INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA INTEGRADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA TROPICAL E RECURSOS NATURAIS

DINÂMICA DO CRESCIMENTO DE ESPÉCIESCOMERCIAIS REMANESCENTES, EM ÁREAS EXPLORADAS EXPERIMENTALMENTE EM DIFERENTES INTENSIDADES DE CORTE NA AMAZÔNIA CENTRAL

MÁRCIO ROGÉRIO MOTA AMARAL

Dissertação apresenta ao Programa Integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção de título de Mestre em Ciências de Florestas Tropicais - CFT, área de concentração em Manejo Florestal.

MANAUS-AM
2013

MÁRCIO ROGÉRIO MOTA AMARAL

DINÂMICA DO CRESCIMENTO DE ESPÉCIES COMERCIAIS REMANESCENTES, EM ÁREAS EXPLORADAS EXPERIMENTALMENTE, EM DIFERENTES INTENSIDADES DE CORTE NA AMAZÔNIA CENTRAL

Dissertação apresentada ao Programa Integrado de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção de título de Mestre em Ciências de Florestas Tropicais - CFT, área de concentração em Manejo Florestal.

Orientador: Joaquim dos Santos
Co-Orientador: Niro Higuchi

MANAUS-AM
2013

Amaral, Márcio Rogério Mota.
Dinamica do Crescimento de Espécies Comerciais Remanescentes, em Áreas Exploradas Experimentalmente em Diferentes Intensidade de Corte na Amazônia Central / Márcio Rogério Mota Amaral. --- Manaus, 2013.
97f.
Dissertação de Mestrado – (Ciências de Florestas Tropicais – CFT/INPA)
Orientador: Joaquim dos Santos
Co-orientador: Niro Higuchi

Área de Concentração: Manejo Florestal
1. Ciclo de Corte. 2. Dinâmica Florestal. 3. Manejo Florestal

Sinopse:

Dinâmica árvores de espécies comerciais remanescentes de uma floresta explorada experimentalmente, em diferentes intensidades de corte na Amazônia Central afim de estimar um segundo ciclo de corte.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
Programa de Pós-Graduação em Ciências de Florestas Tropicais

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS

DEFESA PÚBLICA DISSERTAÇÃO / PPG-CFT - INPA

Ata da Defesa Pública da Dissertação de Mestrado de **MÁRCIO ROGÉRIO MOTA AMARAL** aluno (a) do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS, realizada no dia 10 de abril de 2013.

Aos dez dias do mês de abril de 2013, às 14h30min, na Sala de Aula do Programa de PG em Ciências de Florestas Tropicais, PPG-CFT, Campus III, INPA-V8, realizou-se a Defesa Pública da Dissertação de Mestrado intitulada: **"DINÂMICA DO CRESCIMENTO DE ESPÉCIES COMERCIAIS REMANESCENTES, E ÁREAS EXPLORADAS EXPERIMENTALMENTE SOB DIFERENTES INTENSIDADES DE CORTE NA AMAZÔNIA CENTRAL**, em conformidade com o Artigo 68 do Regimento Interno do PPG-CFT e Artigo 52 do Regimento Geral da Pós-Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (MCTI-INPA) como parte final de seu trabalho para a obtenção do título de **MESTRE EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS,** área de concentração em **Manejo Florestal.** A Banca Examinadora foi constituída pelos seguintes professores doutores: AFONSO FIGUEIREDO FILHO (UNICENTRO), SEBASTIÃO DO AMARAL MACHADO (UFPR) e MARCUS VINICIO NEVES d'OLIVEIRA (EMBRAPA-AC). O (a) Presidente da Banca Examinadora, Dr. Joaquim dos Santos (orientador-INPA), deu início à sessão convidando os senhores membros e o(a) Mestrando(a) a tomarem seus lugares e informou sobre os procedimentos a serem observados para o prosseguimento do exame. A palavra foi, então, facultada ao(à) Mestrando(a) que apresentou uma síntese do seu estudo e respondeu às perguntas formuladas pelos membros da Banca Examinadora. Depois da apresentação e argüição, a referida Banca Examinadora se reuniu e decidiu por

APROVAÇÃO.

A sessão foi encerrada às 16h40, para constar eu, Valdecira Azevedo, Secretária do PPG-CFT lavrei a presente Ata, que depois de lida e aprovada foi assinada pelo Presidente e membros da Banca Examinadora. Em Manaus (AM), 10 de abril de 2013.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. AFONSO FIGUEIREDO FILHO

Prof. Dr. SEBASTIÃO DO AMARAL MACHADO

Prof. Dr. MARCUS VINICIO NEVES d'OLIVEIRA

Prof. Dr. JOAQUIM DOS SANTOS
Presidente da Banca

Prof. Dr. JOSÉ FRANCISCO DE CARVALHO GONÇALVES
Coordenador do PPG-CFT

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), pela oportunidade.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências de Floresta Tropicais, em especial aos professores e pesquisadores, pela formação acadêmica e crescimento profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado.

Aos meus orientadores Joaquim dos Santos e Niro Higuchi pela sapiência, ensinamentos e oportunidades que a mim foram confiadas.

Ao Laboratório de Manejo Florestal (LMF) e aos companheiros da Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST/INPA – ZF2), pela estrutura, suporte e coleta de dados.

A Adélia, Flávia, Rose, Edilene, Milton San e Valdecira pelo convívio diário e apoio logístico.

Ao Adriano Lima que sempre me ajudou e orientou.

A todos do projeto CADAF, pelos ensinamentos e oportunidades que a mim foram dadas.

Aos parceiros Caíque, Coco, e Giga, pelo apoio técnico.

A todos os colegas de mestrado turma 2011, pelas convivências e amizades.

Aos meus familiares, que sempre me incentivaram e contribuíram para o meu crescimento profissional e minha formação; em especial a Thereza Carla e Sofia pela paciência nos momentos em que me ausentei.

A todos que no decorrer da minha formação contribuíram direta e indiretamente para o crescimento profissional e pessoal.

OBRIGADO!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 3
2 – OBJETIVOS 12
2.1 – Objetivo Geral 12
2.2 – Objetivos Específicos 12
3 – HIPÓTESES DE TRABALHO 12
4 – REVISÃO DA LITERATURA 14
4.1 – Explorações Florestais Na Amazônia 14
4.2 – Manejo Florestal Na Amazônia 15
4.3 – Dinâmica Florestal 18
4.3.1 – Crescimento E Incremento 19
4.3.2 – Recrutamento E Mortalidade 21
5 – MATERIAS E MÉTODOS 23
5.1 – Características Da Área De Estudo 23
.5.1.1 – Vegetação 24
5.1.2 – Solos 25
5.1.3 – Clima 26
5.2 – Histórico Resumido Da Área Experimental 27
5.2.1 – Inventário Comercial Pré-Exploratório 28
5.2.2 – Inventário Da Regeneração Natural 28
5.2.3 – Anelamento Das Árvores Indesejáveis 29
5.2.4 – Exploração Florestal 29
5.3 – Delineamento Do Experimento 29
5.4 – Fonte De Dados 31
5.5 – Coleta De Dados 33
5.5.1 – Inventário Florestal Contínuo (Ifc) 33
5.6 – Estimativa Dos Parâmetros Dendrométricos 34
5.6.1 – Estimativa De Área Basal (G) 34
5.6.2 – Estimativa Do Volume Individual 35
5.6.3 – Incremento No Período De Estudo 36
5.6.4 – Mortalidade e Recrutamento. 37
5.7 – Análises Estatísticas 39
6 – RESULTADOS E DISCUSSÃO 41
7 - CONCLUSÃO 86
8 – REFERÊNCIAS 89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da Estação Experimental de Silvicultura Tropical/INPA.

Figura 2. Médias mensais da precipitação total e da umidade relativa do ar na estação climatológica localizada na estrada ZF-2 km 14, durante o período de 1981 a 1990 (Fonte: banco de dados da CPCR/INPA).

Figura 3. Disposição dos blocos experimentais na área de estudo (ZF-2, BR-174).

Figura 4. Detalhamento das parcelas permanentes nos sub-blocos.

Figura 5. Remedição de uma árvore (a); placas de identificação da árvore (b); Marcação do ponto de medição do DAP de uma árvore recruta (c) e; árvore com "sapopemas" sendo necessária a utilização de escadas para medir o DAP (d).

Figura 6. Recrutamento de árvores no período de 1990 a 2012. (A) Todas as espécies, (B) espécies comerciais e (C) espécies não comerciais.

Figura 7. Taxa de recrutamento e precipitação observada durante o período de 1990 a 2012 considerando todas as espécies.

Figura 8. Alteração da mortalidade de árvores mortas de cada tratamento no período de 1990 a 2012.

Figura 9. Taxa de mortalidade de todas as espécies (A) espécies comerciais (B) e espécies não comerciais durante o período de 1990 a 2012.

Figura 10. Taxas de mortalidade (barras em cinza) e precipitação média (linha pontilhadas) em uma série histórica de 22 anos de observação.

Figura 11. Recuperação em área basal da floresta remanescente, considerando todas as espécies e de cada tratamentos, após 25 anos (1986 – 2012).

Figura 12. Resultado do teste t comparando os estoques que havia antes da exploração (1986) e os estoques atuais (2012) para todos os tratamentos.

Figura 13. Evolução da área basal de espécies comerciais após 24 anos da exploração (1986 – 2012).

Figura 14. Resultado da análise gráfica do resultado do teste t pareado para área basal de espécies comerciais de todos os tratamentos.

Figura 15. Dinâmica do crescimento volumétrico, considerando todas as espécies, nos tratamentos analisados no período de 1990 a 2012.

Figura 16. Análise gráfica dos resultados do teste t para variável volume estocado no ano de 1986 e 2012.

Figura 17. Evolução do volume de espécies comerciais em todos os tratamentos durante o período de 1986 a 2012.

Figura 18. Análise gráfica dos resultados do teste t para variável volume de espécies comerciais estocado no ano de 1986 e 2012.

Figura 19. Evolução da densidade arbórea, considerando todas as espécies, 25 anos após a exploração florestal.

Figura 20. Evolução da densidade de espécies comerciais no período de 1986 a 2012.

Figura 21. Incremento periódico anual em diâmetro considerando todas as espécies ao longo de 22 anos de observação.

Figura 22. Resultado gráfico das correlações entre o incremento médio anual e a precipitação média anual durante o período de 1990 a 2012.

Figura 23. Incremento diamétrico de espécies comerciais ao longo de 22 anos de monitoramento.

Figura 24. Dinâmica do incremento diamétrico nos tratamentos analisados no período de 1990 a 2012, de acordo com a classe de diâmetro.

Figura 25. Incremento diamétrico de todos os tratamentos de acordo com a classe de diâmetro.

Figura 26. Incremento volumétrico anual das espécies comerciais durante o período de 1990 a 2012.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Espécies comercias listadas pela Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical (CPST) no início do projeto.

Tabela 2. Organização dos dados coletados e tabulados em planilha eletrônica e posteriormente analisados.

Tabela 3. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para recrutamento de árvores dentro dos tratamentos estudados.

Tabela 4. Taxas médias de recrutamento de cada tratamento analisado no período de 1990 – 2012.

Tabela 5. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para mortalidade de árvores dentro dos tratamentos estudados.

Tabela 6. Taxas de mortalidades considerando todas as espécies, espécies comerciais e espécies não comerciais.

Tabela 7. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para área basal de todas as espécies com medidas repetidas dentro dos tratamentos de acordo com os anos (1990 – 2012).

Tabela 8. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para área basal de espécies comerciais de cada tratamento de acordo com o tempo.

Tabela 9. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para o variável volume considerando todas as espécies com o passar dos anos.

Tabela 10. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para a variável volume de espécies comerciais analisadas durante 1990 a 2012.

Tabela 11. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para densidade de indivíduos durante o período de 1990 a 2012.

Tabela 12. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para densidade de espécies comerciais ao longo dos anos.

Tabela 13. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para incremento diamétrico considerando todas as espécies.

Tabela 14. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para os incrementos diamétricos considerando as espécies comerciais.

Tabela 15. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para incremento em três diferentes classes de diâmetro no T0.

Tabela 16. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para incremento em diâmetro de acordo com a classe de diâmetro.

Tabela 17. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para o incremento periódico anual da classe “corte” de todos os tratamentos em função do tempo.

Tabela 18. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para incremento diamétrico na classe “Estoque” entre tratamentos ao longo do tempo.

Tabela 19. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para incremento diamétrico na classe “Regeneração” entre tratamentos ao longo do tempo.

Tabela 20. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para incremento volumétrico anual (IPA) durante o período 1990 a 2012.

Tabela 21. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para incremento volumétrico de espécies comerciais.

RESUMO

Dinâmica do Crescimento de Espécies Comerciais Remanescentes em Áreas Exploradas Experimentalmente em Diferentes Intensidades de Corte Na Amazônia Central – Estudar a dinâmica florestal é de suma importância para a condução de estratégias ao manejo florestal, principalmente no que se diz respeito ao ciclo de corte. No entanto, o ciclo de corte está baseado no crescimento total da população e não faz distinção entre as espécies. As principais espécies consumidas pelo mercado nacional e internacional estão concentradas a um número relativamente pequeno e, devido à intensa exploração sobre as espécies comerciais madeireiras, estas correm o risco acentuado de desaparecer. Diante disso, este trabalho teve o objetivo de estudar o comportamento dinâmico de uma área explorada experimentalmente sob diferentes intensidades de corte há 25 anos, na Amazônia Central e, com estas informações fazer uma estimativa para o próximo ciclo de corte. Para os tratamentos analisados T1, T2 e T3 a estimativa dos estoques, em área basal, para as espécies comerciais foram respectivamente: 5,97 ± 0,16 $m^2.ha^{-1}$, 6,07 ± 0,23 $m^2.ha^{-1}$ e 4,68 ± 0,13 $m^2.ha^{-1}$ e volume 88,75 ± 2,32 $m^3.ha^{-1}$, 90,46 ± 3,38 $m^3.ha^{-1}$ e 69,79 ± 1,92 $m^3.ha^{-1}$ (IC 95%). O incremento médio em diâmetro das espécies comerciais foi de: 0,26 ± 0,03 $cm.ano^{-1}$, 0,27 ± 0,03 $cm.ano^{-1}$ e 0,32 ± 0.04 $cm.ano^{-1}$ (IC 95%), respectivamente para T1, T2 e T3. As taxas de recrutamento foram maiores que as taxas de mortalidades em todos os tratamentos, variando entre 1,63 ± 0,52% a 1,98 ± 0,62% para recrutamento e 1,0 ± 0,45% a 1,31 ± 0,23% para a mortalidade (IC 95%). Observou-se também que não existe correlação com a precipitação, tanto para a mortalidade como para o recrutamento. A estimativa para o segundo ciclo de corte, em função do incremento volumétrico, considerando apenas das espécies comerciais foram: **a)** de acordo com a Resolução N° 406 do CONAMA 2009, no qual o estabelece o incremento de 0,86 $m^3.ha^{-1}ano^{-1}$ foi de 39,5 anos para o tratamento de leve intensidade (T1); 57 anos para o tratamento de intensidade média (T2) e; 78 anos para o tratamento de intensidade pesada (T3); **b)** Com base no volume retirado de cada tratamento o ciclo de corte foi em média de 60,6 anos, 75 anos e 252 anos respectivamente para T1, T2 e T3 e; **c)** com base nos estoques volumétricos atuais, o ciclo de corte foi em média de 68 anos para T1, 40 anos para T2 e 164 anos para T3. Estes resultados mostram que os ciclos de corte recomendados pela legislação florestal, de 25 a 35 anos, é insuficiente e os resultados do teste t pareado mostraram que a floresta residual de espécies comerciais ainda está longe de ser recuperada.

ABSTRACT

Dynamics Growth of Commercial Species Remaining in Experimentally Exploited Areas in Different intensities Cut In Central Amazon. Studying forest dynamics is extremely important to conduct forest management strategies, particularly in relation the cutting cycle. However, the cutting cycle is based on the total growth of the population and does not distinguish between species. The main species consumed by national and international markets are concentrated in a relatively small number, due to the intense exploitation of commercial timber species, these, are at increased risk of disappearing. Thus, this work aimed to study the dynamic behavior of an exploited experimentally area under different cutting intensities after 25 years in the Central Amazon area and, with this information to make an estimate for the next cutting cycle. To treatments analyzed T1, T2 and T3 the estimation of stocks of the basal área and volume, for commercial species were respectively: 5,97 ± 0,16 $m^2.ha^{-1}$, 6,07 ± 0,23 $m^2.ha^{-1}$ and 4,68 ± 0,13 $m^2.ha^{-1}$ and 88,75 ± 2,32 $m^3.ha^{-1}$, 90,46 ± 3,38 $m^3.ha^{-1}$ e 69,79 ± 1,92 $m^3.ha^{-1}$ (CI 95%). The average diameter increment of commercial species was: 0,26 ± 0,03 $cm.yr^{-1}$, 0,27 ± 0,03 $cm.yr^{-1}$ and 0,32 ± 0.04 $cm.yr^{-1}$ (IC 95%), respectively to T1, T2 e T3. Recruitment rates were higher than the rates of mortality in all treatments, ranging from 1,63 ± 0,52% a 1,98 ± 0,62% to recruitment e 1,0 ± 0,45% a 1,31 ± 0,23% to mortality (CI 95%). It was also observed that there is no correlation with rainfall, both for mortality and for the recruitment. The estimate for the second cutting cycle, depending on the volumetric increment, considering only the commercial species were: **a)** in accordance with Resolution No. 406 of CONAMA 2009, which establishes the increment 0,86 $m^3.ha^{-1}yr^{-1}$ years for the treatment low intensity (T1), 57 years for the treatment of moderate intensity (T2) and, 78 years for the treatment of heavy intensity (T3); **b)** Based on the volume removed from each treatment the cutting cycle was on average 60.6 years, 75 years and 252 years respectively for T1, T2 and T3 and; **c)** based on current volume stock, the cutting cycle was on average 68 years for T1, 40years for T2 and 164 years for T3. These results show that cutting cycles recommended by the forest law, 25 to 35 years, is insufficient and the results of the paired t-test showed that the residual forest of commercial species is still far from recovered.

