri	<i>Vouarana cf. guianensis</i>	Sapindaceae
B1	440	guariuba	<i>Brosium rubescens</i>	Moraceae
B1	490	matamata amarelo	<i>Eschweilera bracteosa</i>	Lecythidaceae
B1	526	sapateiro	<i>Tabernaemontana flavicans</i>	Apocynaceae
B1	566	araca bravo	<i>Eugenia sp.</i>	Myrtaceae
B1	605	muirajiboia amarela	<i>Swartzia sp.</i>	Fabaceae
B2	22	matamata amarelo	<i>Eschweilera wachenheimii</i>	Lecythidaceae
B2	68	gito vermelho	<i>Talisia praealta</i>	Sapindaceae
B2	104	envira amarela	<i>Duguetia sp.</i>	Annonaceae
B2	136	araba roxo	<i>Swartzia reticulata</i>	Fabaceae
B2	175	dima	<i>Croton lanjouwensis</i>	Euphorbiaceae
B2	211	macucu chiador	<i>Amaioua sp.</i>	Rubiaceae
B2	257	louro preto	<i>Ocotea nigrescens</i>	Lauraceae
B2	289	tanimbuca	<i>Buchenavia sp.</i>	Combretaceae
B2	318	matamata amarelo	<i>Eschweilera wachenheimii</i>	Lecythidaceae
B2	349	falsa cupiuba	<i>Rinorea guianensis</i>	Violaceae
B2	388	matamata amarelo	<i>Eschweilera bracteosa</i>	Lecythidaceae
B2	416	muirajiboia amarela	<i>Swartzia recurva</i>	Fabaceae
B2	450	louro branco	<i>Licaria sp. 1</i>	Lauraceae
B2	491	breu vermelho	<i>Protium spruceanum</i>	Burseraceae
B2	527	acariquara branca	<i>Geissospermum urceolatum</i>	Apocynaceae
B2	568	cumaru roxo	<i>Dipteryx sp.</i>	Fabaceae
B3	19	pajurazinho	<i>Licania gracilipes</i>	Chrysobalanaceae
B3	57	matamata amarelo	<i>Eschweilera sp. 2</i>	Lecythidaceae
B3	121	tachi vermelho	<i>Tachigali sp. 1</i>	Caesalpinaceae

B3	167	chiclete bravo	<i>Pouteria sp.</i>	Sapotaceae
B3	205	matamata amarelo	<i>Eschweilera sp. 1</i>	Lecythidaceae
B3	244	acariguara roxa	<i>Minquartia guianensis</i>	Olacaceae
B3	291	macacauba	<i>Taralea oppositifolia</i>	Fabaceae
B3	317	inga ferro	<i>Swartzia ingifolia</i>	Fabaceae
B3	340	ripeiro branco	<i>Lecythis sp.</i>	Lecythidaceae
B3	401	fava vermelha	<i>Parkia sp.</i>	Mimosoideae
B3	438	chiclete bravo	<i>Pouteria stipulifera</i>	Sapotaceae
B3	486	matamata amarelo	<i>Eschweilera pseudodecolorans</i>	Lecythidaceae
B3	536	muirajiboia preta	<i>Bocoa viridiflora</i>	Fabaceae
B3	576	pajurazinho	<i>Couepia sp.</i>	Chrysobalanaceae
B3	622	matamata amarelo	<i>Eschweilera sp. 3</i>	Lecythidaceae

Razão isotópica de C e N, incremento corrente mensal (CRESC), fluxo de respiração do caule (RESP) por tratamento de exploração e classe diamétrica para o tecido lenhoso do tronco após um ano de exploração florestal.

BLOCO	CD	Material	ESPÉCIE	ident	Quant	$\delta^{15}\text{N}$	%N	$\delta^{13}\text{C}$	%C	C/N	CRESC	RESP
1	1	madeira	uxi de morcego	24	1,807	0,550	0,322	-31,185	48,513	152,345	0,02667	0,36300
1	1	madeira	matamata amarelo	138	1,886	3,310	0,381	-31,309	48,141	129,558	0,40083	0,42760
1	1	madeira	sucupira	178	1,812	1,613	0,402	-29,904	48,340	126,099	0,31708	0,91288
1	1	madeira	goiabinha	377	1,800	4,068	0,231	-31,924	48,936	212,858	0,45208	0,29375
1	1	madeira	araca bravo	566	1,855	0,934	0,384	-30,332	47,361	123,327	0,19250	0,61545
1	2	madeira	castanha vermelha	103	1,804	3,477	0,295	-29,984	48,151	166,877	0,25667	0,54577
1	2	madeira	araba roxo	297	1,899	1,413	0,458	-27,900	48,724	106,772	0,23167	0,50580
1	2	madeira	abiurana bacuri	413	1,888	2,708	0,356	-29,322	45,265	128,089	1,02167	0,85363
1	2	madeira	matamata amarelo	490	1,859	2,170	0,346	-30,148	46,235	133,944	0,02542	0,36234
1	3	madeira	amarelinho	62	1,900	4,641	0,297	-28,792	47,830	163,986	0,61958	0,95629
1	3	madeira	amapa roxo	207	1,918	-0,207	0,604	-28,606	53,604	100,015	0,41792	0,77816
1	3	madeira	pajurazinho	252	1,904	1,958	0,383	-28,358	49,163	140,842	0,57333	0,64909
1	3	madeira	matamata amarelo	341	1,901	3,669	0,452	-28,694	46,950	120,721	0,11708	0,47078
1	3	madeira	guariuba	440	1,852	-0,423	0,557	-28,875	50,026	101,688	0,34083	0,78492
1	3	madeira	sapateiro	526	1,888	1,958	0,275	-29,148	48,641	178,945	0,15083	0,62696
1	3	madeira	muiragiboia amarela	605	1,885	2,354	0,542	-28,636	47,932	88,531	0,30792	0,64421
2	1	madeira	matamata amarelo	22	1,831	3,495	0,427	-31,703	45,967	108,679	0,17458	0,31168
2	1	madeira	gito vermelho	68	1,847	6,003	0,169	-30,252	47,665	287,868	1,07125	0,70201
2	1	madeira	envira amarela	104	1,845	3,578	0,296	-30,536	48,148	162,874	0,68208	0,65581
2	1	madeira	dima	175	1,839	3,338	0,234	-28,781	47,973	214,617	1,39375	0,68811
2	1	madeira	louro preto	257	1,885	6,405	0,351	-31,747	48,046	138,708	0,73083	0,63580
2	1	madeira	matamata amarelo	318	1,804	4,418	0,314	-31,646	46,736	149,501	0,18083	0,53120
2	1	madeira	falsa cupiuba	349	1,882	5,099	0,362	-30,482	47,621	137,634	0,07542	0,46233
2	1	madeira	breu vermelho	491	1,880	6,032	0,299	-30,221	46,106	156,010	0,03458	0,16049
2	1	madeira	cumaru roxo	568	1,767	3,022	0,398	-31,863	48,275	133,598	0,07042	0,35645
2	2	madeira	araba roxo	136	1,842	2,761	0,415	-28,916	48,490	122,438	0,10000	0,31228
2	2	madeira	macucu chiador	211	1,859	6,034	0,190	-30,446	46,979	251,477	1,05792	0,77189
2	2	madeira	matamata amarelo	388	1,857	3,580	0,443	-30,376	47,557	113,964	-0,01083	0,36673
2	2	madeira	muirajiboia amarela	416	1,869	4,030	0,583	-29,643	47,714	89,977	0,06792	0,78578
2	3	madeira	tanimbuca	289	1,882	3,745	0,467	-28,974	46,630	100,530	0,54167	0,94162

2	3	madeira louro branco	450	1,795	4,550	0,399	-30,820	50,400	130,526	0,14125	0,25684
2	3	madeira acariquara branca	527	1,884	3,705	0,663	-29,644	48,628	82,502	0,12792	0,54861
3	1	madeira matamata amarelo	57	1,833	3,614	0,334	-30,551	47,653	144,083	0,81583	0,90573
3	1	madeira pajurazinho	576	1,847	3,673	0,279	-29,167	47,031	168,749	0,02583	0,39243
3	2	madeira tachi vermelho	121	1,807	1,598	0,412	-28,358	48,171	119,907	4,05958	1,37042
3	2	madeira acariquara roxa	244	1,845	6,463	0,306	-27,347	48,333	160,572	0,80792	0,38346
3	2	madeira fava vermelha	401	1,833	1,625	0,315	-26,941	53,973	181,932	0,62042	0,33345
3	2	madeira chiclete bravo	438	1,828	-0,447	0,622	-28,568	47,244	81,657	-0,11792	0,42938
3	2	madeira matamata amarelo	486	1,903	2,366	0,335	-30,651	48,969	146,948	0,52167	0,65451
3	2	madeira muirajiboia preta	536	1,773	1,348	0,563	-28,954	47,321	84,373	0,26167	1,04324
3	2	madeira matamata amarelo	622	1,848	4,732	0,318	-31,408	45,911	144,800	0,40458	0,71185
3	3	madeira pajurazinho	19	1,878	2,285	0,431	-30,107	48,145	112,047	0,58583	1,57799
3	3	madeira chiclete bravo	167	1,831	-0,236	0,442	-28,749	47,906	108,886	0,25208	0,42880
3	3	madeira matamata amarelo	205	1,857	3,269	0,394	-28,525	48,207	131,539	0,72292	0,81445
3	3	madeira macacauba	291	1,727	2,321	0,415	-27,748	48,222	136,510	0,26208	0,62217
3	3	madeira inga ferro	317	1,835	-0,881	0,706	-28,309	47,759	68,636	0,15625	1,00514
3	3	madeira ripeiro branco	340	1,784	3,692	0,347	-28,798	47,914	137,979	0,04542	0,25735

Razão isotópica de C e N por tratamento de exploração para o tecido foliar arbóreo após um ano de exploração florestal.

bloco	material	nome	ident	Quant	$\delta^{15}\text{N}$	%N	$\delta^{13}\text{C}$	%C	C/N
B1	Folha	uxi de morcego	23	1,812	2,87	1,06	-31,7	47,5	45,0
B1	Folha	amarelinho	62	1,814	4,73	2,23	-31,1	48,2	21,6
B1	Folha	castanha vermelha	103	1,758	3,92	1,94	-31,5	52,0	26,8
B1	Folha	matamata amarelo	138	1,872	4,39	2,34	-32,7	50,8	21,7
B1	Folha	sucupira	178	1,887	2,33	1,62	-30,6	51,4	31,8
B1	Folha	amapa roxo	207	1,872	3,86	1,70	-28,3	49,9	29,4
B1	Folha	pajurazinho	252	1,986	4,53	1,58	-30,9	46,4	29,3
B1	Folha	araba roxo	297	1,915	2,58	2,04	-31,1	48,4	23,7
B1	Folha	matamata amarelo	341	1,641	3,44	2,11	-30,3	49,9	23,7
B1	Folha	goiabinha	377	1,754	2,71	1,23	-34,6	50,8	41,3
B1	Folha	abiurana bacuri	413	1,884	4,21	1,51	-31,4	50,7	33,6
B1	Folha	guariuba	440	1,908	3,74	1,64	-30,2	50,4	30,6
B1	Folha	matamata amarelo	490	1,902	3,59	1,70	-31,1	49,3	28,9
B1	Folha	sapateiro	526	1,941	4,21	2,11	-32,7	49,0	23,3
B1	Folha	araca bravo	566	1,837	5,84	2,09	-32,1	52,8	25,2
B1	Folha	muiragiboia amarela	605	1,787	5,33	2,40	-30,4	51,5	21,5
B2	Folha	matamata amarelo	22	1,857	3,90	2,00	-32,5	50,3	25,2
B2	Folha	gito vermelho	68	1,788	4,02	1,57	-33,2	51,9	33,0
B2	Folha	envira amarela	104	1,924	4,99	2,07	-33,2	48,6	23,5
B2	Folha	araba roxo	136	1,802	4,68	1,37	-30,8	45,6	33,4
B2	Folha	dima - banda 2	175	1,803	4,72	2,72	-32,3	51,7	19,0
B2	Folha	macucu chiador	211	1,883	2,93	1,40	-33,0	45,3	32,4
B2	Folha	louro preto	257	1,886	5,14	2,85	-34,5	51,1	17,9
B2	Folha	tanimbuca	289	1,813	4,96	2,09	-28,6	49,3	23,6
B2	Folha	matamata amarelo	318	1,783	3,98	2,12	-33,7	49,9	23,5
B2	Folha	falsa cupiuba	349	1,982	5,76	2,67	-33,0	43,2	16,2
B2	Folha	matamata amarelo	388	1,966	4,96	2,27	-32,1	51,0	22,4
B2	Folha	muirajiboia amarela	416	1,783	5,68	2,16	-32,0	50,3	23,2
B2	Folha	louro branco	450	1,838	2,98	2,24	-33,2	50,2	22,4
B2	Folha	breu vermelho	491	1,907	3,65	1,48	-32,7	49,3	33,2
B2	Folha	acariquara branca	527	1,981	6,74	3,70	-34,5	52,7	14,2