1. INTRODUÇÃO

A Instrução Normativa n^0 5 de 11 de dezembro de 2006 (IN 05/06) estabelece procedimentos técnicos para elaboração, execução, apresentação e avaliação técnica de planos de manejo florestal sustentável – PMFS, em florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal. Esta IN define parâmetros de limitação e controle da produção a fim de garantir a sustentabilidade da floresta; determina o ciclo de corte que é de 25 anos a 35 anos para PMFS Pleno e intensidade máxima de corte de 30 $m^3.ha^{-1}$ e, no mínimo, 10 anos para PMFS de baixa intensidade sendo apenas retirados da floresta no máximo 10 $m^3.ha^{-1}$, sendo que estas intensidades dependem da capacidade produtiva da floresta.

De acordo com Hummel (2001), não é por falta de legislação que as florestas da Amazônia não estão sendo utilizadas de forma sustentada para produção de madeira. O problema é complexo e oriundo de diversas causas. As normas têm sofrido alterações constantes. A relevância prática desses requerimentos e as causas das mudanças ainda não foram estudadas.

A legislação florestal, embora estabeleça que a floresta amazônica seja explorada sob o princípio do rendimento sustentável, faltam ainda estabelecer intensidades ou níveis de exploração que possam ser tanto economicamente viável como também ecologicamente correto, baseado no que diz respeito aos estudos de crescimento de cada espécie ou capacidade de recuperação daquele habitat após uma intervenção, sendo estes parâmetros conhecidos apenas por meio de estudos de dinâmica florestal (Azevedo, 2006).

Estudar a dinâmica de uma floresta é de fundamental importância para a condução de um povoamento florestal, no que diz respeito ao planejamento, ensino e pesquisa. As características de uma floresta tropical se apresentam de forma bastante heterogênea e em constantes mudanças em sua estrutura, fisionomia e composição florística. A distribuição dos indivíduos em classes de diâmetro muda de ano para ano, devido ao crescimento, à morte e também ao corte, que segundo Rocha (2001), estas variáveis são fundamentais para definir o ciclo de corte, intensidade de colheita, prescrever tratamentos silviculturais e para o manejo florestal em geral.

A maneira mais adequada para entender o desenvolvimento da distribuição diamétrica da floresta é por meio do monitoramento sistemático e por longos períodos. Esse procedimento é conhecido como Inventário Florestal Contínuo (IFC) que consiste em efetuar medições na floresta repetidas vezes no tempo. A metodologia conhecida e mais indicada para tal finalidade é a instalação de parcelas permanentes (Schaaf *et al.*, 2006).

A parcela permanente é uma das ferramentas importantes para monitorar o crescimento de uma floresta e conhecer a sua produção, no qual os dados coletados e após analisados, fornecem subsídios importantes para o planejamento florestal e tomada de decisões estratégicas, garantindo assim a sustentabilidade do negócio (Silva *et al*., 2005). Porém, o monitoramento da dinâmica dos diferentes tipos florestais que ocorrem na Amazônia tem sido feito com base em medições sucessivas sobre poucas parcelas, que não estão satisfatoriamente distribuídas ao longo da região amazônica (Rocha *et al*., 2003).

As informações oriundas de parcelas permanentes resultam na obtenção de uma série de informações fundamentais aos manejadores, como avaliação do crescimento, ingresso, mortalidade, sucessão e densidade de estoque, ciclo de corte, entre outros (Azevedo, 2006). Estes conhecimentos, por sua vez, ajudam na condução de estratégias para o manejo florestal, principalmente no que se diz respeito ao ciclo de corte. Porém, o ciclo de corte está baseado em estudos de crescimento total da população florestal, sendo que desta maneira, desconsidera o crescimento individual dentre as espécies que compõe a área florestal.

Estudos sobre crescimento, incremento e mortalidade é quase sempre genérico, ou seja, não distingue as espécies. No entanto, para que florestas tropicais possam ser utilizadas em bases sustentáveis, do ponto de vista de produção de madeira, um dos fatores importantes a serem averiguados é o crescimento e incremento individual de espécies comerciais, principalmente em áreas submetidas à exploração florestal.

Atualmente a exploração de madeira na Amazônia tem se tornado mais intensa, isso se deve ao fato da necessidade de madeira tropical no mundo e também aos estoques de madeira em países asiáticos, que estão se tornando cada vez mais insuficientes. Estudos mostram que o estoque de madeira na floresta amazônica passa dos 60 bilhões de metros cúbicos e que mais da metade do consumo interno brasileiro em tora é oriunda da floresta amazônica.

Porém, a participação no mercado interno e em países consumidores ainda é baixa (Santos, 1988), no qual pode ser atribuído a dois principais fatores: i) a grande heterogeneidade da floresta amazônica e; ii) a exploração madeireira, em larga escala na Amazônia, tem se concentrado em poucas espécies. As principais espécies consumidas pelo mercado madeireiro não ultrapassam de 60 espécies, o que comprova um aproveitamento reduzido do número de espécies na região amazônica.

Estudo de Santos (1988) mostraram a intensa exploração florestal sobre poucas espécies e que apenas as espécies *Calophyllum brasiliense* Cambess e *Ocotea guianensis* Aubl. representam juntas mais de 50% do consumo de madeira serrada no estado do Amazonas. Outros estudos como, por exemplo, de Lima *et al.* (2005), também na região amazônica, observou que apenas cinco espécies contribuíram com aproximadamente 50% do consumo total de madeira.

Pouco se conhece sobre a ecologia e dinâmica das espécies florestais amazônicas, principalmente as que são alvo de exploração florestal. Diante disso, pode-se dizer que as espécies comerciais madeireiras da floresta amazônica, correm o risco acentuado de desaparecer, devido à intensiva exploração de madeira sobre estas espécies, ao longo dos anos.

Com base nestas informações, fez-se necessário o estudo individual do comportamento dinâmico de espécies comerciais listadas (EL), para a aplicação de um manejo ideal, objetivando assim a conservação destas espécies, além de oferecer suporte e auxílio ao silvicultor na aplicação de uma melhor prática silvicultural na floresta. Desta maneira foi avaliado o crescimento e incremento individual das espécies comerciais listadas remanescentes de área de exploração, dando enfoque no quanto a floresta, em termos de volume, área basal e densidade, recuperou após 25 anos da exploração madeireira.

Diante do exposto, este trabalho teve o objetivo de contribuir para aumentar o conhecimento sobre espécies comerciais com potencial madeireiro, em uma área explorada há 25 anos, localizada na Estação Experimental de Silvicultura Tropical do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (EEST/INPA). Para isso foi analisada a dinâmica e o crescimento destas espécies, que foram submetidas à exploração seletiva de madeira e as alterações na estrutura da floresta de terra firme sobre o efeito de diferentes níveis de exploração (tratamentos), ocorridos na área de estudo.

2 – OBJETIVOS

2.1 – OBJETIVO GERAL

Avaliar a dinâmica florestal de espécies comerciais remanescentes de uma floresta explorada seletivamente em 1987 sob diferentes regimes de manejo (intensidade de corte), estimando o ciclo de corte.

2.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o incremento em volume e diâmetro de todas as espécies arbóreas listadas (EL) e não listadas em cada tratamento da floresta explorada seletivamente em 1987;
- Analisar a mortalidade e recrutamento de cada tratamento de todas as espécies arbóreas listadas e não listadas;
- Analisar a recuperação dos estoques de área basal e volume de cada tratamento das espécies comerciais (EL);
- Escolher o melhor tratamento de corte quanto à recuperação dos estoques;
- Estimar o ciclo de corte da floresta manejada na região de Manaus;

3 – HIPÓTESES DE TRABALHO

A presente pesquisa está direcionada a responder as seguintes perguntas:

1. As espécies listadas (EL) remanescentes recuperaram o que foi retirado, durante o período de estudo, em termos de volume e área basal em cada tratamento?

   Ou seja: (H0) $\mu 1986 = \mu 2012$ – não há diferença significativa entre as médias de área basal e volume antes da exploração após 25 anos da exploração.

2. As diferentes intensidades de corte influenciam na recuperação da estrutura da floresta das espécies listadas (EL) de cada tratamento?

   Ou seja: (H0) $\mu 1 = \mu 2 = \mu 3$ – não há diferença significativa entre as médias de área basal e volume com o passar do tempo nos diferentes níveis de redução de área basal e volume das espécies comerciais listadas de cada tratamento.

3. Existem diferenças no crescimento diamétrico das EL em diferentes intensidades de exploração com o passar do tempo?

   Ou seja: (H0) $\mu 1 = \mu 2 = \mu 3$ – não há diferença significativa entre as médias de incremento diamétrico com o passar do tempo nos diferentes níveis de redução de área basal e volume das espécies comerciais listadas.

4. O ciclo de corte estabelecido pela Instrução Normativa n^0 05 de 2006 é sustentável?

   Ou seja: (H0): O crescimento volumétrico não difere do valor esperado pela lei.

4 – REVISÃO DA LITERATURA

4.1 – EXPLORAÇÕES FLORESTAIS NA AMAZÔNIA

Alguns estudos mostram que a atividade florestal, ao longo dos anos, vem gerando renda e lucros na Amazônia, porém, estudos de Higuchi *et al*. (2006), indica em que há uma correlação linear positiva e altamente significante entre exploração seletiva e desmatamento e, que não existe correlação alguma entre produção de madeira e PIB per capita, não podendo assim associar a derrubada da floresta com progresso econômico.

A madeira em tora ainda é o principal recurso retirado da floresta. Essa madeira, oriunda do manejo em florestas naturais da Amazônia, pode ser obtida de maneira legal por meio de duas fontes: i) Planos de manejo Florestal Sustentável (PMFS) ou ii) Autorizações de Desmatamento. A exploração madeireira na região amazônica e na maioria das florestas tropicais é com frequência, feita sem planejamento e a floresta é reexplorada diversas vezes antes mesmo de conseguir recuperar a sua estrutura (Barreto *et al.*, 1998).

Normalmente a exploração de madeira é praticada em países em desenvolvimento, reduzindo os estoques de madeira e causando grandes impactos econômicos e ecológicos nestas florestas. Para que a atividade florestal contribua para o desenvolvimento econômico sustentável, estes impactos ecológicos devem ser mitigados, por meio do uso de tecnologia economicamente competitiva com as práticas destrutivas atuais (Holmes *et al.*, 2004).

Embora menos nociva, comparada com outras formas de uso do solo, a exploração madeireira também tem a sua importância na destruição da floresta tropical. Isso se deve ao fato que diversos danos são causados na vegetação remanescentes, devido aos processos da exploração, que por sua vez, irá influenciar na qualidade da floresta residual, comprometendo a sua regeneração e produtividade (Batista, 1989). A maior parte dos danos é causada no momento da queda da árvore de interesse, pois formam as clareiras, danificam o solo e a regeneração natural.

Fearnside (2006) afirmou que o mau uso do solo causa impactos sobre a biodiversidade, ciclagem da água e o armazenamento do carbono. Também existem danos causados no momento do arraste, aberturas de estradas e na construção dos pátios. Estudos de Oliveira *et al.* (2006) mostra que para cada árvore comercial explorada perdem-se em média 4,3 indivíduos com DAP $\geq$ 10 cm e, aproximadamente 0,5 m^2 de área basal, são afetados severamente pela exploração. Estudos realizados por Higuchi & Vieira (1990) observaram que, retirando-se 1,7 das árvores,

danifica-se 26% do número de indivíduos remanescentes, sendo que 12% das árvores perdem a copa, 11% são arrancadas pelos tratores e 3,1% sofrem danos na casca.

Martins *et al.* (1997) observaram que na exploração seletiva de madeira, realizada na região amazônica, quanto mais distantes das estradas de movimentação estiverem as árvores de interesse, maiores são os danos causados na floresta. Isto é decorrente de que, geralmente nestes casos, não são levados em conta os princípios do manejo sutentado (técnico, social, ecológico e econômico). Neste mesmo estudo, os autores verificaram que em média são danificadas 22,9% de árvores por ha, o que correspondeu a 98 árvores por hectare.

Para se manejar a floresta tropical de forma auto-sustentada, deve-se conhecer o impacto das intervenções de manejo sobre a regeneração e estrutura da floresta. O conceito de "capacidade-suporte" segundo Budowski (1984) é a chave para o uso auto-sustentado e consiste na quantificação do impacto que a floresta pode suportar, sem ter sua estrutura e regeneração comprometida (Batista, 1989). Para que as florestas naturais possam ser utilizadas em bases sustentáveis, com a adoção da técnica do manejo florestal preconizada pela legislação florestal brasileira, é fundamental que se quantifique a capacidade de reposição dos estoques extraídos das espécies com mercado atual e daquelas com mercado potencial (Jardim & Soares, 2010).

4.2 – MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA

O Manejo florestal na Amazônia e em florestas tropicais surgiram na verdade, como adaptações dos padrões dos sistemas silviculturais utilizados no manejo de florestas temperadas que se baseiam em duas categorias: i) monocíclicos; e ii) policíclicos. O sistema monocíclico caracteriza-se pela retirada de toda a madeira de uma só vez, que na verdade, não se aplica nas florestas da Amazônia brasileira. No sistema policíclico apenas as árvores que atingiram o tamanho mínimo de corte são retiradas, permanecendo na floresta um estoque para corte futuro.

Para se utilizar racionalmente a floresta amazônica, devem ser aplicadas técnicas de manejo adequadas, seguidas do monitoramento do crescimento da floresta residual, para as futuras colheitas da floresta, por meio do manejo policíclico. A finalidade do manejo florestal é conseguir que as florestas forneçam continuamente benefícios econômicos, ecológicos e sociais, mediante a um planejamento mínimo para o aproveitamento dos recursos madeireiros e não madeireiros disponíveis (Gama *et al.*, 2005).

O conceito de manejo florestal em regime de rendimento sustentado foi primeiramente introduzido com a realização dos primeiros inventários florestais, executados por peritos da FAO em fins do ano 1950. Atualmente existem diversos conceitos descritos na literatura sobre manejo florestal sustentável, deixando claro que para ser sustentável, devem-se obedecer aos critérios técnicos, econômicos, sociais e ecológicos, respeitando sempre à recuperação do ecossistema, mantendo em estoque, as espécies de alto valor ecológico e comercial, visando à produção contínua da floresta.

Segundo Higuchi (1994), o manejo florestal sustentável é a condução de um povoamento florestal em que se aproveita tão somente o que ele é capaz de produzir, ao longo de um determinado tempo, sem comprometer a sua estrutura natural e o seu capital inicial. Para Scolforo (1998), o manejo florestal está centrado no conceito da utilização de forma sensata e sustentada dos recursos florestais, de modo que as gerações futuras possam usufruir pelo menos os mesmos benefícios da geração presente.

De acordo com o IBAMA (2002) o manejo é a administração da floresta para obtenção de benefícios econômicos e sociais, respeitando- se os mecanismos de sustentação do ecossistema. Para ser sustentável, o manejo florestal deve ser economicamente viável, ecologicamente sustentável e socialmente justo.

A resolução n^0 406, de 2 de fevereiro de 2009 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), em seu Art. 2^0 que trata das definições em PMFS define se que: manejo florestal sustentável é administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies. A Lei nº 11.284/06, no Título I, no capítulo único, dos princípios e definições, o artigo 3º acrescenta o manejo florestal de uso múltiplo: múltiplas espécies madeireiras, de múltiplos produtos e subprodutos não madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços de natureza florestal.

O conceito de manejo florestal depende muito da finalidade ou objetivo no qual está sendo direcionada. Existem manejos florestais voltados para a conservação ou preservação, e também para produção de algum produto oriundo da floresta, seja para uma única espécie madeireira ou várias espécies. De acordo com Souza (2002), existe também manejo florestal

voltado não somente para a produção de produtos madeireiros, como também os não-madeireiros e aqueles destinados a unidade de conservação e preservação.

O manejo da floresta amazônica está previsto no Código Florestal de 1965 (artigo 15), mas somente em 1994 foi exigida a exploração sob forma sustentável, definindo que estas florestas só poderiam ser utilizadas por meio de planos de manejo. O manejo florestal segundo Souza (2002) envolve o planejamento da produção e do uso dos recursos florestais, podendo ser aplicado nas florestas plantadas ou naturais.

A Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente, IN nº. 5 de 11 de dezembro de 2006, em seu Artigo 1^0 orienta os procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestais Sustentáveis (PMFS's), nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal.

Em seu Artigo 4^0 trata das categorias dos planos de manejo, classificando as seguintes categorias: I - quanto à dominialidade da floresta (PMFS em floresta pública e PMFS em floresta privada); II - quanto ao detentor (PMFS individual, PMFS empresarial, PMFS comunitário, PMFS em floresta pública e PMFS em Floresta Nacional, Estadual ou Municipal); III - quanto aos produtos decorrentes do manejo (PMFS para a produção madeireira, PMFS para a produção de produtos florestais não-madeireiro (PFNM), e PMFS para múltiplos produtos); IV - quanto à intensidade da exploração no manejo florestal para a produção de madeira (PMFS de baixa intensidade e PMFS Pleno); V - quanto ao ambiente predominante (PMFS em floresta de terra-firme e PMFS em floresta de várzea) e VI - quanto ao estado natural da floresta manejada (PMFS de floresta primária e PMFS de floresta secundária).

O manejo florestal é considerado a forma mais adequada de utilização dos recursos da floresta amazônica, tanto por estar voltado para a sua conservação, buscando minimizar os distúrbios ambientais, como por atender às necessidades de desenvolvimento social e econômico (Costa, 2000). Atualmente existem diversas denominações para manejo florestal: Manejo de Impacto Reduzido, introduzido pela Fundação Floresta Tropical (FFT); Manejo Florestal de Baixo Impacto, elaborado pela empresa Precious Woods Amazon; Manejo de Precisão elaborado pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (Embrapa), Projeto Bom Manejo (Embrapa/CIFFOR/ITTO) e Modelo Digital de Exploração Florestal (MODEFLORA), porém todos adotam os princípios do manejo florestal de acordo com a legislação.

4.3 – DINÂMICA FLORESTAL

Para que o Manejo florestal torne-se sustentável, mesmo obedecendo aos critérios legais do manejo florestal, faz-se necessário que se conheça também o comportamento dinâmico das espécies, que são alvo de exploração florestal. É necessário saber se aquelas espécies que estão sendo retiradas, sob forma de manejo, recuperam-se durante o período de ciclo de corte. Normalmente o ciclo de corte está baseado num crescimento geral de toda a população florestal, e desta forma, desconsidera a variação do crescimento dentre as espécies que compõem o sítio florestal.

O conhecimento da dinâmica das florestas tropicais é importante para a elaboração dos planos de manejo e deve ser considerado pelo silvicultor na tomada de decisões sobre práticas silviculturais, que devem ser aplicadas para favorecer o estabelecimento e desenvolvimento de espécies de valor econômico (Costa, 2000). Para Azevedo *et al.* (2008) o grande desafio dos que trabalham com manejo florestal é definir o ciclo de corte ótimo que assegure a sustentabilidade dos recursos em longo prazo.

De acordo com Husch *et al*. (1982), a distribuição dos indivíduos em classes de diâmetro, muda de ano para ano, devido ao crescimento, à morte e também ao corte, sendo estas variáveis importantes para a silvicultura e para o manejo florestal. A avaliação do crescimento, mortalidade e recrutamento em florestas tropicais pode ser feita por meio do inventário florestal contínuo, utilizando-se parcelas permanentes, que é uma prática eficiente para se observar as mudanças que ocorrem ao longo do tempo em ecossistemas florestais. Porém o conhecimento sobre a dinâmica das florestas tropicais é limitado, principalmente no que se refere ao estabelecimento, crescimento e mortalidade das espécies arbóreas.

Dinâmica no ambiente florestal, segundo Queiroz (2008), significa o crescimento das plantas em altura, expansão lateral pelo aumento do diâmetro, surgimento de novas plantas dentro do sistema oriundas de sementes que germinaram e chegaram até o diâmetro mínimo considerado, brotação de uma planta que havia quebrado, crescimento de um perfilho de uma palmeira e morte de plantas pelas mais diversas causas.

Para Rocha (2001) o estudo da dinâmica da floresta pode resumir-se no comportamento das taxas de crescimento, recrutamento e mortalidade em condições naturais e sob manejo, sendo essas informações fundamentais para definição de ciclos de corte do manejo florestal, intensidade de colheita e para prescrição de tratamentos silviculturais nas florestas manejadas.

Na exploração florestal, quando bem planejada e executada, beneficia e estimula a dinâmica da floresta, pois na derrubada da árvore provoca a abertura do dossel, o que irá permitir a entrada de luz, que por sua vez, oferece condições para o desenvolvimento da regeneração natural. Dessa maneira a exploração florestal pode ser considerada também como uma atividade silvicultural ao estimular o crescimento da floresta residual.

4.3.1 – CRESCIMENTO E INCREMENTO

O crescimento da árvore pode ser determinado pelo aumento gradual das dimensões do indivíduo em um determinado período de tempo. O crescimento é definido como uma mudança de magnitude de qualquer característica mensurável, como diâmetro, altura, volume, peso, área basal e biomassa, dentro de um intervalo de tempo. O incremento seria o crescimento de qualquer das variáveis dendrométricas que pode ser avaliado segundo as modificações, geralmente de acréscimo, acumuladas ao longo do tempo, ou seja, é a maneira de se expressar o crescimento das variáveis dendrométricas em função do tempo (Encinas *et al.*, 2005).

As diferentes intensidades de exploração de madeira, juntamente com técnicas de exploração, influenciam no incremento da floresta. Pesquisas realizadas por Higuchi *et al.* (1997), avaliando crescimento e incremento, em diferentes níveis de exploração, após 10 anos de exploração experimental manejada, demonstraram os seguintes resultados em incrementos periódicos anuais: IPA: 5,57 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ para T_1 (corte de leve intensidade); 4,45 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$para T_2 (corte intermediário) e 5,75 $m_3.ha^{-1}.ano^{-1}$ para T_3 (corte pesado). Na parcela testemunha (T_0) o IPA foi de 2,82 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$.

Costa *et al.* (2008) avaliando a taxa de crescimento em diâmetro e volume de árvores, no período de 1981 - 1997, na Floresta Nacional Tapajós na Amazônia brasileira, após a exploração de madeira, observou que o crescimento médio em diâmetro de árvores com DAP ≥ 5cm foi de 0,30 cm/ano para todas as espécies, de 0,35 cm/ano para as espécies comerciais, e o crescimento em volume foi de 1,7 $m3.ha^{-1}.ano^{-1}$.

Em estudo realizado na região de Paragominas – PA, Silva (1998) constatou que na floresta explorada de forma planejada, o crescimento foi quase o dobro daquele observado em área de exploração não planejada (0,63cm/ano e 0,37cm/ano, respectivamente). O autor atribuiu que o crescimento, na floresta planejada, foi favorecido pela menor quantidade de árvores danificadas e a abertura do dossel que favoreceu o crescimento das árvores remanescentes.

Silva *et al.* (2001), ao avaliarem o crescimento em um experimento realizado nas regiões do Tapajós e Jari, verificaram que o crescimento diamétrico em florestas primárias exploradas na região do Tapajós variou de 0,2 a0,3 cm.ano^{-1}. Em florestas não-exploradas, o crescimento médio foi de 0,1 cm.ano^{-1}. Na região do Jari, o crescimento médio foi de 0,4 cm.ano^{-1}. Neste mesmo estudo os autores, ao observarem o crescimento por tipo de dano, constataram que as árvores com danos severos tiveram crescimento em torno de 0,1 cm.ano^{-1}, bastante inferior ao observado para as árvores com danos leves ou sem danos, cujos crescimentos mínimos foram de 0,3 e 0,4 cm.ano^{-1}, respectivamente. Vale ressaltar que o volume de espécies comerciais atingiu cerca de 1,6 m^3.ha^{-1}.ano^{-1} na região do Tapajós e na região do Jari foi menor devido as menores intensidades de corte aplicadas no local.

Higuchi *et al*. (1997), pesquisando o incremento em área basal e volume de espécies listadas, encontraram os seguintes resultados: para a testemunha, 0,07 m^2.ha^{-1}.ano^{-1} e 0,96 m^3.ha^{-1}.ano^{-1}; no tratamento com remoção de 25% de área basal, 0,16 m^2.ha^{-1}.ano^{-1} e 2,11 m^3.ha^{-1}.ano^{-1}; com remoção de 50% de área basal, 0,13 m^2.ha^{-1}.ano^{-1} e 1,71 m^3.ha^{-1}.ano^{-1} e; com remoção de 75% de área basal, 0,10 m^2.ha^{-1}.ano^{-1} e 1,58 m^3.ha^{-1}.ano^{-1}. Para as espécies comerciais com DAP $\geq$ 50 cm, o incremento foi igual ao de Santarém (1,0 m^3.ha^{-1}.ano^{-1}).

Teixeira *et al.* (2007), avaliando a dinâmica de uma área não perturbada, em dois transectos (20 m x 2500 m cada), obtivera os seguintes resultados em incremento de área basal e volume de 0,44 m^2.ha^{-1}.ano^{-1}e 5,60 m^3.ha^{-1}.ano^{-1}, respectivamente.

No entanto, Azevedo *et al.* (2008) avaliando a dinâmica da vegetação submetida a três intensidades de exploração (corte de 15%, 25% e 35% do volume total das árvores com mais de 60 cm de DAP), combinadas com quatro níveis de redução de área basal (0%, 30%, 50% e 70% da área basal original) por anelamento, concluíra que a exploração de impacto reduzido foi boa para a floresta, mas não, necessariamente estimulou o crescimento, devendo levar a ciclos de corte maiores do que os recomendados trinta anos.

Em abril de 2004 o IBAMA constituiu GT Monitoramento, tendo como objetivo de estabelecer uma rede de parcelas permanentes na Amazônia Brasileira. Criou um banco de dados sobre o crescimento e produção dos tipos florestais da região amazônica.

Na Amazônia Brasileira, diversas instituições estão monitorando o crescimento da floresta, por meio de parcela permanentes, como por exemplo, o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, a Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Universidade Federal

Rural da Amazônia - UFRA, Embrapa Amazônia Oriental, Embrapa Amazônia Ocidental, Embrapa Acre, Instituto do Homem e do Meio Ambiente da Amazônia – IMAZON, Instituto Floresta Tropical – IFT, dentre outras.

4.3.2 – RECRUTAMENTO E MORTALIDADE

Carvalho (1997) definiu recrutamento como a admissão de um ser em uma determinada população ou comunidade. Muitas vezes, o recrutamento também é chamado de ingresso, e nesse caso deve ser definido como o processo pelo qual as árvores de menores diâmetros aparecem em um povoamento, como por exemplo, em uma parcela permanente, após a primeira medição, ou seja, os indivíduos que atingiram um diâmetro mínimo entre duas medições subsequentes.

Podem-se obter as taxas de recrutamento aparente simplesmente pela contagem de árvores que são menores que um tamanho mínimo em um inventário, mas que entraram nesse tamanho em um segundo inventário. Moser (1972) definiu ingresso como o acréscimo de árvores acima de um limite de tamanho arbitrariamente definido, representando um aumento das árvores contáveis que estão competindo por um nicho no povoamento mensurável. Vanclay (1994) diferenciou os termos regeneração e recrutamento, sendo que regeneração é a renovação de florestas por meios naturais ou meios artificiais, enquanto que o recrutamento refere-se aos indivíduos que alcançaram um tamanho específico entre dois períodos de medição.

A Mortalidade é um dos principais fatores a serem observados em estudos da dinâmica de florestas tropicais, devido às causas e consequências e por representar a saída do indivíduo do sistema. A causa mais comum da morte de árvores em florestas tropicais não perturbadas é o vento, entretanto outras causas podem acarretar na morte da árvore, como fungos patogênicos, herbívoros, senescência, déficit hídrico ou supressão e também a combinação destes fatores (Lieberman & Lieberman, 1987). Em geral, as árvores que ocorrem na Amazônia Central são muito mais sensíveis ao estresse hídrico (Rocha *et al.*, 2003).

A mortalidade afeta a produtividade volumétrica da floresta, pois ao morrer uma árvore de grande porte, a substituição da biomassa perdida ocorre de forma lenta. Segundo Higuchi *et al.* (2004), no geral, o diâmetro das árvores mortas é sempre maior que o das recrutas, e por este motivo é necessário que o crescimento interno (mudança de classe de diâmetro individual) compense as perdas causadas pela mortalidade.

Silva *et al.* (2001), observou que em áreas no qual foram submetidas à exploração de madeira, o equilíbrio entre mortalidade e recrutamento, custou mais a ser atingido. Este comportamento ocorreu devido à mortalidade das espécies pioneiras, que tem uma continuidade maior de ocorrência e consequentemente de elevar a taxa geral por um período ainda maior do

que em uma floresta não explorada. Nas áreas não exploradas, estes autores observaram certo equilíbrio entre ingressos e mortalidade.

Silva *et al*. (1995), estudando uma floresta explorada no estado do Pará, detectaram que após a exploração florestal o ingresso de novas plantas na classe de DAP ≥ 5 cm aumentou substancialmente nos oito primeiros anos (5,2%). Durante os outros cinco anos houve uma queda acentuada, tanto em termos relativos como absolutos para todas as espécies (1,8%), bem como para o grupo de espécies comerciais (1,3%). Alguns anos após a exploração, as condições de luz no sub-bosque da floresta não mais promovem o rápido crescimento de plântulas e mudas. A taxa média de recrutamento anual foi de 3,1%, para o período de 13 anos de observações após a exploração.

Azevedo *et al.* (2008) avaliando a dinâmica da vegetação, após 20 anos de monitoramento, submetida a três diferentes intensidades de exploração, combinadas com quatro níveis de redução de área basal, obtiveram as seguinte médias de ingresso para todos os tratamentos e todas as espécies: 2,08%.ano^{-1}. E o ingresso somente de espécies comerciais a média global foi de 0,49%.ano^{-1}. Os autores concluíram que as espécies comerciais não foram favorecidas pela extração de madeira e nem pela aplicação de tratamentos silviculturais. A média anual de mortalidade, neste período, ficou em torno de 2,15%.ano^{-1} para os tratamentos considerados leves, de aproximadamente 2,74%.ano^{-1} para os médios e de 2,60%.ano^{-1} para os pesados.

Higuchi *et al.* (1997) observaram que nos três primeiros anos após a exploração seletiva de madeira, as taxas de mortalidade são maiores que as taxas de recrutamento e que somente após o quarto ano é que a taxa de recrutamento supera o de mortalidade, isso ocorre devido aos efeitos de exploração. Azevedo *et al.* (2008), também observou maiores taxas de mortalidade no período logo após a exploração (1984–1986), com valores em torno de 3,71%.ano^{-1}.

No estudo de Higuchi *et al.* (1997), as taxas de mortalidade anual, após a exploração florestal em diferentes intensidades, variou em média de 1,6%.ano^{-1} a 2,2%.ano^{-1} e a taxa média anual de recrutamento variou de 2,9%.ano^{-1} a 4,2%.ano^{-1}.

Em áreas exploradas existem também grandes mudanças florísticas após colheita da madeira, o que pode acarretar no recrutamento de novas famílias botânicas. Ruschel (2008), estudando a dinâmica da composição após 18 anos de exploração na Flona do Tapajós – PA observou que a densidade de plantas das famílias botânicas Boraginaceae, Burseraceae,

Euphorbiaceae, Lauraceae e Fabaceae, aumentaram em relação à densidade original, tendo sido recrutadas novas famílias: Achariaceae, Caricaceae, Connaraceae, Nyctaginaceae, Urticaceae e Violaceae.

5 – MATERIAS E MÉTODOS

5.1 – CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na Estação Experimental de Silvicultura Tropical do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (EEST-INPA), núcleo denominado "ZF-2" (Figura 1). Tem seu acesso pela BR-174 (Manaus-Boa Vista), km 50, com coordenadas geográficas de aproximadamente: 02º 37' a 02º 38' de latitude S e 60º 09'a 60º 11'de longitude (Radam-Brasil, 1978).

A estação experimental possui aproximadamente 21.000 ha, local onde são realizados estudos ecológicos sobre a estrutura e o comportamento do ecossistema florestal, sendo uma área de demonstração do sistema de manejo florestal sustentado, proposta pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.

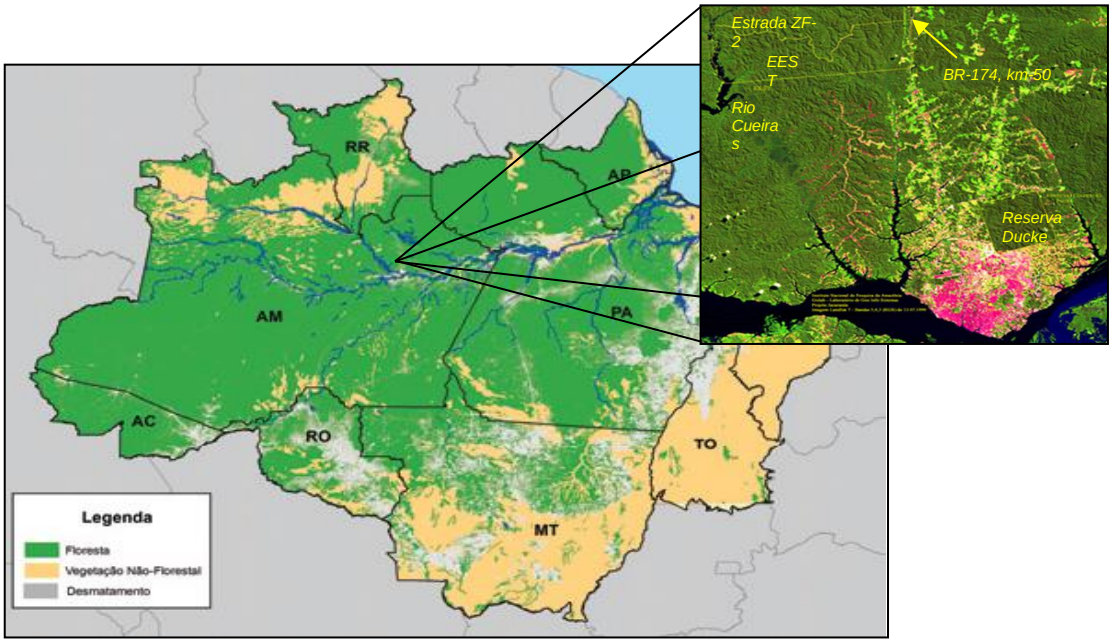


Figura 1. Localização da Estação Experimental de Silvicultura Tropical/INPA

5.1.1 – VEGETAÇÃO

Na área do experimento, a vegetação descrita por Higuchi *et al.* (1985) antes da exploração, apresentava uma composição florística bastante heterogênea, com 409 espécies distribuídas em 206 gêneros de 51 famílias botânicas. Do total de indivíduos amostrados (14.299 árvores com DAP ≥ 25 cm), 75% pertencem ao grupo de 33 espécies com aproximadamente 2 indivíduos por hectare, das quais 11 espécies são listadas como comerciais.

Higuchi *et al.* (1985), ao realizar o inventário diagnóstico da regeneração natural de espécies listadas (madeireiras), na área de estudo, em dois níveis, observou que no nível 1 (mudas com altura ≥ 0,5 m a 3 m de altura e DAP ≤ 5cm), as famílias com o maior número de espécies foram: Lauraceae, Lecythidaceae e Myristicaceae. Para o nível 2 (mudas com altura >3 m de DAP ≤ 5 cm a >70 cm), as espécies listadas que obtiveram maiores estoques foram: Ucuúba Vermelha (*Virola calophylla* Warb.), Ucuúba Preta (*Virola venosa* (Beth.) Warb.), Cardeiro (*Scleronema micranthum* Ducke), Angelim Rajado (*Pithecolobium racemosum* Ducke), Castanha Jarana (*Eschweilera* sp.) e Matá-matá amarelo (*Eschweilera odorata* (Poepp.) Miers.).

Nesse mesmo estudo, os autores observaram que as espécies que aparecem nos dois níveis e mais em nível comercial foram: Cardeiro (*Scleronema micranthum* Ducke), Castanha Jarana (*Eschweilera* sp.), Matá-matá amarelo (*Eschweilera odorata* (Poepp.) Miers.), Ucuúba Vermelha

(*Virola calophylla* Warb.), Louro Preto (*Ocotea* sp.) e Acariquara Roxa (*Minquartia guianensis* Aubl.).

Estudos realizados por Souza (2004) mostram que as famílias que predominam o povoamento arbóreo adulto na reserva ZF-2 são Lecythidaceae, Sapotaceae, Euphorbiaceae. Em contrapartida, as famílias predominantes na fase de regeneração natural são Caesalpiniaceae, Burseraceae, Annonaceae, Rubiaceae e Violaceae. Analisando uma área de 7 hectares (platô + baixio) localizada próxima a área de estudo, Carneiro (2004) constatou uma composição florística de 737 espécies, pertencentes a 238 gêneros e 59 famílias. Dentre as famílias mais ricas em espécies estão Sapotaceae (69 espécies), Chrysobalanaceae e Lauraceae (44 spp.), Lecythidaceae e Fabaceae (39) e Mimosaceae (38).