B2	Folha	cumaru roxo	568	1,916	5,14	2,52	-32,8	50,5	20,0
B3	Folha	pajurazinho	19	1,991	4,35	1,93	-33,3	46,9	24,2
B3	Folha	matamata amarelo	57	1,969	4,33	2,16	-32,6	51,9	24,0
B3	Folha	tachi vermelho	121	1,951	1,69	2,15	-30,7	50,5	23,5
B3	Folha	chiclete bravo	167	1,725	2,13	1,41	-31,2	55,4	39,2
B3	Folha	matamata amarelo	205	1,867	4,27	2,26	-31,0	50,3	22,3
B3	Folha	acariquara roxa	244	1,934	3,99	2,43	-29,5	50,5	20,8
B3	Folha	macacauba	291	1,91	2,63	2,24	-29,5	49,7	22,1
B3	Folha	inga ferro	317	1,88	0,92	2,83	-28,7	49,2	17,4
B3	Folha	ripeiro branco	340	1,778	4,96	1,60	-29,8	51,7	32,4
B3	Folha	fava vermelha	401	1,71	3,31	2,82	-29,6	51,9	18,4
B3	Folha	chiclete bravo	438	1,818	1,65	1,32	-30,7	54,8	41,6
B3	Folha	matamata amarelo	486	1,812	3,69	1,98	-30,0	51,1	25,8
B3	Folha	muirajiboia preta	536	1,930	4,35	3,06	-30,9	52,7	17,3
B3	Folha	pajurazinho	576	1,904	3,84	1,34	-32,0	49,1	36,8
B3	Folha	matamata amarelo	622	1,774	4,39	1,71	-33,5	50,7	29,7

Crescimento corrente mensal antes da exploração florestal para as 48 árvores por classe de diâmetro.

B	CD	2006												2007												MED
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
1	1	4,15	0,76	0,02	-0,47	0,155	0,155	0,1	0,47	0,08	-0,12	3,72	-4,05	-0,1	0,03	0,71	-0,9	0,37	0	-0,04	0,06	0,06	0,18	0,06	0,04	0,227
1	1	0,18	0,38	-0,59	0,47	0,095	0,095	0,13	0,08	0,31	-0,35	0	-1,3	0,81	1,56	0,01	1,9	-1,82	1,43	1,29	-0,04	-0,04	0,92	0,08	0,35	0,248
1	1	1,95	2,38	0,95	0,76	1,385	1,385	1,61	0,4	1,63	0,15	0,31	2,14	-0,45	0,07	0,02	0,19	-0,02	0,11	0,13	-0,03	-0,03	0,41	0,61	0,61	0,695
1	1	4,16	0,31	0,76	0,15	0,065	0,065	0,14	0,09	0,09	-0,12	0,17	-0,21	0,91	0,32	0,02	1,21	0,01	0,05	0,07	-0,4	-0,4	0,87	-0,36	0,21	0,341
1	1	0,64	0,16	-0,57	0,12	-0,58	-0,58	0,85	0,51	-0,31	-0,13	0	-0,46	0,23	0,6	0,22	0,89	0,19	0,05	0,07	-0,055	-0,055	0,34	-0,23	0,16	0,086
1	2	2,11	0,09	-0,21	-0,52	0,06	0,06	0,98	1,24	-0,24	1,07	2,42	1,59	0,09	-0,08	0,05	0,1	0,2	0,06	0,04	-0,015	-0,015	0	-0,18	0,24	0,381
1	2	4,37	0,69	2,61	-0,78	0,475	0,475	0,18	-0,11	-0,11	-1,21	3,99	-0,37	0,05	0,18	0,09	0,16	-0,07	0,07	0,11	0,145	0,145	0,02	-0,09	-0,34	0,445
1	2	-0,48	0,98	-0,19	-0,6	0,545	0,545	0,31	0,39	0,8	0,51	0,35	0,21	0,33	0,15	0,01	0,96	0,49	-0,09	0,27	1,585	1,585	0,72	-0,99	1,18	0,399
1	2	0,52	1,28	-0,05	1,14	0,595	0,595	0,29	0,28	0,93	0,66	2,09	-0,69	0,07	0,09	0,13	-0,14	0,18	-0,07	-0,25	-0,045	-0,045	0,09	0,02	-0,01	0,319
1	3	1,61	1,86	2,11	0,14	1,595	1,595	0,07	-1,33	0,71	2,51	1,13	0,75	1,12	0,19	0,18	2,04	0,54	0,08	0,21	0,22	0,22	1,13	-1,07	0,46	0,753
1	3	0,18	0,48	0,09	0,37	0	0	-1,06	0,3	-0,1	-0,11	0,02	-1,28	1,51	2,08	1,8	1,97	-0,24	2,26	2,51	0,285	0,285	0,44	-0,22	0,17	0,489
1	3	0,41	0,34	1,18	0,1	-0,16	-0,16	0,05	0,83	0,78	0,77	1,99	0,06	0	0,13	-0,41	1,79	0	0,3	0,18	0,005	0,005	1,51	0,45	-0,41	0,406
1	3	0,28	-0,36	-1,52	0,42	-0,49	-0,49	1,16	-2,65	2,97	0,35	-0,17	-0,68	-0,11	0,43	0,07	-0,77	-1,01	0,62	1,23	0,005	0,005	-0,35	0,03	-0,28	0,055
1	3	0,3	0,8	-0,64	0	1,06	1,06	0,44	1,41	3,35	-2,34	0,99	1,32	0,12	-0,18	-0,21	0,09	-0,44	-0,13	-0,73	-0,47	-0,47	-0,43	-1,68	1,09	0,180
1	3	0	0,43	-0,16	1	0,025	0,025	-0,26	1,39	-0,79	-0,24	-0,37	-0,02	-0,16	0,29	0,24	-0,07	0,03	0,28	0,28	-0,98	-0,98	0,49	0,5	0,56	0,063
1	3	0,11	0,06	0,42	0,28	0,245	0,245	0,26	-0,24	0,29	-0,07	-0,04	-0,33	0,34	0,23	0,05	0,35	0,08	3,735	0,6	-0,6	-0,6	0,9	-0,04	0,15	0,268
2	1	4,15	0,76	0,02	-0,47	0,155	0,155	0,1	0,47	0,08	-0,12	3,72	-4,05	0,01	-0,04	-0,01	-0,81	0,52	0,28	-0,32	0,125	0,125	-1,5	1,01	0,14	0,188
2	1	1,61	1,86	2,11	0,14	1,595	1,595	0,07	-1,33	0,71	2,51	1,13	0,75	1,97	1,54	0,08	2,28	1,57	0,14	0,45	1,76	1,76	-2,09	1,39	2,16	1,073
2	1	2,11	0,09	-0,21	-0,52	0,06	0,06	0,98	1,24	-0,24	1,07	2,42	1,59	1,6	0,29	0,13	0,14	-0,49	0,67	0	0,7	0,7	1,26	2,07	2,27	0,750
2	1	1,95	2,38	0,95	0,76	1,385	1,385	1,61	0,4	1,63	0,15	0,31	2,14	0,63	3,7	1,38	2,36	1,91	0,53	0,43	1,33	1,33	0,82	3,55	1,67	1,445
2	1	0,41	0,34	1,18	0,1	-0,16	-0,16	0,05	0,83	0,78	0,77	1,99	0,06	1,12	1,68	-0,89	2,74	0,68	0,11	0,57	0,305	0,305	0,35	-0,29	2,39	0,636
2	1	0,28	-0,36	-1,52	0,42	-0,49	-0,49	1,16	-2,65	2,97	0,35	-0,17	-0,68	0,79	0	-0,03	-0,11	-0,22	0,24	0,06	0,23	0,23	0,23	0,2	0,49	0,039
2	1	4,16	0,31	0,76	0,15	0,065	0,065	0,14	0,09	0,09	-0,12	0,17	-0,21	0,23	0,06	0,01	0,29	0,02	0,18	-0,15	-0,165	-0,165	-0,66	0,72	0,09	0,255
2	1	0	0,43	-0,16	1	0,025	0,025	-0,26	1,39	-0,79	-0,24	-0,37	-0,02	0,24	-0,11	-0,02	-0,07	0,32	-0,24	-0,02	0,04	0,04	-1,16	1,05	0,34	0,060
2	1	0,11	0,06	0,42	0,28	0,245	0,245	0,26	-0,24	0,29	-0,07	-0,04	-0,33	0,51	0,03	-0,07	0,28	-0,34	0,49	-0,09	0,215	0,215	-0,26	-0,27	0,07	0,084
2	2	0,18	0,38	-0,59	0,47	0,095	0,095	0,13	0,08	0,31	-0,35	0	-1,3	-1,41	1,81	0,03	-0,27	-1,38	1,51	-0,05	1,495	1,495	-3,05	0,01	0,41	0,004
2	2	0,18	0,48	0,09	0,37	0	0	-1,06	0,3	-0,1	-0,11	0,02	-1,28	1,32	-0,68	0,06	0,1	-0,15	0,54	-0,11	-0,345	-0,345	0,1	0,09	0,44	0,004
2	2	-0,48	0,98	-0,19	-0,6	0,545	0,545	0,31	0,39	0,8	0,51	0,35	0,21	0,46	0,11	0,04	0,76	0,14	0,04	0,05	0,14	0,14	-0,43	0,18	0,11	0,213
2	2	0,3	0,8	-0,64	0	1,06	1,06	0,44	1,41	3,35	-2,34	0,99	1,32	1,86	1,77	0,02	2	0,83	-0,27	0,28	-0,18	-0,18	0,45	0,28	-0,3	0,596
2	3	4,37	0,69	2,61	-0,78	0,475	0,475	0,18	-0,11	-0,11	-1,21	3,99	-0,37	-0,44	-0,04	-0,11	0,45	1,53	3,05	-2,26	0,03	0,03	-0,24	-0,15	0,18	0,510