As famílias botânicas que apresentaram o maior número de indivíduos na ZF-2, segundo Carneiro (2004), foram: Lecythidaceae com 505 indivíduos, Sapotaceae (498), Arecaceae (343), Euphorbiaceae (306), Burseraceae (291), Chrysobalanaceae (258), Fabaceae (255), Caesalpiniaceae (240), Lauraceae (136), Mimosaceae (134), Myristicaceae (126), Annonaceae e Moraceae (114) cada uma, Bombacaceae (108) e Humiriaceae (70), somando 80,1% do total de indivíduos amostrados. As famílias menos presentes, segundo este estudo, foram: Erythroxylaceae, Hugoniaceae, Myrsinaceae, Opiliaceae e Rutaceae, contribuindo com apenas 1 indivíduo cada uma.

5.1.2 – SOLOS

Na Amazônia cerca de 7% da área é ocupada por solos arenosos, ou seja, solos que apresentam menos de 15% de argila. O restante da região, cerca de 93%, é majoritariamente ocupada por solos com uma porcentagem de argila superior a 15% (Ribeiro, 1999).

Os solos de terra firme da Amazônia Central, na sua maioria, são ácidos, pobres em nutrientes e a manutenção da floresta sobre esses solos é garantida pela ciclagem de nutriente praticamente fechada, que envolve um conjunto complexo de mecanismos de realimentação direta e indireta entre o solo e a vegetação (Ferreira, 2006). Uma outra característica dos solos amazônicos é a sua baixa capacidade de troca de cátions (Vieira & Santos, 1987). A exuberância da floresta de terra firme é garantida por um mecanismo particular de disponibilidade e retenção de nutrientes essenciais à sua manutenção, ao lado da existência das condições básicas de calor e umidade (Franken *et al*., 1985).

Os solos encontrados nas bacias hidrográficas da ZF-2 são do tipo latossolo amarelo álico, argilosos, que ocupam as superfícies dos platôs, sendo o estádio de referência sob floresta caracterizada pela presença de um horizonte médio, poroso, fortemente micro-agregado, situado entre dois horizontes menos porosos (Chauvel, 1982).

Ferraz *et al.* (1998) destaca a textura do solo em diferentes topossequências (platô, encosta e baixios) na ESST/INPA. Os solos de platôs apresentam textura argilosa; nas encostas, variam de argilo-arenosas próximas aos platôs e areno-argilosos próximos aos baxios e; os solos nas áreas de baixios apresentam textura arenosa. Esses autores classificaram os solos das topossequências em três tipos: latossolo amarelo no platô; podzolicos vermelho-amarelo nas encostas e erenossolos hidromórficos nos baixios.

5.1.3 – CLIMA

Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo "Amw". Esta classificação é caracterizada como clima tropical chuvoso, apresentando temperatura e umidade relativa elevadas, com variação térmica diurna maior do que a variação térmica noturna. Pesquisas realizadas, na área de estudo, por Miranda (2002) caracterizam a temperatura (°C), precipitação (mm) e umidade relativa (%) com máximas e mínimas de valores: (34,7 e 20,8); (116,2 e 00,0) e (100 e 69,0), respectivamente. Esses dados foram obtidos por meio da utilização da micro-estação meteorológica da torre de observação do km 14 na ZF-2.

A temperatura média do mês mais frio é sempre superior a 18 °C e possuindo características de isotermia, ou seja, com amplitude térmica média anual (média do mês mais quente menos a média do mês mais frio) inferior a 3° C; há uma curta estação seca, onde o menor índice pluviométrico (agosto) apresenta precipitação inferior a 100 mm (Figura 2) e com chuvas mensais que ultrapassam 290 mm na época chuvosa (Figura 2).

Ferreira *et al.* (2006) obteve o seguinte resultado de precipitação no local de estudo (ZF-2): registrou uma precipitação acima de 200 mm, com intervalos de medidas semanais entre as médias.

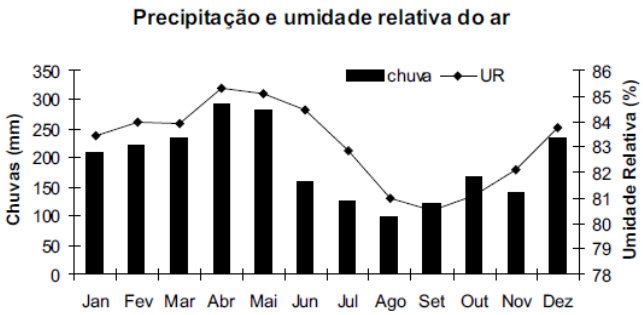


Figura 2. Médias mensais da precipitação total e da umidade relativa do ar na estação climatológica localizada na estrada ZF-2 km 14, durante o período de 1981 a 1990 (Fonte: banco de dados da CPCR/INPA).

5.2 – HISTÓRICO RESUMIDO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O projeto teve início em 1979, intitulado "Manejo Ecológico e Exploração da Floresta Tropical Úmida", com o objetivo principal de congregar todas as experiências do INPA na Amazônia em apenas um projeto de pesquisa com dois subprojetos básicos: i) Ecologia e Manejo Florestal, tendo como objetivo principal avaliar os efeitos de uma exploração florestal comercial sobre o ecossistema da floresta tropical úmida de terra firme, em pequenas bacias hidrográficas, visando um sistema contínuo de produção madeireira e ii) Tecnologia de Produtos Florestais (Higuchi *et al.*, 1985). Este projeto global ficou sob a responsabilidade do Departamento de Silvicultura Tropical (DST) atualmente CPST (Coordenação em Pesquisa de Silvicultura Tropical).

Ao longo dos anos, já recebeu o apoio financeiro de várias instituições científicas locais, nacionais e internacionais, dentre elas, destacam-se: INPA/BID/FINEP, CNPq-INPA/CIRAD - Forrêt, CNPq (Projeto Integrado de Pesquisa) e MCT-INPA/DFID (Projeto BIONTE), Projeto Jacarandá – Cooperação Nipo Brasileira e Projeto CHICHUÁ, com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM).

De todos os apoios que o projeto recebeu, o mesmo ficou mais conhecido como "Projeto BIONTE" - Biomassa e Nutrientes na Floresta Tropical Úmida, que foi um projeto interdisciplinar financiado pelo DFID (Department for International Development), do Reino Unido, sob cooperação técnica ente Brasil e Inglaterra em 1993. O objetivo deste projeto era de realizar estudo de avaliação dos efeitos da exploração seletiva de madeira sobre: nutrientes do

solo e da vegetação, mesofauna do solo, serrapilheira fina e grossa, matéria orgânica do solo, hidrologia e hidroquímica do sistema, banco e chuva de sementes, N do solo, raízes, cupins, plantas de sub-bosque, répteis, anfíbios e aves, a fim de estudar os efeitos ecológicos da extração seletiva de madeira e definir estratégias de corte seletivo sustentável de árvores.

Os resultados deste projeto foram diversas dissertações de mestrado, teses de doutorado, artigos científicos e de livros que ajudaram na definição de indicadores de sustentabilidade ecológica para o manejo florestal. Passados quase 30 anos de concretização deste projeto, ainda são necessários vários estudos para uma melhor compreensão sobre as consequências do manejo florestal ocorridas no ambiente florestal e respostas da floresta após sofrer exploração florestal em diferentes níveis ou intensidades de corte.

5.2.1 – INVENTÁRIO COMERCIAL PRÉ-EXPLORATÓRIO

Foi iniciado em 1980 com a preparação da área, incluindo demarcações dos blocos experimentais, inventário florestal, inventário diagnóstico da regeneração natural e análise estrutural e contou com o apoio do Convênio CNPq-INPA/BID/FINEP. O objetivo do inventário comercial era de se obter os potenciais qualitativos e quantitativos da cobertura florestal existente na área, com árvores de DAP maior ou igual a 25 cm. Mesmo tendo a determinação da área basal como um dos objetivos principais do inventário florestal, o volume da madeira e a frequência de cada espécie também receberam igual ênfase.

O inventário florestal realizado foi considerado comercial para diferenciar do inventário diagnóstico da regeneração natural e também por abranger somente as árvores com DAP maior ou igual a 25 cm.

5.2.2 – INVENTÁRIO DA REGENERAÇÃO NATURAL

Este componente tornou-se um complemento do Inventário Florestal Comercial, no qual o objetivo principal do inventário foi avaliar a regeneração natural pré-existente das espécies listadas (EL), desde plântulas até mudas estabelecidas. Este inventário foi dividido em dois níveis: i) nível 1 - quadrados de 2m x 2m, com a finalidade de se ter uma ideia de estocagem das classes inferiores em tamanho da regeneração natural pré-existentes das EL e; ii) nível 2 - quadrados de 10m x 10m, com finalidade de se obter informações sobre as classes superiores às mudas estabelecidas e outras características do meio físico onde a regeneração natural se desenvolve.

5.2.3 – ANELAMENTO DAS ÁRVORES INDESEJÁVEIS

Este experimento foi instalado em 1985 em cada bloco do Projeto Manejo Ecológico e Exploração da Floresta Tropical Úmida (PMEEFTU), no tratamento 5 (T5). Dessa forma, cada sub-bloco de 4 hectares (200m x 200m), foi selecionado e passou a ser um bloco do projeto de anelamento, sendo ainda dividido em 4 parcelas de 100m x 100m (1 ha), o que consiste em delineamento de blocos casualizados com quatro tratamentos e três repetições. O objetivo dessa pesquisa era de desenvolver técnicas de manejo par a regeneração natural de espécies arbóreas a fim de favorecer a presença da regeneração das EL (comerciais) e também de testar a técnica de anelamento de indesejáveis, sem o uso de arboricidas.

Os resultados mostraram que a técnica de anelamento utilizada foi eficiente no sentido de proporcionar mais luz para o interior da floresta e melhorar a composição florística do povoamento, no qual se eliminou espécies indesejáveis.

5.2.4 – EXPLORAÇÃO FLORESTAL

Em agosto de 1987 foi realizada a 1ª intervenção na floresta natural usando diferentes intensidades de corte e contou com o apoio do CNPq e CIRAD-Forêt. Os estudos continuaram 1991 com o apoio do CNPq, modalidade Projeto Integrado de Pesquisa. No momento da instalação das parcelas do BIONTE em 1980, o DAP mínimo considerado foi de 25 cm, sendo alterado em 1986 para 10 cm de DAP e monitoradas anualmente a partir de 1990.

5.3 – DELINEAMENTO DO EXPERIMENTO

A área de estudo é composta por 4 blocos ao acaso de 24 hectares cada um com as dimensões de 400 metros de largura por 600 metros de comprimento, dentro das quais foram estabelecidos 6 sub-blocos (tratamentos silviculturais) de 4 hectares cada, de 200 metros por 200 metros (Higuchi *et al.*, 1985) (Figura 3). As parcelas permanentes correspondem a um quadrado de 1 hectare (100 m x 100 m) cada, instaladas no centro dos sub-blocos (tratamentos), ou seja, cada tratamento tem um tampão de 100 m (Figura 4), que anula os efeitos de borda apontados por Laurance *et al.* (2001).

Foram aplicados três tratamentos, que representaram intensidades diferentes de corte além da testemunha (T_0):

T_1-corte de leve intensidade: caracterizado por exploração de indivíduos ≥ 55 cm de diâmetro. Representou a retirada em média de 5 árvores/ha, ou 34 $m^3.ha^{-1}$;

T_2 - corte intermediário: indivíduos ≥ 50 cm. Representou a retirada em média de 8 árvores/ha, ou 49 $m^3.ha^{-1}$ e;

T_3 - corte pesado: indivíduos ≥ 40 cm. Representou a retirada em média de 16 árvores/ha, ou 67 $m^3.ha^{-1}$.

Os T_1 e T_2 foram explorados, seletivamente, em 1987; o T_3, em 1988. As parcelas permanentes vêm sendo medidas anualmente desde o ano da exploração seletiva de madeira. Na Figura 3 e 4 pode ser verificado o desenho esquemático de como o experimento encontra-se situado no campo.

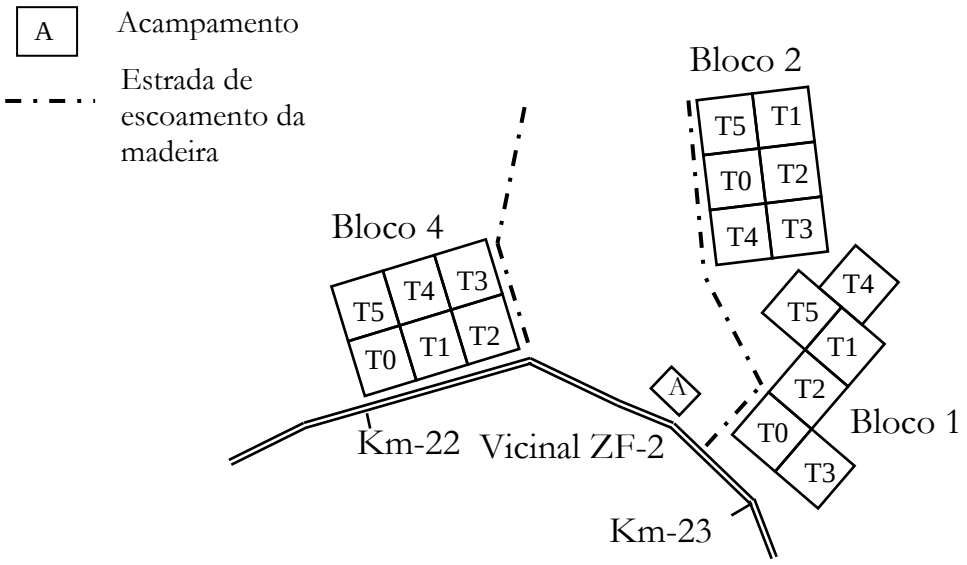


Figura 3. Disposição dos blocos experimentais na área de estudo (ZF-2, BR-174).

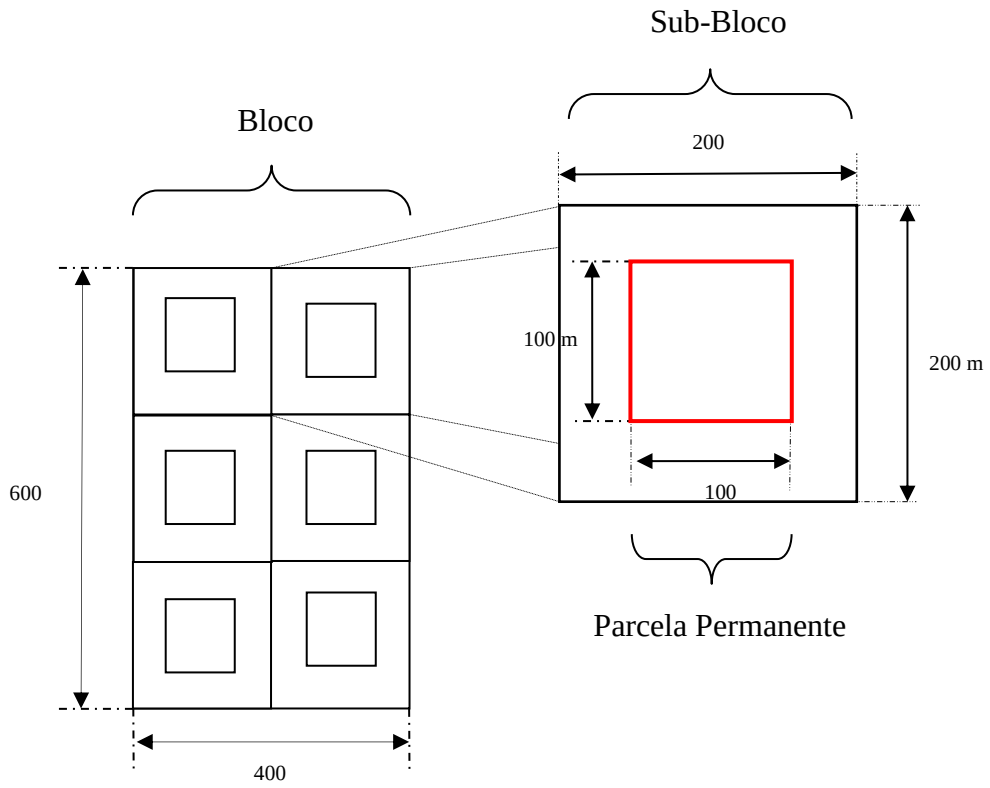


Figura 4. Detalhamento das parcelas permanentes nos sub-blocos.

Durante o primeiro inventário, observou-se que o bloco 3 apresentava um tipo de vegetação de transição entre a terra firme e o baixio, conhecida como campinarana. Neste tipo de vegetação, verificou-se que a mesma não apresentava volume mínimo de madeira para a exploração comercial, sendo posteriormente descartado.

5.4 – FONTE DE DADOS

Os dados utilizados neste trabalho são provenientes do Projeto Biomassa e Nutrientes – "Projeto Bionte". O conjunto de informações utilizadas nesta proposta faz parte de um banco de dados de 24 anos de monitoramento, no qual nesta pesquisa, para o estudo de dinâmica, apenas as espécies comerciais listadas que apresentam DAP ≥ 10 cm foram utilizadas para o estudo de dinâmica. A princípio foram listadas, pela Coordenação de Pesquisa em Silvicultura Tropical (CPST), 50 espécies, porém com o resultado do inventário florestal comercial (Higuchi *et al*. 1985) observou-se que apenas 38 das 50 EL foram encontradas na área (Tabela 1), as quais foram utilizadas na presente pesquisa.

Tabela 1. Espécies comercias listadas pela Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical (CPST) no início do projeto.

NOME COMUM	**NOME CIENTÍFICO**	**FAMÍLIA**
Acariquara Roxa	*Minquartia guianensis* Aubl.	Olacaceae
Acapú	*Vouacapoua pallidior* Ducke	Fabaceae
Angelim da Mata	*Hymenolobium excelsum* Ducke	Fabaceae
Angelim Pedra	*Dinizia exelsa* Ducke	Fabaceae
Angelim Rajado	*Zygia racemosa* (Ducke) Barneby & J.W. Grimes	Fabaceae
Cajuí	*Anacardium spruceanum* Benth. ex Engl.	Anacardiaceae
Cardeiro	*Scleronema micranthum* (Ducke) Ducke	Malvaceae
Casca Preciosa	*Aniba canelilla* (Kunth.) Mez	Lauraceae
Castanha de Macaco	*Cariniana micrantha* Ducke	Lecythidaceae
Castanha Jacaré	*Corythofora rimosa* W.A.Rodrigues	Lecythidaceae
Castanha Jarana	*Lecythis lurida* (Miers) S.A.Mori	Lecythidaceae
Castanha Sapucaia	*Lecythis pisonis* Cambess	Lecythidaceae
Copaíba	*Copaifera multijuga* Hayne	Fabaceae
Cumarú	*Dipteryx* sp.	Fabaceae
Cupiúba	*Goupia glabra* Aubl.	Goupiaceae
Faveira	*Parkia* sp.	Fabaceae
Guariúba	*Clarisia racemosa* Ruiz & Pav.	Moraceae
Itaúba	*Mezilaurus synandra* (Mez) Kosterm.	Lauraceae
Jacareúba	*Calophyllum brasiliense* Cambess.	Calophyllaceae
Jatobá	*Hymenaea* sp.	Fabaceae
Louro	*Ocotea* sp.	Lauraceae
Macacaúba	*Platymiscium trinitaits* Benth.	Fabaceae
Maçaranduba	Manilkara huberi (Ducke) A.Chev.	Sapotaceae
Mandioqueira Áspera	*Qualea paraensis* Ducke	Vochysiaceae
Mandioqueira Lisa	*Qualea* sp.	Vochysiaceae
Marupá	*Simarouba amara* Aubl.	Simarubaceae
Muiracatiara	*Astronium* sp.	Anacardiaceae
Muiratinga	*Naucleopsis caloneura* (Huber) Ducke	Moraceae
Pau d'arco	*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose	Bignoniaceae
Pau Rainha	*Brosimum rubescens* Taub.	Moraceae
Pau Rosa	*Aniba rosaeodora* Duke	Lauraceae
Piquiá Marfim	*Aspidosperma* sp.	Apocynaceae
Piquiá Verdadeiro	*Caryocar villosum* (Aubl.) Pers.	Caryocaraceae
Piquiarana	*Caryocar pallidum* A.C. Sm.	Caryocaraceae
Sucupira	*Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith	Fabaceae
Ucuúba	*Virola* sp.	Myristicaceae
Violeta	Peltogyne catingae Ducke	Fabaceae

5.5 – COLETA DE DADOS

5.5.1 – INVENTÁRIO FLORESTAL CONTÍNUO (IFC)

Realizado anualmente desde 1990, as árvores foram remedidas, com o auxílio de uma fita diamétrica, no ponto de medição que está assinalada com tinta vermelha no ano anterior. As árvores recrutas, ou seja, aquelas que não tinham o diâmetro mínimo estabelecido (≥ 10 cm de DAP) no inventário anterior e que no inventário seguinte passaram a apresentar diâmetro maior ou igual 10 cm, também são marcadas, plaqueteadas e pintadas.

Em alguns casos foi necessário elevar o ponto de medição dos DAP´s das árvores, isso quando as mesmas apresentam defeitos ou expansões no ponto de medição (1,3 m do solo), neste caso foi necessária a utilização de escada, em que elevou-se o ponto de medição (Figura5).

Todos esses procedimentos foram realizados durante o ano de 2012, dando continuidade ao IFC em que esses dados coletados, foram utilizados para corrigir os dados obtidos do ano posterior, ou seja, 2011, o que corresponderá a 24 anos de monitoramento. Essas medições foram realizadas no início da estação seca da região amazônica, mais especificamente no mês de Julho, com duração de aproximadamente 1 mês de coleta.

Figura 5. Remedição de uma árvore (a); placas de identificação da árvore (b); Marcação do ponto de medição do DAP de uma árvore recruta (c) e; árvore com "sapopemas" sendo necessária a utilização de escadas para medir o DAP (d).

5.6 – ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS DENDROMÉTRICOS ESTUDADOS

Os parâmetros dendrométricos usados na presente pesquisa foram: área basal ($m^2.ha^{-1}$) e volume comercial com casca ($m^3.ha^{-1}$). O volume individual foi estimado pelo modelo desenvolvido por Lima (2010) para a área. As estimativas destes parâmetros foram em função dos grupos de espécies e por intensidade de corte aplicado nos tratamentos.

5.6.1 – ESTIMATIVA DE ÁREA BASAL (G)

Área transversal é definida como a área ocupada pelo fuste da árvore a 1,3 m de altura do solo. A área basal é a soma das áreas transversais de todos os indivíduos que pertencem à parcela ou por hectare:

$$G = \sum_{i=1}^{n} g_i$$

Em que:

G = área basal da parcela em m^2;

$\sum_{i=1}^{n} g_i$ *= Somatório das áreas transversais*

Sendo que a área transversal é obtida da seguinte maneira:

Área transversal: $gi = \left(\frac{\pi (DAP)^2}{40000} \right)$

Em que:

gi = área transversal individual em m²;

DAP = diâmetro a altura do peito em cm.

Dessa maneira, os valores de área basal, por espécie e por hectare, foram obtidos por meio da seguinte expressão:

$$Gi = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} g_i}{Área} \right)$$

Em que:

$G_i =$ *Área Basal da i-ésima espécie por hectare, em m²;*

$\sum_{i=1}^{n} g_i$ *= Somatório das áreas transversais da i-ésima espécie e;*

Área = Área total amostrada.

5.6.2 – ESTIMATIVA DO VOLUME INDIVIDUAL

O Volume individual foi estimado usando a seguinte equação (Lima, 2010):

$$V = 0{,}001176(DAP)^{1{,}998682}$$ $R^2 = 0{,}89$ e $S_{yx} = 2{,}02\%$

Em que

V = volume comercial com casca, em m³;

D = diâmetro à altura padrão (1,3m), em cm.

Por meio do modelo alométrico descrito anteriormente, foram obtidos os volumes comerciais totais da i-ésima espécie, em seguida somaram-se todos os valores de volume de cada espécie dentro da amostra, pela seguinte expressão:

$$VTi = \sum_{i=1}^{n} V$$

Em que:

VTi = volume comercial total da i-ésima espécie;

$\sum_{i=1}^{n} V$ *=volume comercial da i-ésima espécie.*

Dessa maneira, os valores de volume comercial por hectare foram obtidos da seguinte maneira:

$$Vti = \left(\frac{VTi}{Área} \right)$$

Em que:

Vti = volume da i-ésima espécie por hectare em m^3*;*

VTi = volume comercial total da i-ésima espécie e;

Área = área total amostrada.

5.6.3 – INCREMENTO PERÍODICO

5.6.3.1 – INCREMENTO EM ÁREA BASAL E VOLUME

O incremento em volume refere-se ao aumento de volume da árvore durante um determinado período de tempo. Avalia-se o incremento volumétrico, calculando a diferença dos volumes que a árvore tem no início e no fim do período (n) correspondente. O Incremento total foi calculado da seguinte maneira:

$$IV = \left(\frac{VF - VI}{n} \right)$$

Em que:

IV = incremento em volume total em m^3*;*

VF = volume final;

VI = volume inicial e;

n = anos de observação.

O incremento volumétrico por árvore individual foi calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$IVi = \left(\frac{VFi - VIi}{n} \right)$$

Em que:

IVi = incremento em volume (m^3) da i-ésima espécie;

VFi = volume final da i-ésima espécie;

VIi = volume inicial da i-ésima espécie e;

n = anos de observação.

Para obter o incremento total em área basal (m^2), a expressão utilizada foi a seguinte:

$$IG = \left(\frac{GF - GI}{n} \right)$$

Em que:

IG = incremento em área basal total (m^2);

GF = área basal final de todas as espécies;

GI = área basal inicial de todas as espécie e;

n = anos de observação

Para saber o quanto as espécies cresceram individualmente, em termos de área basal, o incremento por espécie, durante o período de estudo, foi obtida da seguinte maneira:

$$IGi = \left(\frac{GFi - GIi}{n} \right)$$

Em que:

IG = incremento em área basal total (m^2) da i-ésima espécie;

GFi = área basal final da i-ésima espécie;

GIi = área basal inicial da i-ésima espécie e;

n = anos de observação

5.6.4 – MORTALIDADE E RECRUTAMENTO.

A mortalidade representa a saída do indivíduo arbóreo no sistema e foi computada pela simples contagem absoluta das árvores mortas no período e a correspondente do número de árvores registradas no início do período considerado, sendo a taxa de mortalidade expressa por:

$$MT = \left(\frac{M_{(t+1)}}{I_t} \right) x100$$

Em que;

MT = taxa de mortalidade;

$M_{(t+1)}$ *= número de indivíduos registrados como mortos no inventário t +1;*

I_t *= número total de indivíduos registrados no ano t.*

Para taxa de mortalidade individual foi utilizada a seguinte expressão:

$$MTi = \left(\frac{Mi_{(t+1)}}{I_t} \right) x100$$

Em que;

MTi = taxa de mortalidade da i-ésima espécie;

$Mi_{(t+1)}$ *= número de indivíduos registrados como mortos no inventário t +1 da i-ésima espécie e;*

I_t *= número total de indivíduos registrados no ano t.*

O recrutamento foi computado pela contagem absoluta de árvores recrutadas no período e a correspondente do número de árvores registradas no início do período considerado sendo a taxa de recrutamento expressa por:

$$RT = \left(\frac{R_{(t+1)}}{I_t} \right) x100$$

Em que;

RT = taxa de recrutamento;

$R_{(t+1)}$ *= número de indivíduos registrados como mortos no inventário t +1;*

I_t *= número total de indivíduos registrados no ano t.*

Para taxa de recrutamento individual foi utilizada a seguinte expressão:

$$RTi = \left(\frac{Ri_{(t+1)}}{I_t} \right) x10$$

Em que;

RTi = taxa de recrutamento da i-ésima espécie;

$Ri_{(t+1)}$ *= número de indivíduos registrados como recrutas no inventário t +1;*

I_t *= número total de indivíduos registrados no ano t.*

5.8 – ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados coletados foram computados em planilha eletrônica, organizados de acordo com a tabela 2.

Tabela 2. Organização dos dados coletados e tabulados em planilha eletrônica e posteriormente analisados.

Código	Nome popular	Nome científico	Família	DAP (cm)
001	Cardeiro	*Scleronema micranthum* (Ducke) Ducke	Malvaceae	45.00

5.8.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE MEDIDAS REPETIDAS (ANOVA)

Um dos objetivos da parcela permanente é o acompanhamento do crescimento da floresta por meio de medidas repetidas, ou seja, as mesmas árvores são remedidas ao longo do tempo. Entretanto, quando medidas repetidas são tomadas em um mesmo individuo ou unidades experimentais é necessária levar em consideração a correção de F para inferir sobre cada fonte de variação (von Ende, 1993), por meio de dois fatores: Greenhouse-Geisser (G-G) ou Huynh-Feldt (H-F). Quanto menor é o fator, mais conservador será o teste, portanto, foi usado o menor fator (G-G ou H-F) para fazer inferência, no lugar do F.

Dessa maneira, com o propósito de conferir as variações do incremento e do estoque em área basal e volume com o passar do tempo, a análise estatística utilizada foi análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas, entre e dentro dos tratamentos e caso detectado diferença significativa foi aplicado o teste de Tukey. A ferramenta ou programa utilizado, para estas análises, foi o Systat 12. O nível de significância para todos os testes foi de 5%.

5.8.2 - TESTE DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS

Para saber se a floresta já recuperou o que foi perdido pela exploração florestal, em área basal e volume, foi usado o teste de comparação de média ou teste t pareado, comparando as médias de 1986 (antes da intervenção) e as médias de 2012 (após a intervenção). O programa utilizado para estas análises foi o Systat 12.

5.8.3 – CORRELAÇÃO DE PEARSON

Foram analisadas possíveis correlações entre recrutamento, mortalidade e incremento com a precipitação. Os dados de precipitação foram coletados e disponibilizados pela Embrapa Amazônia Ocidental, estação Km 29, AM-010. O programa utilizado para estas análises foi o Systat 12.

5.8.3 – ESTIMATIVAS SOBRE O CICLO DE CORTE

As estimativas do ciclo de corte foram baseadas:

1 – Com base na Resolução do CONAMA N° 406, de 02 de fevereiro de 2009 que estabelece:

Art. 4o A intensidade de corte proposta no PMFS será definida de forma a propiciar a regulação da produção florestal e levará em consideração os seguintes aspectos:

I - a estimativa da produtividade anual da floresta manejada para o grupo de espécies comerciais, quando não houver estudos para a área, será de 0,86 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ para PMFS com uso de máquinas para arraste de toras;

2 – Com base no volume retirado de cada tratamento em função do incremento médio volumétrico das espécies comercias listadas remanescentes com DAP ≥ 30 cm de cada tratamento:

$$Ciclo_{(anos)} = \frac{Volume_retirado}{Incremento_periódico}$$

3 – Com base nos estoques volumétricos atuais em função do incremento médio volumétrico das espécies comercias listadas remanescentes com DAP ≥ 30 cm de cada tratamento:

$$Ciclo_{(anos)} = \left(\frac{Vol(1986) - Vol(2012)}{Incremento_periódico} \right) + 25$$

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 – RECRUTAMENTO

De acordo com o resultado da análise de variância de medidas repetidas (Tabela 3), foi verificado que com o passar do tempo existem diferenças significativas entre os tratamentos quanto ao recrutamento de árvores, ou seja, os resultados apresentam fortes sinais de significância ($p < 0,001$). O teste *post hoc* de Tukey mostrou que o T0 foi significante ($p < 0,0017$, teste de Tukey) em relação aos demais tratamentos, porém este resultado não foi observado quando comparado apenas com os tratamentos em que houve exploração florestal, ou seja, é muito improvável ($p > 0,103$) que o recrutamento de árvores seja igual nestes tratamentos.

Tabela 3. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para recrutamento de árvores dentro dos tratamentos estudados.

Fonte	GL	SQ	QM	F	P
Tratramento	3	6,9103	2,3035	27,4764	0,0001
Erro	8	670,6666	83,8333		

Fonte	GL	SQ	QM	F	P	G-G	H-F
Recrutamento	20	1,5089	754,4048	18,3572	0,0000	0,0000	0,0000
Recrutamento*Tratamentos	60	5,6483	94,1381	2,2907	0,0000	0,0162	0,0001
Erro	160	6,5753	41,0958				

Greenhouse-GeisserEpsilon *0,26457125*
Huynh-FeldtEpsilon *1,00000000*

Analisando a subdivisão das parcelas repetidas, por meio da Anova de medidas repetidas, foi verificado que existe variação do recrutamento com o passar do tempo, ou seja, o recrutamento de árvores é altamente significativo ($p < 0,001$). Também foi observado que há sinais de significância ($p = 0,0161$) na interação Recrutamento*Tratamentos com o passar dos anos (Tabela 3), ou seja, o recrutamento foi influenciado pelas diferentes intensidades de cortes.

Durante o período de análise a taxa média de recrutamento, considerando todas as espécies, foi alta nos primeiros anos após a exploração florestal, 2,81%.ano^{-1} em T1, 3,21%.ano^{-1} em T2 e 3,48%.ano^{-1} em T3. No entanto a taxa de recrutamento foi maior a partir do sexto ano após a exploração. Estas altas taxas de recrutamento seis anos após a exploração é o efeito da abertura do dossel da floresta residual, no qual são dominadas por espécies pioneiras e estas

espécies caracterizam-se pelo seu crescimento e grau de ocupação em ambientes perturbados de maneira muito rápida, dominando as clareiras num período muito curto de tempo.

Os maiores picos de recrutamento alcançaram taxas de 6,29%.ano^{-1} em T1 dez anos após a exploração, 6,42%.ano^{-1} em T2 15 anos após a exploração e 7,48%.ano^{-1} em T3 nove anos após a exploração florestal. Nascimento (2012) analisando o recrutamento de espécies pioneiras, nas diferentes intensidades de exploração desta mesma área, observou que as taxas médias anuais de recrutamento destas espécies, nos tratamentos T1, T2 e T3, foram respectivamente: 1,70 ± 0,39%; 1,40 ± 0,45% e 2,32 ± 0,53% (IC 95%) e considerando todas as espécies as percentagens médias foram 3,71 ± 0,67%; 3,52 ± 0,69% e 5,03 ± 0,80% (IC 95%).

A média da taxa de recrutamento ao longo dos anos no tratamento testemunha (T0) não variou muito: 0,86%.ano^{-1} ± 0,20%.ano^{-1}, considerando todas as espécies. Na tabela 4 é possível observar as taxas médias de recrutamento de todas as espécies, espécies comerciais e espécies não comerciais de cada tratamento.

Tabela 4. Taxas médias de recrutamento de cada tratamento analisado no período de 1990 – 2012.

	T0	**T1**	**T2**	**T3**
Todas (%)	0,86 ± 0,20	2,48 ± 0,70	2,33 ± 0,63	3.10 ± 0,85
Comercial (%)	0,61 ± 0,21	1,79 ± 0,54	1,63 ± 0,52	1.98 ± 0,62
Não Comercial (%)	0,92 ± 0,23	2,63 ± 0,76	2,5 ± 0,69	3.31 ± 0,93

Percebe-se que as menores taxas de recrutamento foram encontradas no tratamento T2, seguidas dos tratamentos T1 e T3, diferindo da intensidade do volume explorado, no qual, teoricamente deveria seguir uma correlação direta entre intensidade de exploração e taxa de recrutamento.

No entanto, de acordo com Pinto (2008) a forma de distribuição das clareiras nos diferentes tratamentos foi menor em T2 causando um menor impacto no dossel da floresta residual. Esta observação pode ser a explicação para o menor ingresso em T2 que também foi observado por Nascimento (2012) que analisou o ingresso de espécies pioneiras neste mesmo experimento e observou que o T2 teve menores taxas de recrutamento seguido de T1 e T2.

Oliveira (2005) e Azevedo et al.(2008) obtiveram estimativas das taxas de recrutamento, considerando o tratamento menos intenso, inferiores às taxas de recrutamento encontradas neste

estudo com média de 2,08 %.ano^{-1}. Para os tratamentos considerados de intensidade média e pesada, os resultados de Silva (2004) e Azevedo et al. (2006) também foram inferiores aos verificados nesse estudo com estimativas entre 2,1%.ano^{-1} a 2,5%.ano^{-1}.