2	3	0,52	1,28	-0,05	1,14	0,595	0,595	0,29	0,28	0,93	0,66	2,09	-0,69	-0,17	2,39	0,11	0,27	-1,14	1,48	0,03	0,06	0,06	0,23	0,42	0,95	0,514
2	3	0,64	0,16	-0,57	0,12	-0,58	-0,58	0,85	0,51	-0,31	-0,13	0	-0,46	0,58	0,09	-0,07	0,93	0,07	0,21	0,05	0,075	0,075	0,36	-0,14	0,19	0,086
3	1	0,34	0,38	-0,38	0,22	0	0	0,19	-0,02	-0,1	0,52	2,45	-0,13	1,35	0,34	-0,22	0,96	-2,24	3,11	0,11	0,93	0,93	-0,99	1,32	1,59	0,444
3	1	0,11	0,04	-0,21	0,26	-0,16	-0,16	0,43	-0,16	-0,22	0,06	-0,13	-0,01	-0,02	0,12	0	0,06	0,02	-0,02	0,24	1,205	1,205	1,23	0,69	2	0,274
3	2	0,86	0,4	-0,12	0,31	0,01	0,01	0,16	-0,03	-0,4	0,14	-0,3	0,07	0,01	-0,12	0,05	1,19	-2,08	2,01	1,61	0,685	0,685	-0,87	1,15	0,6	0,251
3	2	1,14	1,28	1,08	1,63	0,865	0,865	-0,16	0,18	0,28	0,04	-2,26	2,08	-0,08	0,45	0,95	-0,88	-1,93	1,86	0	0,045	0,045	-0,22	0,09	0,07	0,309
3	2	0,92	0,16	-0,07	0,78	0,03	0,03	0,58	-0,12	-0,92	1,84	-1,33	-0,17	1,44	0,18	0,17	0,34	0,05	0,23	0,21	-0,15	-0,15	-0,53	0,55	0,42	0,187
3	2	2,69	3,72	-0,08	0,41	0,295	0,295	0,3	0,02	2,3	2,3	1,79	1,7	1,46	0,63	0,08	2,08	0,66	-0,08	-0,08	0,045	0,045	6,11	3,06	2,31	1,336
3	2	0,06	0,36	-0,2	0,92	-0,08	-0,08	0,2	1,52	-1,52	-0,14	0,14	-0,45	0,52	0,14	0,16	-0,2	0,22	-0,35	-0,14	-0,255	-0,255	-0,16	-0,62	0,89	0,028
3	2	0,03	0,14	-0,09	0,17	-0,225	-0,225	0,45	1,71	-1,69	0,63	0,52	0,97	0,59	0,51	1,1	-0,4	-1,23	1,35	-0,01	0,155	0,155	-1,67	1,52	0,88	0,223
3	2	0,07	0,07	-0,22	0,96	-0,43	-0,43	0,58	-0,01	-0,15	-0,44	0,09	0,1	0,04	0,19	0,11	-0,61	-1,09	1,24	0,08	0,175	0,175	0,16	0,14	0,78	0,066
3	2	0,19	0,75	-0,11	0,16	0,03	0,03	0,14	0,07	0,04	0,21	-0,11	0,25	-0,05	0,14	0,01	0,97	-0,13	0,31	-0,01	0,04	0,04	0,4	-0,49	2,71	0,233
3	3	1,72	1,04	0,85	0,87	0,205	0,205	0,74	-0,09	0,23	0,6	0,15	0,12	0,2	0,21	0,12	0,02	0,2	-0,4	0,03	0,175	0,175	-0,88	2,04	1,41	0,414
3	3	4,48	4,63	3,59	0,27	2,39	2,39	3,26	1,89	2,05	0,47	0,5	2,87	6,96	5,43	4,35	4,49	5,48	3,18	4,99	5,09	5,09	1,53	1,18	1,32	3,245
3	3	-0,51	0,28	0,49	0,12	0,275	0,275	0,35	0,05	-2,14	0,97	-1,64	2,08	0,49	0,17	-0,16	0,07	-0,05	-0,63	0,67	1,1	1,1	1,07	0,15	2,08	0,278
3	3	3,39	0,43	-0,02	6,02	0,075	0,075	0,35	0,02	-2,68	0,13	0,21	-0,01	3,18	0,1	0,64	0,34	1,39	0,16	-0,05	0,03	0,03	-0,27	1,5	0,47	0,646
3	3	0,25	0,47	-0,29	0,74	-0,48	-0,48	0,34	0,02	-1,67	0,15	-2,73	1,66	0,97	-0,44	0,56	0,07	0,35	-0,21	-0,2	-0,175	-0,175	-0,29	0,07	0,22	0,053
3	3	0,24	0,17	0,12	-1,11	0,53	0,53	-0,48	0,5	-0,27	0,23	-0,43	-0,41	0,86	-0,34	0,04	0,08	-1,98	1,87	-0,08	0,01	0,01	-0,03	-0,24	0,33	0,006