As altas taxas de recrutamento ou de regeneração podem estar ligadas com solos mais férteis, banco de sementes no solo ou até mesmo a composição das espécies, ou seja, de acordo com a capacidade produtiva do sítio.

Pinto (2008), estudando a mesma área, observou que a taxa de recrutamento após 13 de exploração foi diminuindo em todos os tratamentos com o passar do tempo, mostrando que o comportamento da floresta explorada está cada vez mais semelhante a comportamento de uma floresta não explorada. Nesse estudo o autor obteve as seguintes variações nas taxas de recrutamento: de 0,42%.ano^{-1} a 1,48%.ano^{-1} em T0, 1,15%.ano^{-1} a 4,80%. ano^{-1} em T1, 1,36%. ano^{-1} a 3,76 em T2 e 2,06%.ano^{-1} a 4,97%. ano^{-1} em T3. As menores taxas foram encontradas nos últimos anos de observação para os tratamentos em que houve redução de área basal.

A Figura 6 mostra a evolução do recrutamento de todas as espécies (A), espécies não comerciais (B) e comerciais (C) durante o período de 1990 a 2012 de todos os tratamentos em que houve redução de área basal e a testemunha, bem como o recrutamento de espécies comerciais e não comerciais (figura 6).

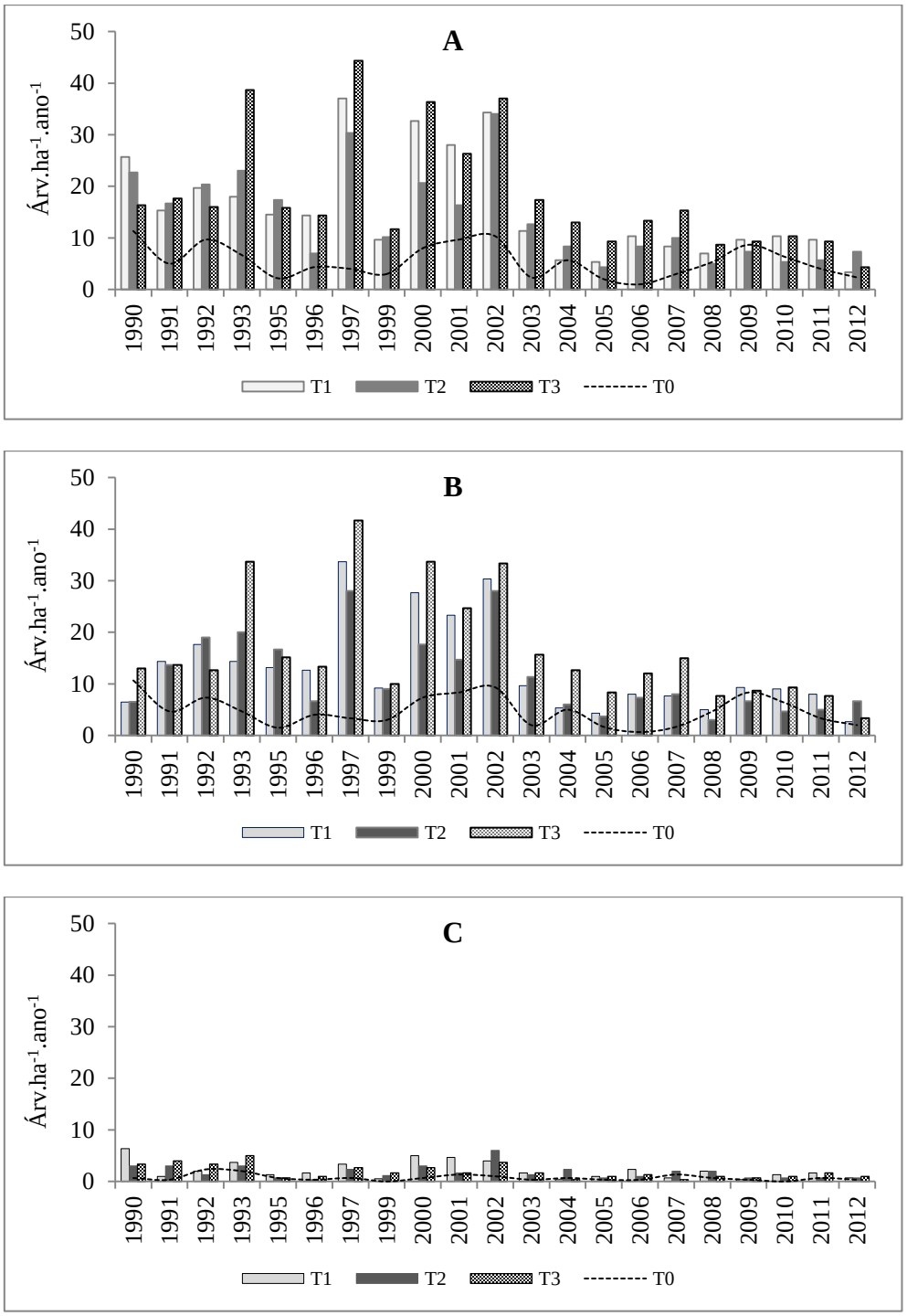


Figura 6. Recrutamento de árvores no período de 1990 a 2012. (A) Todas as espécies, (B) espécies não comerciais e (C)espécies comerciais.

O Recrutamento de árvores foi maior no período de 1993 a 2002 considerando todas as espécies, espécies comerciais e espécies não comerciais. O tratamento com maior recrutamento

de espécies comerciais, considerando apenas a densidade de árvores recrutadas neste período, foi o tratamento T1 considerado exploração de leve intensidade.

Foi observado também (Figura 1) que o recrutamento foi diminuindo ao longo dos anos, tanto para espécies comerciais e não comerciais bem como para todas as espécies, chegando bem próximo de uma floresta não explorada (T0).

O acompanhamento contínuo da floresta em questão permite concluir que a exploração florestal proporciona um recrutamento bastante intenso, causado pela remoção das árvores, durante determinado período e, diminui conforme o estabelecimento da floresta. De acordo com Grubb (1977) esta prática resulta em um balanço positivo até a capacidade de ocupação que o sítio permite. Com este resultado pode-se concluir que a elevada manutenção da taxa de recrutamento é dependente da abertura de clareiras e consequentemente da entrada de luz.

A distribuição da taxa de recrutamento, considerando todas as espécies, ao longo dos anos foi correlacionada com a precipitação média (dados da Embrapa Amazônia Ocidental, estação Km 29 da estrada AM-010) em um período de monitoramento de 22 anos (Figura 7).

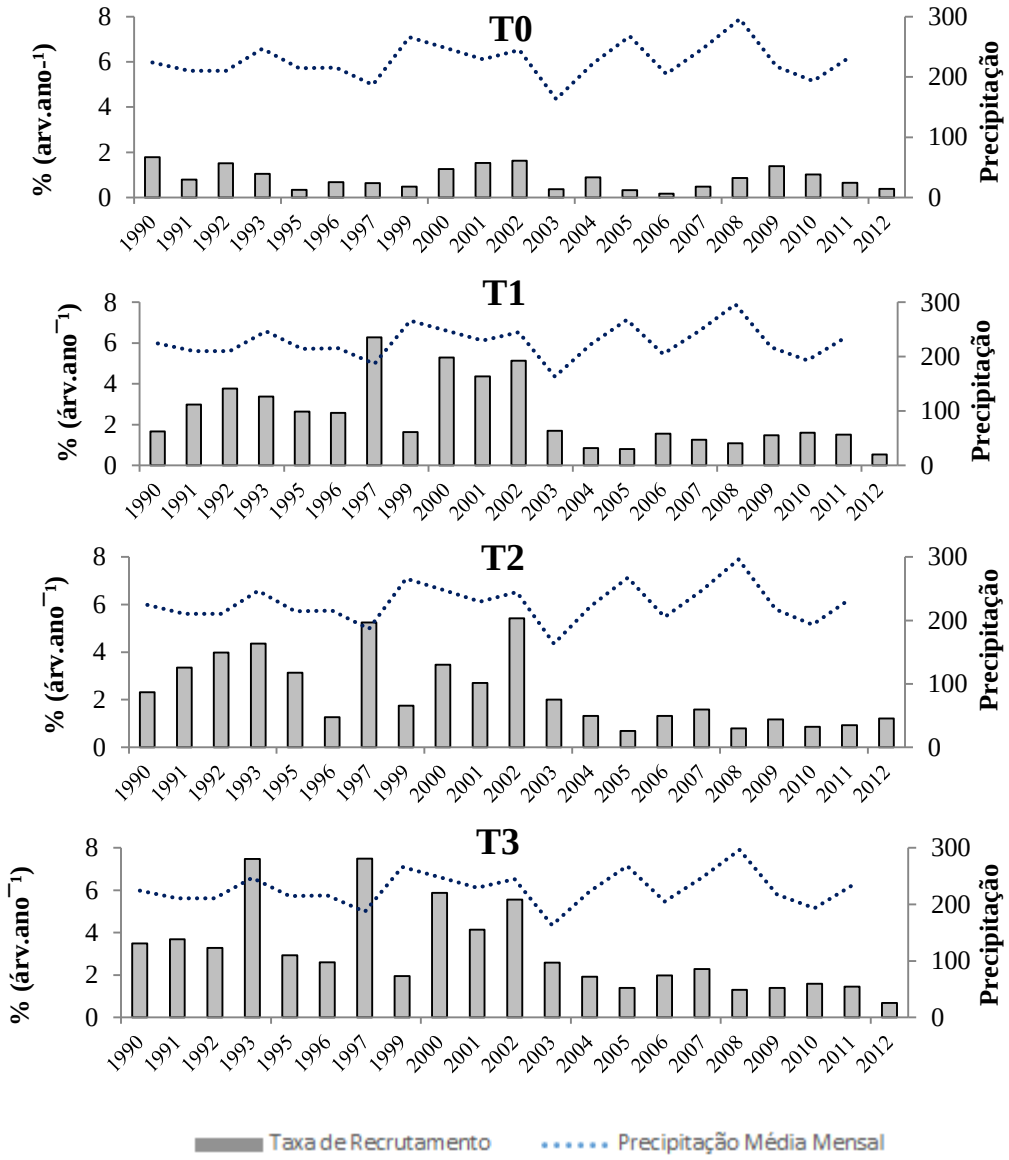


Figura 7. Taxa de recrutamento e precipitação observada durante o período de 1990 a 2012 considerando todas as espécies.

Foi observada que a correlação entre o recrutamento de árvores e a precipitação média não é significativa ($r > -0,175$ e $< 0,081$; $p > 0,458$) em nenhum dos tratamentos estudados, ou seja, o recrutamento das árvores independe da precipitação anual.

9 – MORTALIDADE

A mortalidade foi analisada ao longo de 23 anos de observação (1990 - 2012), para todos os tratamentos (T0, T1, T2 e T3). Considerando a análise de variância de medidas repetidas, os sinais são evidentes que existem diferenças significativas entre os tratamentos (p = 0,0107) ao longo dos anos (Tabela 5).

Tabela 5. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para mortalidade de árvores dentro dos tratamentos estudados.

Fonte	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	3	1.24198485E+003	413.99494949	7.39426742	0.01077741
Erro	8	447.90909091	55.98863636		

Fonte	GL	SQ	QM	F	P	G-G	H-F
Mortalidade	21	5.98865152E+003	285.1738817	9.9892	0.0000	0.00000	0.0000
Mortalidade*Tratamentos	63	2.86134848E+003	45.41822992	1.5909	0.01016	0.126404	0.019
Erro	168	4.79609091E+003	28.54816017				

Greenhouse-GeisserEpsilon 0.22489214
Huynh-FeldtEpsilon 0.79440253

Confirmada as diferenças pela ANOVA, o teste *post hoc* de Tukey mostrou que o T0 não foi significante em relação ao T2 (p = 0.0953, teste Tukey), porém é muito provável que estes tratamentos sejam diferentes. No entanto, o resultado foi significante quando pareado com os demais tratamentos em que houve exploração (p < 0.025), ou seja, a mortalidade foi maior nos tratamentos T1 e T3. Porém, este resultado não foi observado quando comparado apenas com os tratamentos em que houve exploração florestal (p > 0.416), ou seja, provavelmente a mortalidade não é diferente com o passar dos anos para os tratamentos em que houve redução de área basal.

Conforme os resultados da análise de variância de medidas repetidas, foram observadas que a mortalidade variou significativamente ao longo dos anos (p < 0.001) em todos os tratamentos, ao passo que não há interação Mortalidade*Tratamentos, ou seja, não existem efeitos significativos dos tratamentos na mortalidade ao longo dos anos (p = 0.126) (tabela 5).

Durante o período de estudo a taxa de mortalidade, considerando todas as espécies, foi alta nos primeiros anos após a exploração florestal, cerca de 1,93%.ano^{-1} em T1, 2,44%.ano^{-1} em T2 e 4,41%.ano^{-1} em T3. Este comportamento ocorreu principalmente pelos danos causados durante a exploração florestal nas árvores remanescentes. Azevedo et al. (2008) observaram

também as maiores taxas de mortalidade no período de 3 anos logo após a exploração, com valores em torno de 3,71%.ano^{-1}. Nesse mesmo estudo os autores obtiveram as seguintes médias: 2,15%.ano^{-1} para os tratamentos considerados exploração leve, 2,74%.ano^{-1} para tratamento considerado exploração média e de 2,60%.ano^{-1} para tratamentos considerado exploração pesada.

A taxa de mortalidade, 5 anos após a exploração florestal neste estudo, variou em média de 1,18%.ano^{-1} a 1,47%.ano^{-1} por mais de 10 anos para os tratamentos em que houveram redução de área basal. No entanto, após 20 anos da exploração a taxa de mortalidade voltou a aumentar nos tratamentos T1 e T3, sendo estes valores superiores aos que foram encontradas no início das medições: 2,52%.ano^{-1} e 2,66%.ano^{-1} respectivamente. Para o T2 a taxa de mortalidade ficou exatamente igual a taxa encontrada logo após a exploração: 1,96%.ano^{-1}.

Os picos da taxa de mortalidade de cada tratamento nos últimos anos de monitoramento foram relativamente altos chegando a atingir 3.9%.ano^{-1} no tratamento considerado intensidade leve (T1) em 2008, 2.9%.ano^{-1} em 2012 no tratamento considerado intensidade média (T2) e de 4.3%.ano^{-1} em 2010 no tratamento considerado exploração pesada (T3).

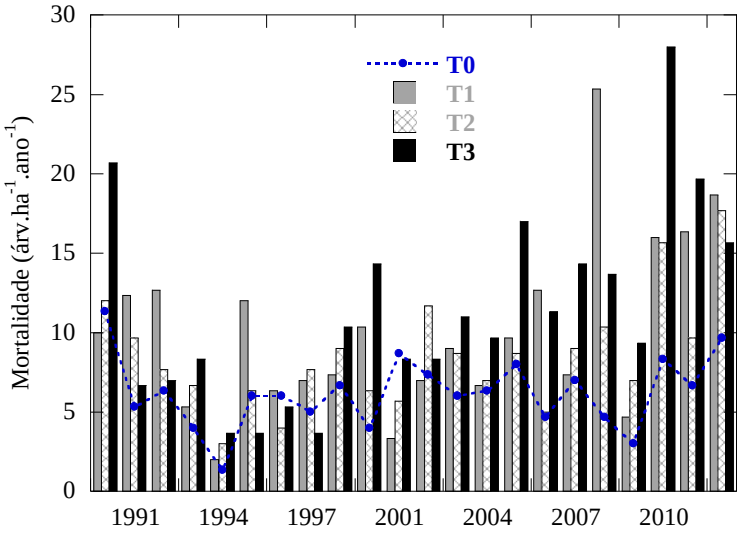


Figura 8. Alteração da mortalidade de árvores mortas de cada tratamento no período de 1990 a 2012.

O número de árvores mortas nos últimos anos aumentou consideravelmente (Figura 8), fazendo com que a taxa de mortalidade também aumentasse neste período. Este acréscimo pode ser explicado pelo surgimento de espécies pioneiras logo após a exploração florestal, no qual se caracterizam pelo crescimento e grau de ocupação em ambientes perturbados de maneira rápida

e, principalmente por possuir ciclo de vida curto (Swaine e Whitmore, 1988; Whitmore, 1989). Sendo assim, pode-se dizer que o aumento na frequência da mortalidade nos últimos períodos de estudo é em decorrência aos efeitos da senescência destas espécies.

Considerando apenas o tratamento testemunha (T0) foram amostrados 1909 indivíduos com DAP maior ou igual a 10 cm em 1990, dos quais 428 árvores morreram até 2012, resultando uma mortalidade de 22.42%. Do total de árvores inventariadas, o número de árvores mortas de espécies comerciais foi de 67 indivíduos e espécies não comerciais foi 361. Isto significa que morreu a cada ano cerca de 0.97 árvores por hectare de espécies comerciais e 5.23 árvores por hectare de espécies não comerciais, isto para o tratamento sem intervenção.

Neste estudo a taxa de mortalidade no tratamento testemunha (T0), considerando todas as espécies, foi de 0,98%.ano^{-1}, valor 50% menor do que o encontrado por Silva (2004) no qual encontrou taxa anual de mortalidade, em áreas que não houve exploração florestal, cerca de 1,82%.ano^{-1}. Lima (2010) encontrou taxas anuais de mortalidade, para o T0 em um período de 17 anos (1990 – 2007), de 1,1%. Fontes (2012) obteve taxa de mortalidade, em floresta não alterada, de 1.15%ano^{-1} em estudos próximo a área. Na Tabela 6 são apresentadas as taxas médias de mortalidade de todas as espécies, espécies comerciais e espécies não comerciais.

Tabela 6. Taxas de mortalidades considerando todas as espécies, espécies comerciais e espécies não comerciais.

	T0	**T1**	**T2**	**T3**
Todas (%)	0.98 ± 0.15	1.66 ± 0.36	1.46 ± 0.25	1.93 ± 0.43
Comercial (%)	0.81 ± 0.23	1.31 ± 0.45	1.0 ± 0.32	1.30 ± 0.53
Não Comercial (%)	1.02 ± 0.16	1.73 ± 0.36	1.56 ± 0.28	2.04 ± 0.45

Lima (2010) estudando a mesma área, no período de 1990 a 2007, obteve as seguintes taxas de mortalidade considerando todas as espécies: 1,87% ± 0,62; 1,84% ± 0,75 e 1,98% ± 0,51 (IC 95%), respectivamente para os tratamentos T1, T2 e T3.

A Figura 9 mostra a dinâmica da taxa de mortalidade de espécies comerciais e não comerciais de todos os tratamentos.

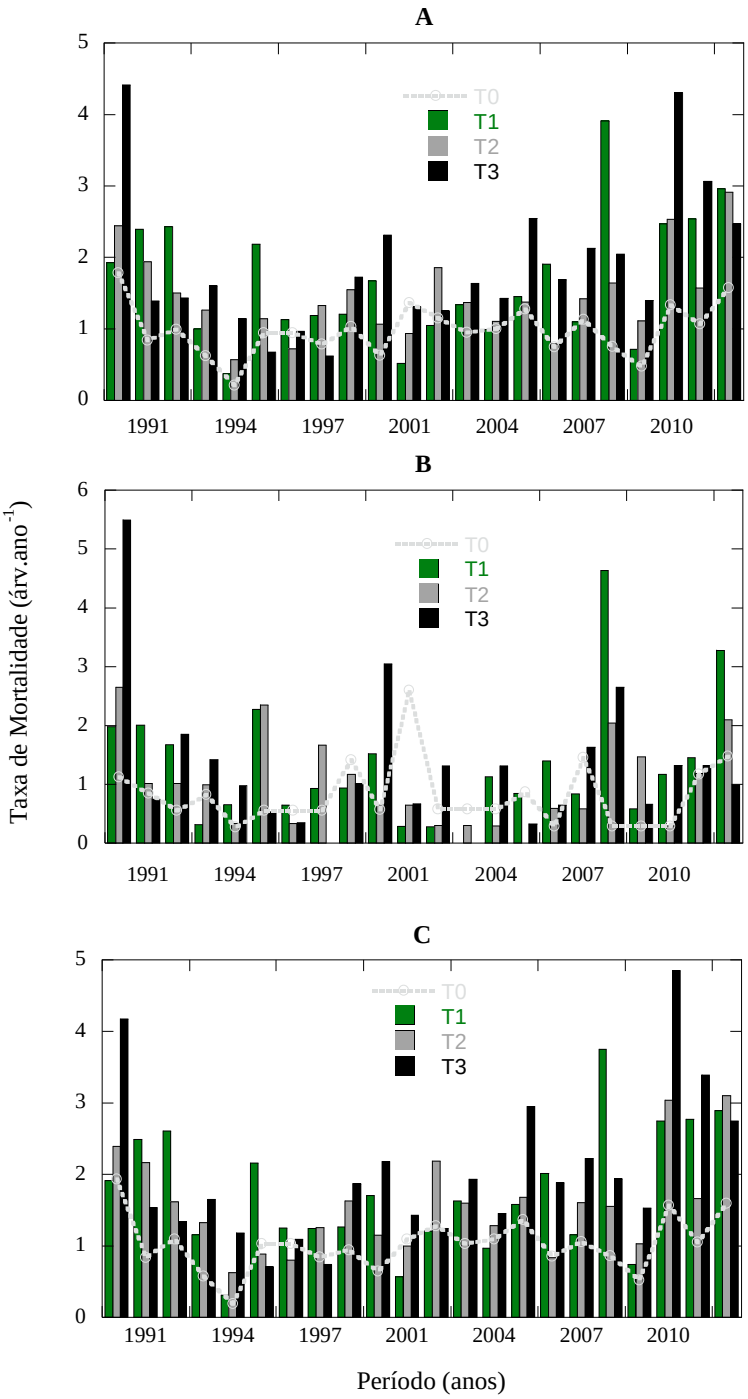


Figura 9. Taxa de mortalidade de todas as espécies (A) espécies comerciais (B) e espécies não comerciais durante o período de 1990 a 2012.

Houve certa estabilização da taxa de mortalidade durante o período de 1994 a 2005; após este período há novamente um aumento na taxa de mortalidade com o passar do tempo, principalmente das espécies não comerciais, sobretudo nos últimos períodos de avaliação, isso

porque o grupo das espécies não comerciais é composto principalmente por espécies pioneiras de ciclo de vida relativamente curto, fazendo com que haja um aumento na taxa de mortalidade ao longo dos anos em função da senescência destas espécies.

Fontes (2012), analisando causas de mortalidade das árvores na Amazônia Central, verificou que as tempestades (chuva + vento) foram a principal causa da mortalidade das árvores, sendo responsável por 45% das mortes de todas as árvores, seguido de estresse e fatores bióticos.

De acordo com Lieberman & Lieberman (1987) a causa mais comum da morte de árvores em florestas tropicais não perturbadas é o vento, entretanto outras causas podem acarretar a morte da árvore, como fungos patogênicos, herbívoros, senescência, déficit hídrico ou supressão e também a combinação destes fatores. Porém em geral as árvores que ocorrem na Amazônia Central são muito mais sensíveis ao estresse hídrico (Rocha *et al.* 2003) e, a falta ou excesso de chuvas influenciam principalmente na mortalidade (Higuchi *et al.* 2011).

No entanto, foi observada que a correlação entre a taxa de mortalidade das árvores e a precipitação não foi significante ($r > -0,063$ e $< 0,134$; $p > 0,560$) em nenhum dos tratamentos analisados. A Figura 10 mostra as taxas de mortalidade e as médias da precipitação (dados coletados pela Estação Meteorológicas da Embrapa Amazônia Ocidental, Estação Km 29, AM-010) no período de estudo. Estes resultados mostram que a mortalidade das árvores ao longo dos anos não foi influenciada pela variação da chuva.

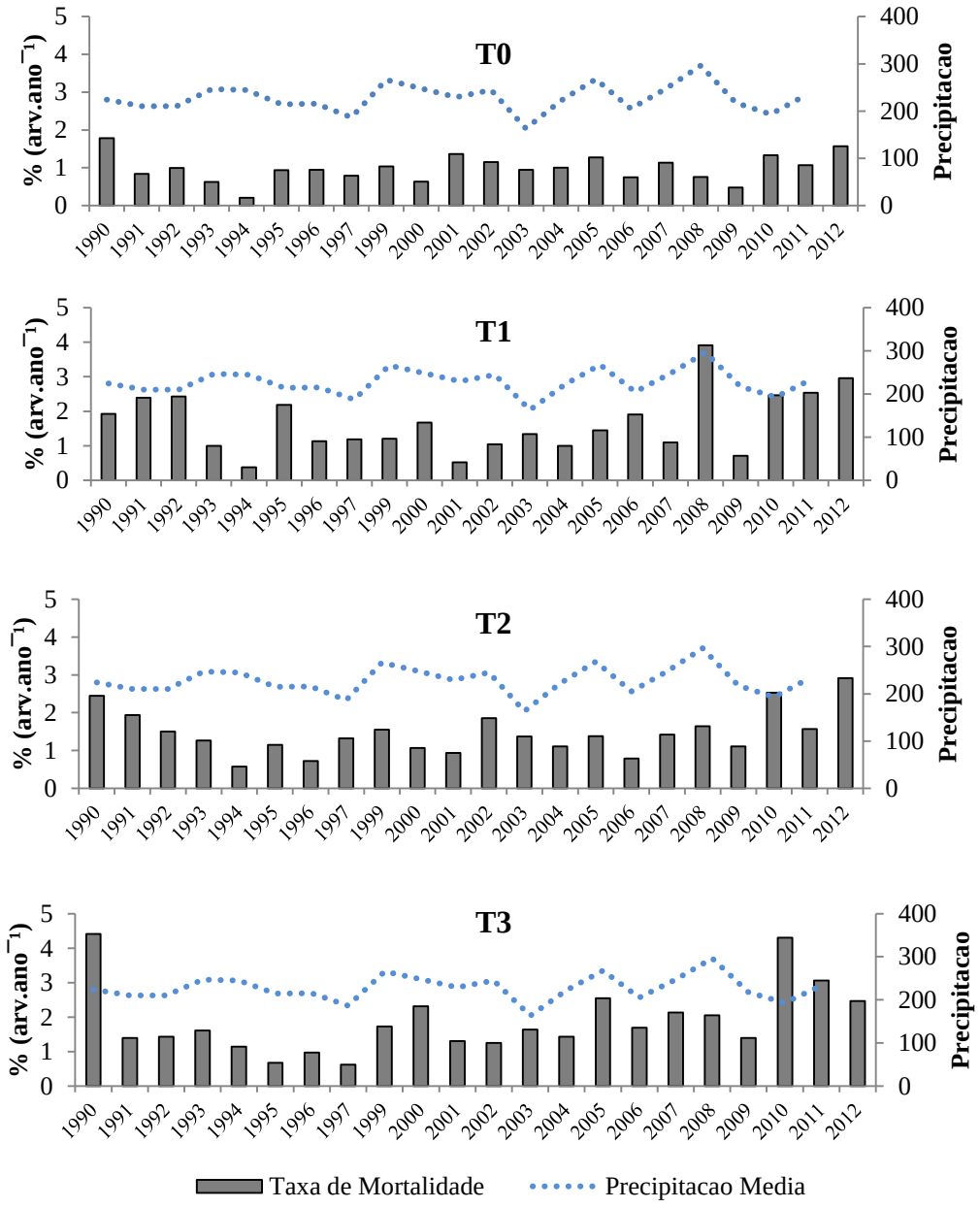


Figura 10. Taxas de mortalidade (barras em cinza) e precipitação média mensal (linha pontilhadas) em uma série histórica de 22 anos de observação.

6.1 – EVOLUÇÃO EM ÁREA BASAL, VOLUME E DIÂMETRO.

6.1.1 – ÁREA BASAL PARA TODAS AS ESPÉCIES

Considerando todas as espécies a área basal variou de 25,51 ± 0,93 $m^2.ha^{-1}$ em T3 a 27,22 ± 0,89 $m^2.ha^{-1}$ em T1 (IC = 95%), já na testemunha (T0) esse valor foi de 30,15 ± 0,36 $m^2.ha^{-1}$ (IC = 95%). De acordo com Lima (2010) a estimativa de área basal para o Estado do Amazonas é em torno de 25,63 ± 1,84 $m^2.ha^{-1}$.

Teixeira et al. (2007) observaram que a área basal, em florestas primárias da Amazônia Central, varia em média de 26,87 a 27,87 $m^2.ha^{-1}$. Marra (2010) verificou que a área basal em ambientes de platô na Amazônia Central é ainda maior, cerca de 29,85 $m^2.ha^{-1}$. Os valores encontrados na presente pesquisa indicam que a floresta submetida a diferentes intensidades de corte assemelha-se a de uma floresta não explorada.

Neste estudo foi importante avaliar se a floresta vem recuperando a área basal 25 anos após a exploração florestal. Na Figura 11 observa-se a evolução da recuperação em área basal após 25 anos de monitoramento de cada tratamento (T1, T2 e T3) mais a testemunha (T0).

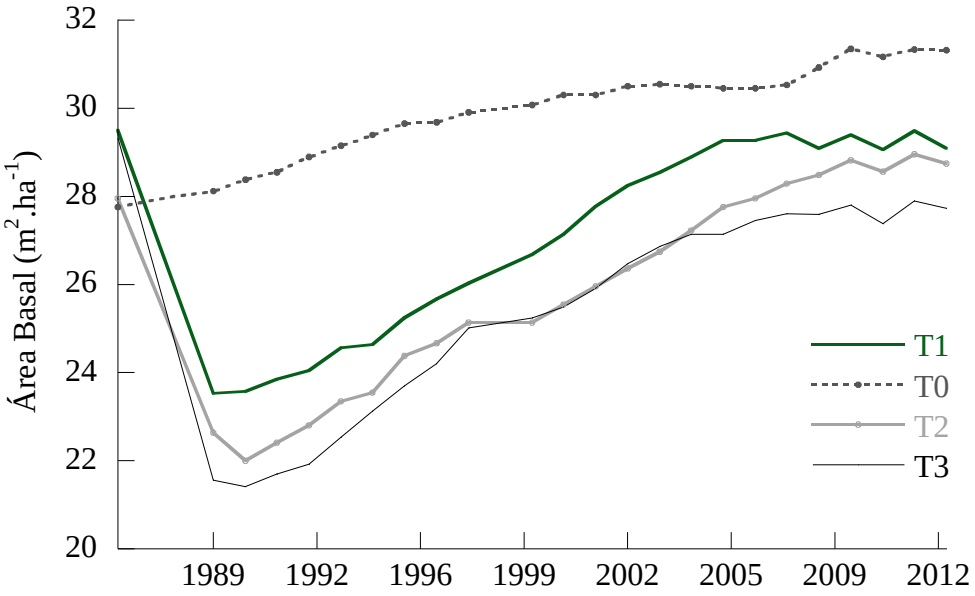


Figura 11. Recuperação em área basal da floresta remanescente, considerando todas as espécies e de cada tratamento, após 25 anos (1986 – 2012).

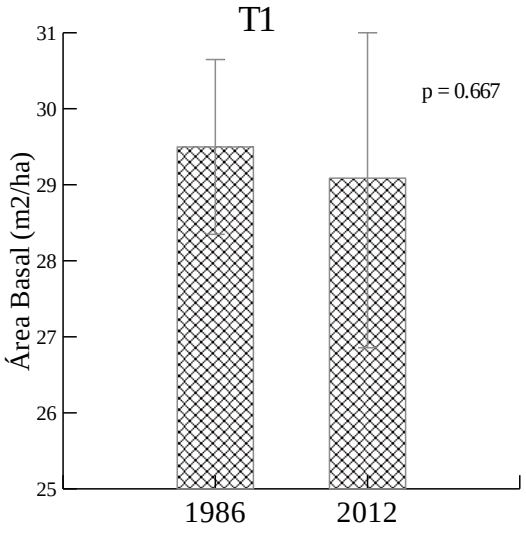
Analisando apenas a Figura 11 é possível observar que a floresta remanescente, vem respondendo de forma positiva, no que diz respeito à recuperação em área basal, considerando

todas as espécies, ou seja, a área basal vem crescendo progressivamente em todos os tratamentos em que foram submetidos à exploração florestal em 1987.

É possível notar também que apesar do T0 não ter sofrido intervenção alguma, a área basal continuou a crescer. Durante o período de análise, a área basal na testemunha evoluiu cerca de 2,92 $m^2.ha^{-1}$, o que corresponde com um incremento anual de 0,14 ± 0.067 $m^2.ha^{-1}.ano^{-1}$(IC 95%).

O resultado do teste t pareado mostrou não haver diferenças significativas entre as médias da área basal encontrada antes da exploração (1986) e depois da exploração (2012) nos tratamentos T1 (p = 0.667), T2 (p = 0.369) e T3 (p = 0.374).

É possível perceber, por meio da Figura 12 que a média encontrada em 2012, no tratamento T3, empiricamente é diferente da média de 1986. No entanto a análise estatística mostrou que provavelmente não sejam diferentes. O resultado gráfico da análise estatística do teste t pareado pode ser visualizado na figura 12.



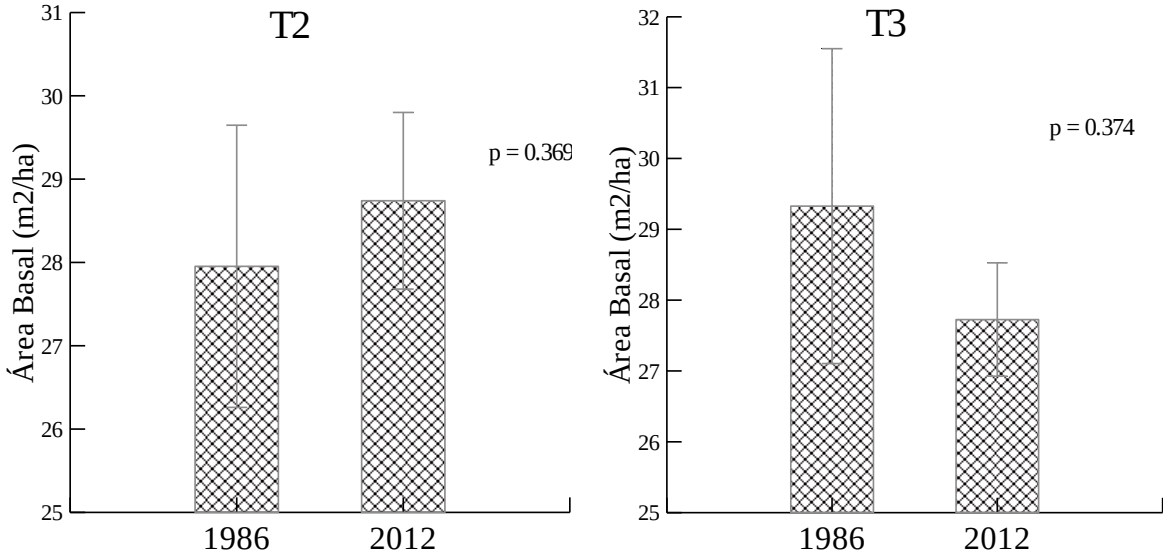


Figura 12. Resultado do teste t comparando os estoques que havia antes da exploração (1986) e os estoques atuais (2012) para todos os tratamentos.

Constata-se que no tratamento de exploração média, a área basal total em 2012 ultrapassou a área basal estocada em 1986 e, nos tratamentos T1 e T3, esta variável ainda não foi totalmente recuperada.

O resultado da análise de variância de medidas repetidas mostrou que não existe variação significativa da área basal entre os tratamentos (p = 0.073) apesar das evidências não serem fortes para fazer tal afirmação, ou seja, é muito provável que as médias ao longo do tempo sejam diferentes. No entanto, este resultado mostra que as médias dos estoques em área basal de cada tratamento variam de maneira semelhante com o passar dos anos (Tabela 7).

Tabela 7. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para área basal de todas as espécies com medidas repetidas dentro dos tratamentos de acordo com os anos (1990 – 2012).

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**
Tratamentos	3	860.44104238	286.81368079	3.40372299	0.07369749
Error	8	674.11756337	84.26469542		

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**	**G-G**	**H-F**
Tempo	21	870.9858	41.475518	138.70503	0.000000	0.000000	0.000000
Tempo*Tratamentos	63	101.7285	1.6147387	5.4001108	0.000000	0.001998	0.000035
Error	168	50.23528	0.2990195				

Greenhouse-Geisser Epsilon 0.10652432

Greenhouse-Geisser Epsilon 0.10652432
Huynh-FeldtEpsilon 0.20528473

Entretanto, ao fazer a correção do F, por meio do fator G-G ou H-F (von Ende, 1993), os sinais de significância foram considerados fortes, indicando que a média de área basal é diferente com o passar dos anos ($p < 0,001$), ou seja, a floresta vem respondendo de forma positiva quanto ao crescimento em área basal. Também foi verificado que há interação ($p = 0,002$) Anos*Tratamentos, ou seja, os diferentes tratamentos exercem influência no crescimento em área basal com o passar do tempo.