Crescimento corrente mensal após a exploração florestal para cada tratamento (B1, B2 e B3) por classe de diâmetro.

B	CD	2008												APÓS
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
1	1	0,01	0,01	0,07	-0,02	-0,1	-2,81	2,84	0,1	0,01	0,13	0,07	0,01	0,027
1	1	1,84	0,14	0,25	0,43	0,07	0,04	-0,16	0,11	0,12	0,25	1	0,72	0,401
1	1	0,94	0,53	0,7	0,46	0,32	0,45	0,21	-0,03	0,01	0,09	0,07	0,055	0,317
1	1	1,19	1,63	0,04	-0,23	0,07	0,31	-0,29	0,3	-0,21	2,56	0,05	0,005	0,452
1	1	0,8	0,11	-0,02	0,27	0,44	-0,24	0,78	0,02	0,02	0,04	0,05	0,04	0,193
1	2	0,09	0,37	0,15	0,06	0,16	0,29	0,47	0,24	0,45	0,47	0,04	0,29	0,257
1	2	0,25	0,67	0,22	-0,3	0,07	0,7	0,51	-0,09	0,25	-0,08	0,3	0,28	0,232
1	2	3,34	0,37	0,42	0,68	0,55	0,41	0	1,38	1,1	0,81	1,77	1,43	1,022
1	2	-0,06	0,36	-0,19	0,02	0,64	-0,41	0,68	-0,4	0,09	-0,18	-0,2	-0,045	0,025
1	3	1,25	0,29	1,19	0,68	0,28	0,63	0,51	0,1	0,35	0,71	0,57	0,875	0,620
1	3	0,45	0,22	0,18	0,28	0,33	0,32	0,48	0,97	0,63	0,68	0,13	0,345	0,418
1	3	0,91	0,26	0,49	1,07	0,05	-0,13	0,37	0,61	0,62	0,57	0,34	1,72	0,573
1	3	0,79	0,09	-0,01	-0,07	-0,19	0,09	-0,12	-0,21	0,12	-0,01	0,38	0,545	0,117
1	3	-0,38	0,76	0,7	-0,96	0,4	0,23	-0,19	0,44	0,12	0,41	1,62	0,94	0,341
1	3	0,44	0,08	0,53	-0,19	0,14	0,12	0,05	0,34	0	-0,04	0,13	0,21	0,151
1	3	0,03	-0,19	0,06	0,07	0,04	0,5	0,1	0,36	0,28	0,02	0,58	1,845	0,308
2	1	0,03	0,3	1,67	0,1	-1,23	0,08	-0,17	0,09	-0,18	1,11	-0,58	0,875	0,175
2	1	0,14	0,85	1,92	0,51	1,01	1,27	1,79	0,24	0,34	1,19	2,53	1,065	1,071
2	1	0,6	0,05	-0,03	-0,08	0,39	-0,01	0,01	1,21	1,84	2,05	1,55	0,605	0,682
2	1	0,45	1,92	1,74	0,8	2,33	1,53	0,39	0,54	0,96	2,2	2,88	0,985	1,394
2	1	0,45	1,15	0,82	1,68	-0,15	0,56	0,06	0,84	1,42	0,67	0,78	0,49	0,731
2	1	0,71	0,19	0,22	0,05	-0,04	-0,02	-0,51	0,52	-0,19	0,29	0,47	0,48	0,181
2	1	0,19	0	-0,11	1,04	-0,62	0,03	-0,23	-0,03	0,23	-0,01	0,11	0,305	0,075
2	1	0,1	-0,13	0,09	0,52	-0,24	-0,09	-0,48	0,31	0,17	-0,07	0,24	-0,005	0,035
2	1	-0,01	0,91	-0,05	-0,11	0,08	-0,23	0,23	0,5	-0,95	0,18	0,21	0,085	0,070
2	2	-0,56	0,36	0,28	0,3	-0,13	-0,13	0,1	0,04	-0,12	0,61	0,3	0,15	0,100
2	2	0,05	0,03	0,71	2,08	0,21	1,35	0,31	0,73	1,22	2,14	2,25	1,615	1,058
2	2	-0,06	-0,02	-0,04	0,33	-0,21	-0,04	-0,64	0,32	0,13	0,01	0,11	-0,02	0,011
2	2	0,23	0,14	-0,67	1,29	-0,81	0,04	-0,73	0,87	0,09	-0,26	0,48	0,145	0,068

2	3	0,26	2,35	7,39	-0,17	-2,33	-1,5	-0,78	0,5	1	-0,96	0,1	0,64	0,542
2	3	-0,58	0,03	0,29	0,49	-0,23	-0,08	-0,45	0,38	0,04	0,49	0,77	0,545	0,141
2	3	-0,15	-0,13	0,23	1,11	-0,66	0,25	-0,76	0,91	0,17	-0,02	0,22	0,365	0,128
3	1	0,48	0,37	0,06	0,04	0,18	-0,18	-0,37	0,93	1,49	3,25	2,72	0,82	0,816
3	1	0,54	0,2	0,32	0,37	0,76	-0,22	0,23	0,87	-0,06	0,05	0,05	0,03	0,262
3	2	-0,16	0,04	-0,24	-0,49	0,92	0,73	1,29	1,87	1,19	1,8	1,31	0,415	0,723
3	2	0,04	-0,13	0,38	0	-0,06	-0,19	0,15	-0,28	0,6	-0,13	0,22	-0,055	0,045
3	2	0,86	0,54	0,67	1,07	-0,19	-0,28	-0,05	0,17	0,25	2,32	1,63	0,455	0,620
3	2	0,33	0,02	0,26	0,23	-1,6	-0,37	-0,34	-0,33	-0,06	0,04	0,32	0,085	0,118
3	2	0,24	0,06	-0,02	0,13	-0,26	0,06	-0,6	0,72	0,94	1,99	2,27	0,73	0,522
3	2	-0,25	-0,05	-0,01	-0,02	0,66	-0,14	-0,2	-0,13	-0,1	0,03	0,57	-0,05	0,026
3	2	0,04	0,14	-0,12	0,53	-0,3	-0,26	0,12	0,06	0,46	1,05	1,63	1,505	0,405
3	3	0,72	0,75	0,17	0,39	0,06	0,03	0,49	1,2	0,97	0,95	0,8	0,5	0,586
3	3	4,43	6,25	1,49	0,15	7,23	5,84	4,64	9,21	0,72	2,37	1,58	4,805	4,060
3	3	1,48	0,4	0,01	0,12	0,4	-0,72	-1,05	1,17	0,22	-0,49	1,09	0,395	0,252
3	3	1,04	0,3	2,57	-0,08	0,37	0,39	0,05	0,58	0,13	2,5	1,22	0,625	0,808
3	3	0,15	0,32	0,45	0,7	0,81	-0,52	-0,55	0,2	0,27	0,03	0,15	1,135	0,262
3	3	0,1	-0,11	0,12	0,21	0,29	-0,69	-0,02	0,59	0,04	0,07	0,4	0,875	0,156
3	3	0,1	-0,11	0,12	0,21	0,29	-0,69	-0,02	0,59	0,04	0,07	0,4	0,875	0,156

Respiração do tronco antes da exploração florestal para as 48 árvores por classe de diâmetro.

B	CD	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	ANTES
1	1	0,1875	0,2707	0,1376	0,8880	0,3884	0,3521	0,1969	0,3840	0,4502	0,3538	0,2141	0,2831	0,2309	0,3336
1	1	0,6291	0,8709	0,7400	0,2247	1,0125	1,3123	0,9209	0,9196	0,3765	0,2774	0,5011	0,7207	0,3256	0,6793
1	1	0,3434	0,5561	1,1713	0,8491	0,4118	1,3536	1,1120	0,6268	0,9699	0,8574	1,0561	1,0285	0,9622	0,8691
1	1	0,2678	0,4872	0,7437	0,2946	0,2715	0,2317	0,5385	0,7538	0,4525	0,2506	0,2300	0,3551	0,3965	0,4057
1	1	1,1618	0,9102	0,8894	1,3629	1,3677	0,6009	1,1925	0,3993	1,8870	0,5252	0,8109	0,7012	0,9613	0,9823
1	2	0,2903	0,5684	0,3076	0,8007	0,3193	0,4927	0,2979	0,3359	0,2744	0,4167	0,4083	0,2512	0,5984	0,4125
1	2	0,4799	0,1532	0,2744	0,3544	0,6066	0,8141	0,7708	0,5372	1,0129	0,4421	0,5774	0,4908	0,5140	0,5406
1	2	0,1687	1,5181	1,1253	0,5752	0,5178	0,8368	0,6721	0,2939	0,9739	1,3500	1,3205	1,6977	1,2102	0,9431
1	2	0,2529	0,2769	0,3520	0,3495	0,1593	0,3072	0,1819	0,6300	1,1456	0,2615	0,1617	0,2405	0,1254	0,3419
1	3	0,6334	1,5478	1,4878	0,7536	1,2141	1,9349	1,1961	1,2117	1,0240	0,9024	0,9901	0,8617	0,5145	1,0979
1	3	1,2401	0,9231	1,7437	0,9741	0,5895	1,2576	0,8178	0,9914	1,0840	0,9188	0,7512	0,5908	0,6361	0,9630
1	3	0,4234	0,5232	1,3835	0,8692	0,3539	0,4394	0,5005	0,4045	0,1023	0,6047	0,5738	0,7255	0,9017	0,6004
1	3	0,5879	0,1476	1,5819	1,0002	0,3482	0,3399	0,0860	0,2670	0,9975	0,1763	0,1781	0,2184	0,4488	0,4906
1	3	0,4750	0,1635	1,0522	0,6743	0,2203	2,0756	0,4505	0,2264	1,0936	0,8575	0,3119	0,2650	0,6249	0,6531
1	3	0,7209	0,7483	0,8981	0,1527	0,4602	0,4222	0,5009	0,9238	2,9669	0,4877	0,4823	0,5937	0,1955	0,7349
1	3	0,4305	0,2869	0,1130	0,2985	0,2545	0,1607	0,3234	0,2829	0,2664	0,6926	0,5750	0,6606	0,7082	0,3887
2	1	0,6606	0,5519	0,3375	0,3116	0,4904	0,3256	0,3087	0,1758	2,7324	0,3042	0,1764	0,3788	0,2384	0,5379
2	1	2,1842	0,9014	0,8763	1,3218	0,8255	0,2881	0,9344	0,3693	1,8480	1,1482	1,0810	0,6418	0,7734	1,0149
2	1	1,2030	1,6686	1,0342	0,2972	0,7235	1,4233	0,8766	0,0000	0,1659	0,5183	0,9236	0,8050	1,0415	0,8216
2	1	1,5961	1,8238	1,0517	0,3860	1,2097	1,4047	0,6056	0,6703	0,6950	0,6755	0,6497	0,2529	0,2937	0,8704
2	1	1,3274	1,4515	1,8229	0,5210	0,9727	0,4008	1,0941	0,6259	0,4590	0,9957	0,9172	0,9281	0,9165	0,9564
2	1	0,6737	0,6515	0,5581	0,2418	0,3825	0,5266	0,6094	0,0000	2,2713	0,2536	0,5611	0,4958	0,4309	0,5889
2	1	0,4599	1,0837	0,7677	0,4187	0,4020	0,6443	0,6707	0,6949	2,1921	0,3776	0,3447	0,3736	0,4332	0,6818
2	1	0,4616	0,2745	0,1928	0,2856	0,1804	0,5115	0,1767	0,1428	0,2146	0,2265	0,2053	0,2238	0,2374	0,2564
2	1	0,4508	0,5881	0,4834	0,3755	0,3793	0,2324	0,3840	0,1837	0,4335	0,4768	0,3013	0,4244	0,5645	0,4060
2	2	0,4599	0,6740	0,4905	0,1112	0,2113	1,1369	0,1950	0,1957	0,3649	0,4302	0,4056	0,2423	0,4402	0,4121
2	2	0,1533	0,4241	0,2990	0,1348	0,1626	0,5232	0,2612	0,0000	0,7239	0,2020	0,2302	0,2495	0,4945	0,2968
2	2	0,8448	1,1698	0,6804	0,9185	0,4201	0,2988	0,9874	0,2937	0,4549	0,2940	0,2100	0,4748	0,3253	0,5671
2	2	2,3178	2,3479	3,3252	1,1966	1,1082	0,4531	0,5459	0,5493	0,5019	0,6908	0,5619	0,6891	0,8185	1,1620
2	3	1,4212	0,3793	5,1309	0,8223	1,6055	1,9613	2,2834	0,7750	1,1934	0,5185	0,4637	0,5993	0,6434	1,3690
2	3	1,6578	1,2346	0,4566	0,2584	0,2674	0,1668	0,2788	1,2959	0,9134	0,2013	0,1931	0,5718	1,1716	0,6668
2	3	0,6836	0,8119	0,2295	0,2022	0,2616	0,2351	0,7270	0,3655	1,2257	0,3489	0,1825	0,3707	0,4175	0,4663

3	1	1,9638	1,6178	0,6831	2,4908	0,5383	0,5109	1,3022	0,7139	0,4788	0,5786	0,7568	0,7787	0,4898	0,9926
3	1	0,8982	1,0833	0,6155	1,0099	0,6677	1,3205	0,5204	0,3070	0,8749	1,8000	2,3270	1,4063	1,2211	1,0809
3	2	0,1441	0,4868	0,1360	0,4514	0,1058	0,3357	0,3188	0,2904	0,3587	0,1980	0,3369	0,3515	0,3864	0,3000
3	2	0,9161	0,4650	0,3264	0,4584	0,4723	0,3799	0,4643	0,3180	0,3893	0,4873	0,5059	0,3837	0,2126	0,4446
3	2	0,3692	0,4505	0,5240	0,7163	0,4681	0,3848	0,5938	0,2778	0,3051	0,2717	0,2528	0,2783	0,3269	0,4015
3	2	1,4175	1,3095	1,9926	0,7063	1,2429	0,1886	0,3772	1,1676	0,3224	1,0350	0,8490	0,3701	0,3364	0,8704
3	2	0,4696	0,6051	0,3746	0,5557	0,3644	0,5931	0,4212	0,3672	0,1459	0,3475	0,3810	0,4926	0,3292	0,4190
3	2	1,0785	1,6648	0,7505	0,6509	0,8900	0,5550	0,4931	0,2255	0,3833	0,5569	0,5609	0,5866	0,1566	0,6579
3	2	1,2014	0,7697	0,5666	0,6282	0,2126	0,2791	0,3504	0,3087	0,2685	0,5740	0,5846	0,5208	0,1464	0,4932
3	2	0,7486	0,8111	0,3762	0,8879	0,4566	0,2634	0,6143	0,3776	0,0793	0,4082	0,7596	0,7821	0,1043	0,5130
3	3	1,9909	2,2606	2,3980	2,0137	0,6261	2,1054	1,9077	0,9450	0,7808	1,5546	1,8687	2,0412	2,3802	1,7594
3	3	1,4309	1,2270	0,5246	2,5611	2,7625	2,0857	1,9823	2,4316	1,1257	1,8300	1,0494	0,9923	1,7322	1,6719
3	3	0,5059	0,4705	0,3040	0,5317	0,3331	0,5052	0,4622	0,3382	0,5875	0,5243	0,7217	0,7694	0,4264	0,4985
3	3	0,6795	0,7527	0,4123	1,0201	0,3517	0,4041	0,4895	0,9029	0,0000	0,3172	0,6818	0,4479	0,4019	0,5278
3	3	1,4735	1,7194	1,0328	1,2479	0,3679	1,2746	1,4152	0,3025	0,3189	0,4763	1,2700	0,8146	0,5750	0,9453
3	3	1,1618	1,4585	1,5013	1,8533	1,1185	0,7268	1,0204	1,4767	0,7782	0,7238	0,7358	0,6631	0,6791	1,0690

Respiração do tronco após a exploração florestal para cada tratamento (B1, B2 e B3) por classe de diâmetro.

B	CD	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	APÓS
1	1	0,1222	0,3966	0,4165	0,3732	0,2771	0,2230	0,6018	0,2579	0,2736	0,4940	0,5572	0,3630
1	1	0,6646	0,1972	0,8490	0,5559	0,2350	0,3823	0,3496	0,1940	0,4389	0,5417	0,2954	0,4276
1	1	2,6336	0,7431	1,2125	0,2244	0,5790	0,6048	1,0425	0,6523	0,5153	1,3545	0,4798	0,9129
1	1	0,1952	1,0082	0,3237	0,1983	0,1969	0,1145	0,1798	0,1548	0,2533	0,3812	0,2253	0,2937
1	1	0,2593	0,8411	0,6096	0,7266	0,7211	0,3803	0,7157	0,4391	0,8262	0,4317	0,8193	0,6154
1	2	0,6517	0,3809	0,5012	0,4788	0,6303	0,1104	0,6507	0,4889	0,6202	0,8787	0,6115	0,5458
1	2	1,2772	0,1492	0,3943	0,6932	0,4078	0,0226	0,3892	0,5006	0,9156	0,5606	0,2537	0,5058
1	2	1,1990	1,2144	1,2229	0,5071	0,5030	0,3044	1,3626	0,1266	1,2996	1,2472	0,4032	0,8536
1	2	0,5157	0,1202	0,4409	0,3740	0,3718	0,7655	0,2296	0,0660	0,4318	0,3914	0,2787	0,3623
1	3	0,5828	0,7321	1,5898	0,9404	1,2458	0,5995	1,0928	1,0765	0,8492	1,2880	0,5222	0,9563
1	3	1,6173	1,2576	0,7654	0,6833	0,5281	0,2949	0,6335	0,6676	1,0301	0,6164	0,4654	0,7782
1	3	0,7998	0,5727	0,7356	0,6905	0,6048	0,4009	0,6506	0,9113	0,4616	0,6913	0,6211	0,6491
1	3	0,5973	0,4947	0,2531	0,4047	0,4243	0,1702	1,0641	0,3040	0,2368	0,5025	0,7267	0,4708
1	3	0,1304	0,3065	0,7406	0,4112	0,4082	1,8377	0,8496	0,5251	0,8135	2,0305	0,5810	0,7849
1	3	1,5559	0,6911	0,0344	0,5303	0,5272	1,4690	0,5370	0,3164	0,2973	0,4368	0,5011	0,6270
1	3	0,7809	0,1787	0,3180	2,2712	1,5124	0,2153	0,8618	0,4430	0,3505	0,0164	0,1382	0,6442
2	1	0,4852	0,3552	0,4260	0,4968	0,2688	0,3275	0,3349	0,0334	0,2809	0,2098	0,2098	0,3117
2	1	0,9705	0,9100	0,9098	0,9095	0,3119	0,7508	0,3192	0,5545	0,6350	0,7255	0,7255	0,7020
2	1	0,9233	0,7003	0,5571	0,4139	0,0171	0,3348	0,2201	1,0923	0,1765	1,3893	1,3893	0,6558
2	1	0,6813	0,9875	1,0139	1,0404	0,0455	0,9131	0,4207	0,4842	0,9065	0,5380	0,5380	0,6881
2	1	0,9405	0,8651	0,6966	0,5282	0,0287	1,1550	0,6759	0,4806	0,3922	0,6155	0,6155	0,6358
2	1	0,5756	0,4993	0,5363	0,5733	0,7481	0,4074	0,7351	0,4137	0,2958	0,5292	0,5292	0,5312
2	1	0,6340	0,9320	0,7258	0,5197	0,2504	0,2723	0,7210	0,2488	0,2645	0,2585	0,2585	0,4623
2	1	0,1724	0,2840	0,2464	0,2089	0,0925	0,1780	0,1194	0,2121	0,1042	0,0737	0,0737	0,1605
2	1	0,3299	0,5071	0,4218	0,3364	0,5658	0,5593	0,1578	0,2666	0,2596	0,2584	0,2584	0,3565
2	2	0,2707	0,2612	0,2249	0,1886	0,2072	0,7552	0,3113	0,2322	0,2813	0,3513	0,3513	0,3123
2	2	0,3716	0,3742	0,5121	0,6500	0,6062	0,8248	1,0574	0,9504	0,6518	1,2462	1,2462	0,7719
2	2	0,4664	0,4516	0,5273	0,6030	0,1653	0,2829	0,4442	0,1265	0,0946	0,4361	0,4361	0,3667
2	2	0,9421	0,7008	0,5596	0,4184	0,4003	0,7500	1,2964	0,7901	0,4138	1,1861	1,1861	0,7858
2	3	1,2991	0,6283	0,7121	0,7958	2,8321	0,9242	0,5420	0,4920	0,7752	0,6785	0,6785	0,9416
2	3	0,5024	0,2877	0,2783	0,2689	0,4164	0,1692	0,2779	0,1100	0,2503	0,1321	0,1321	0,2568

2	3	0,4630	1,7541	1,0974	0,4408	0,1270	0,7441	0,5860	0,2008	0,3010	0,1602	0,1602	0,5486
3	1	1,0746	1,1587	1,0416	0,6729	0,1729	0,5993	0,9477	0,7602	1,0500	1,3297	1,1554	0,9057
3	1	1,7217	1,9621	1,2459	1,3993	0,8859	1,0451	0,9619	0,4160	0,5922	0,5208	0,7248	1,0432
3	2	1,1188	0,8900	0,6117	0,7750	0,1190	0,4152	1,0776	1,0007	0,9079	0,8986	1,1444	0,8144
3	2	0,2132	0,2814	0,3963	0,5056	0,0466	0,1256	0,3123	0,1931	0,2060	0,2412	0,3095	0,2573
3	2	0,2795	0,4105	0,4530	0,1685	0,5554	0,1529	0,2807	0,2600	0,3837	0,4229	0,3009	0,3334
3	2	0,4675	0,5140	0,6689	1,0762	0,3140	0,2290	0,3813	0,3114	0,1543	0,2988	0,3078	0,4294
3	2	0,4310	0,9187	0,8181	0,7522	0,0371	0,5775	0,8587	0,8476	0,8287	0,7208	0,4094	0,6545
3	2	0,3802	0,3640	0,4385	0,3345	0,2668	0,3443	0,3974	0,4884	0,3543	0,3868	0,5617	0,3924
3	2	0,9364	0,7666	0,8860	0,6082	0,8389	0,5283	0,6517	0,5214	0,5384	0,8716	0,6830	0,7119
3	3	1,7112	2,3246	1,5018	1,4672	0,5733	1,5175	1,4397	1,3856	1,9276	1,6544	1,8550	1,5780
3	3	1,8970	1,9990	2,1580	2,3116	0,7530	0,1536	1,7348	1,0629	1,2548	0,6974	1,0525	1,3704
3	3	0,4871	0,5274	0,6391	0,4493	0,0469	0,2627	0,3672	0,3931	0,5984	0,4644	0,4813	0,4288
3	3	0,3028	0,5549	0,8390	0,3308	0,3068	0,0643	0,1307	0,4128	0,4883	0,2638	0,5239	0,3835
3	3	1,1549	1,4337	0,9584	0,1060	0,2537	0,4229	0,8295	0,1354	0,1399	0,7735	0,6360	0,6222
3	3	0,8654	1,5343	1,3025	1,2540	0,8867	0,4298	1,1845	0,4853	0,9487	1,0345	1,1310	1,0051