No entanto, se faz necessário levar em consideração que nem todas as espécies que compõe o experimento são de espécies comerciais e o mais importante quando se pretende realizar um segundo ciclo de corte é conhecer o comportamento dinâmico de espécies comerciais remanescentes, visto que a sustentabilidade da floresta depende da qualidade e quantidade destas espécies de valor comercial. Com base nestas informações analisou-se também a dinâmica das espécies comerciais (espécies listadas) remanescentes durante o período de 1990 a 2012, cujos resultados são apresentados a seguir.

6.1.2 – ÁREA BASAL COMERCIAL (ESPÉCIES LISTADAS).

Os estoques em área basal, considerando apenas as espécies comerciais, após 25 anos da exploração, ficou em média 5.97 ± 0.16 $m^2.ha^{-1}$no tratamento leve (T1), 6.07 ± 0.23 $m^2.ha^{-1}$ no tratamento médio (T2) e 4.68 ± 0.13 $m^2.ha^{-1}$ no tratamento pesado (T3) (IC 95%). Estes valores correspondem respectivamente em T1, T2 e T3 com 72.53%, 82.02% e 57.99% da área basal original antes da exploração.

Azevedo (2006) analisando a área basal de espécies comerciais observou que a recuperação desta variável após 20 anos, entre os tratamentos onde houve intervenção leve, média e pesada, foi 83,26%, 71,22% e 66,11% do valor obtido no levantamento antes da extração de madeira, para cada nível, respectivamente.

A Figura 13 apresenta a evolução da área basal durante o período de 1986 a 2012, indicando que a área basal comercial vem crescendo progressivamente ao longo dos anos, apesar de não recuperar totalmente o valor de área basal antes da exploração.

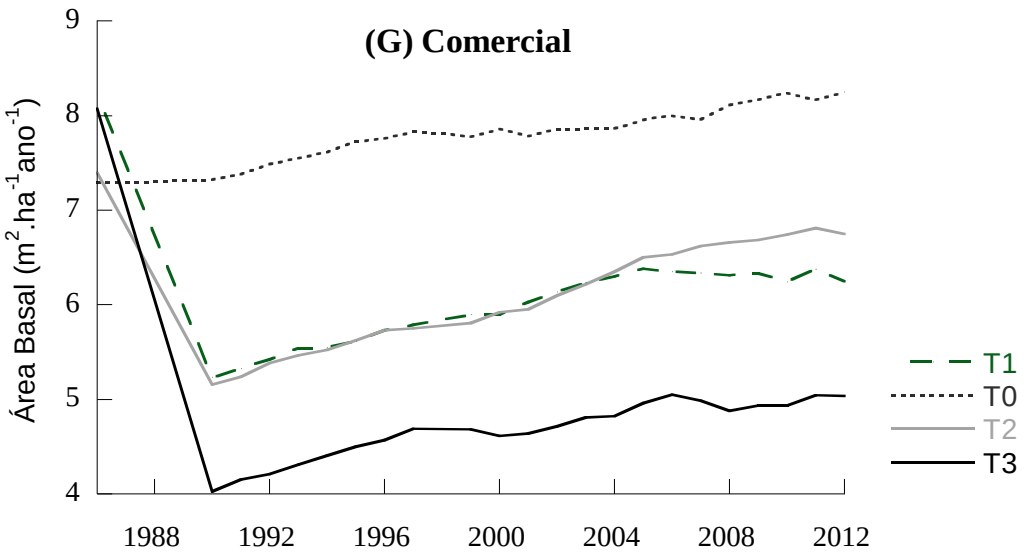


Figura 13. Evolução da área basal de espécies comerciais após 24 anos da exploração (1986 – 2012).

Apesar da floresta em T0 não ter recebido qualquer tipo de intervenção, ela continua crescendo em área basal e acumulando biomassa com o passar dos anos. O incremento médio em área basal neste tratamento, ao longo de 22 anos, foi de 0,044 ± 0,025 $m^2.ha^{-1}.ano^{-1}$ (IC 95%) o que corresponde a um crescimento acumulado de 0,96 ± 0,11 $m^2.ha^{-1}$ (IC 95%).

O tratamento considerado como exploração média (T2) foi o que apresentou melhores resultados de crescimento em área basal das espécies comerciais: 1,59 ± 0,23 $m^2.ha^{-1}$, ou seja, um incremento de 0,05 ± 0,03 $m^2.ha^{-1}.ano^{-1}$ (IC 95%). Para os tratamentos T1 e T3 este crescimento foi de 1,01 ± 0,16 $m^2.ha^{-1}$ e 1,01 ± 0,13 $m^2.ha^{-1}$(IC 95%), respectivamente.

O resultado da ANOVA univariada entre os tratamentos mostrou que as evidencias são fracas de que não existe variação (p=0,104) entre as médias de área basal com o passar dos anos nos diferentes níveis de redução de área basal das espécies comerciais listadas (Tabela 8), ou seja, a área basal com o passar dos anos não foi influenciada pelos diferentes tratamentos, variando de forma semelhante.

Azevedo (2006) também não encontrou diferenças estatísticas significativas, entre os tratamentos em que foram submetidos a exploração, para a variável área basal de espécies comerciais, durante o período de 20 anos.

Tabela 8. Resultado da analise de variância (ANOVA) de Medidas repetidas para área basal de espécies comerciais de cada tratamento de acordo com o tempo.

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**
Tratamentos	3	331.82559805	110.60853268	2.85638368	0.10456856
Error	8	309.78620518	38.72327565		

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**	**G-G**	**H-F**
Tempo	21	32.981495	1.57054717	34.924092	0.0000	0.00005	0.00000
Tempo*Tratamentos	63	4.2652120	0.06770178	1.5054773	0.0206	0.24801	0.19852
Error	168	7.5550117	0.04497031				

Greenhouse-GeisserEpsilon *0.08489645*
Huynh-FeldtEpsilon *0.14854326*

Os resultados gerados pela ANOVA de medidas repetidas e a correção do F, mostram que os estoques em área basal (G) está aumentando com o tempo, sendo que este aumento é altamente significativo ($p < 0,001$), ou seja, há fortes evidências de que a área basal estocada das espécies comerciais de cada tratamento é diferente conforme o tempo passa.

Por outro lado, ao analisar a interação Tempo*Tratamentos é possível notar que estes sinais são fracos ($p = 0,248$) para dizer que há interação, no entanto é provável que a área basal das espécies comerciais não foram influenciadas pelos diferentes tratamentos de corte com o passar do tempo (Tabela 3). Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Azevedo (2006) que também não constatou interação Tempo*Tratamento ($p = 0,0656$) em floresta submetida em diferentes intensidades de exploração durante 20 anos de análise.

O resultado do teste t pareado mostrou que a área basal das espécies comerciais do tratamento T2, não são iguais estatisticamente ($p = 0,368$). Assim como, no tratamento T3 é muito provável que os estoques sejam diferentes ($p = 0,135$). De acordo com o resultado do teste no tratamento de exploração leve (T1), a área basal comercial ainda não foi recuperada ($p = 0,035$).

No entanto, ao analisar a Figura 14 no tratamento T3 é possível notar que o resultado do teste t pareado não condiz com a análise descritiva, ou seja, pode-se estar cometendo um erro do tipo II, que consiste em não rejeitar a hipótese nula H_0 ($\mu 1986 = \mu 2012$) quando esta é falsa ($\mu 1986 \neq \mu 2012$).

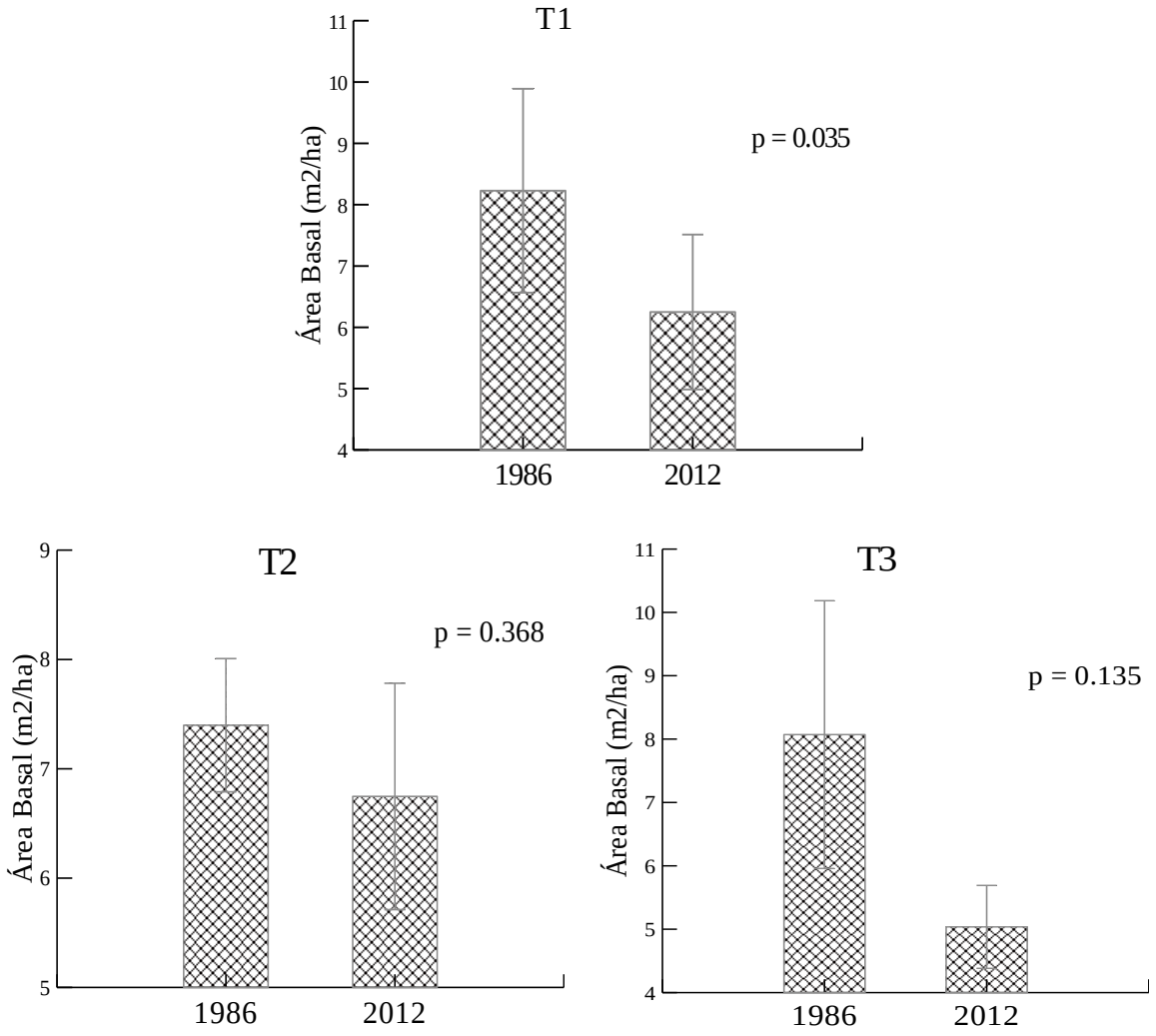


Figura 14. Resultado da análise gráfica do resultado do teste t pareado para área basal de espécies comerciais de todos os tratamentos.

6.1.3 – VOLUME COMERCIAL PARA TODAS AS ESPÉCIES

Para os tratamentos em que houve intervenção, os valores médios em volume foram 405,83 ± 13,32 $m^3.ha^{-1}$, 388,14 ± 14,21 $m^3.ha^{-1}$ e 380,33 ± 13,88 (IC 95%), respectivamente para T1, T2 e T3, atingindo estoque máximo, acima de 410 $m^3.ha^{-1}$ no ano de 2011 em cada tratamento, demonstrando que a floresta vem crescendo em volume gradualmente ao longo dos anos.

Lima (2010) obteve valores médios de volume, em áreas em que houve exploração comercial em nível pleno de 284,98 $m^3.ha^{-1}$, valores muito abaixo dos valores encontrados na presente pesquisa. No entanto, as médias encontradas Na presente pesquisa são bastante

semelhantes as encontradas em trabalhos de Higuchi *et al.* (1998), em dois transectos na região da bacia do Rio Cuieiras (Manaus/AM), Amazônia Central. O volume médio encontrado por estes autores em floresta não manejada foi de 430,5 $m^3.ha^{-1}$.

De acordo com Lima (2010), os valores de volume para o Estado do Amazonas é de 306,50 $m^3.ha^{-1}$ ± 34.23$m^3.ha^{-1}$ e, conforme este mesmo autor o volume na Amazônia Central é ainda maior: 355,10 $m^3.ha^{-1}$. Teixeira et al. (2007), em estudos realizados também na Amazônia Central, observaram que o volume é de 346,38$m^3.ha^{-1}$. Os resultados das pesquisas citadas demonstram a resposta positiva da floresta remanescente submetida à exploração seletiva de madeira, sendo que as médias do volume encontradas neste estudo, assemelham-se com as de uma floresta não explorada.

Na Figura 15 observa-se a recuperação do volume da floresta residual ao longo de uma série histórica de 25 anos de monitoramento. Estes resultados indicam que a floresta está funcionando como sumidouro de carbono retirando CO_2 da atmosfera e fixando nas árvores, mas vale ressaltar que é preciso observar também o comportamento dinâmico, no que diz respeito a mortalidade e recrutamento das árvores, ou seja, as diferentes rotatividades da floresta dos diferentes tratamentos.

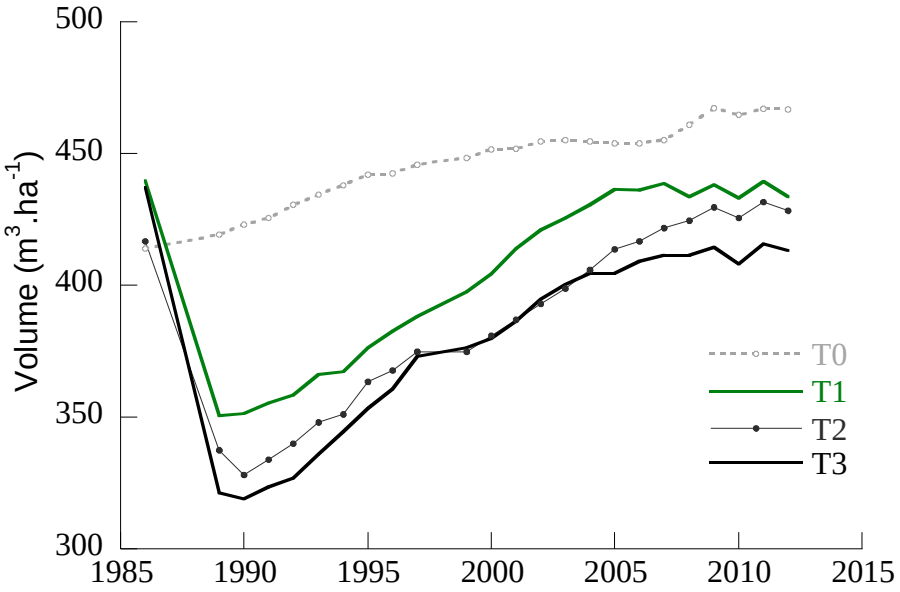


Figura 15. Dinâmica do crescimento volumétrico, considerando todas as espécies, nos tratamentos analisados no período de 1990 a 2012.

Apenas pela análise gráfica é possível perceber que a floresta submetida a manejo, também vem respondendo positivamente ao longo dos anos, apesar de não ter recuperado

totalmente o volume que havia perdido antes da exploração. A testemunha (T0) também vem crescendo gradativamente em volume, apesar de não ter sido feito intervenção alguma, contribuindo para o acúmulo de biomassa. Este comportamento prova que não existe um momento específico que a floresta alcance um estado de estabilidade ou clímax, pois frequentemente ocorrem distúrbios, mesmo durante estágios tardios de sucessão (Chazdon, 2008).

O resultado da ANOVA de medidas repetidas mostrou que entre tratamentos há fracas evidências de que não existem diferenças significativas (p = 0,073) na variação dos estoques em volume com o passar do tempo (Tabela 9). Porém, ao considerar um valor de p = 0.10% os resultados indicam que há sinais de significância, ou seja, com o passar do tempo há diferenças estatísticas para volume de todas as espécies.

Tabela 9. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para o variável volume considerando todas as espécies com o passar dos anos.

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**
Tratamentos	3	1.90878631E+005	6.36262104E+004	3.40578903	0.07360414
Error	8	1.49454261E+005	1.86817826E+004		

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**	**G-G**	**H-F**
Tempo	21	1.93492952E+005	9.21395011E+003	138.80052147	0.00000000	0.0000000	0.0000000
Tempo*Tratamentos	63	2.26253531E+004	359.13258824	5.41003478	0.00000000	0.0019785	0.0000350
Error	168	1.11522896E+004	66.38267646				

Greenhouse-GeisserEpsilon 0.10652959
Huynh-FeldtEpsilon 0.20529966

Foi verificado que os estoques em volume de espécies comerciais aumentaram significativamente com o passar dos anos (p < 0.0001) e a interação Tempo*Tratamentos também foi significativa (p = 0.0019), ou seja, as diferentes intensidades de corte (tratamentos) influenciaram nos estoques volumétricos com o passar do tempo (Tabela 4).

Lima (2010) e Pinto (2008) estudando as mesmas parcelas, porém em um período de 17 e 15 anos, respectivamente, observaram os mesmos resultados encontrados na presente pesquisa, indicando que há diferenças estatísticas com o passar do tempo para a variável volume. Resultados da pesquisa realizada por Azevedo et al. (2006), na Companhia Florestal Monte

Dourado (Jari) também indicara que a variação do volume foi significativa apenas em função do tempo.

Os resultados do teste t, comparando apenas os estoques de 1986 (antes da exploração) e de 2012 (depois da exploração), mostraram que os sinais não são significativos indicando que a floresta estatisticamente já recuperou os estoques originais de volume perdidos pela exploração (Figura 16).

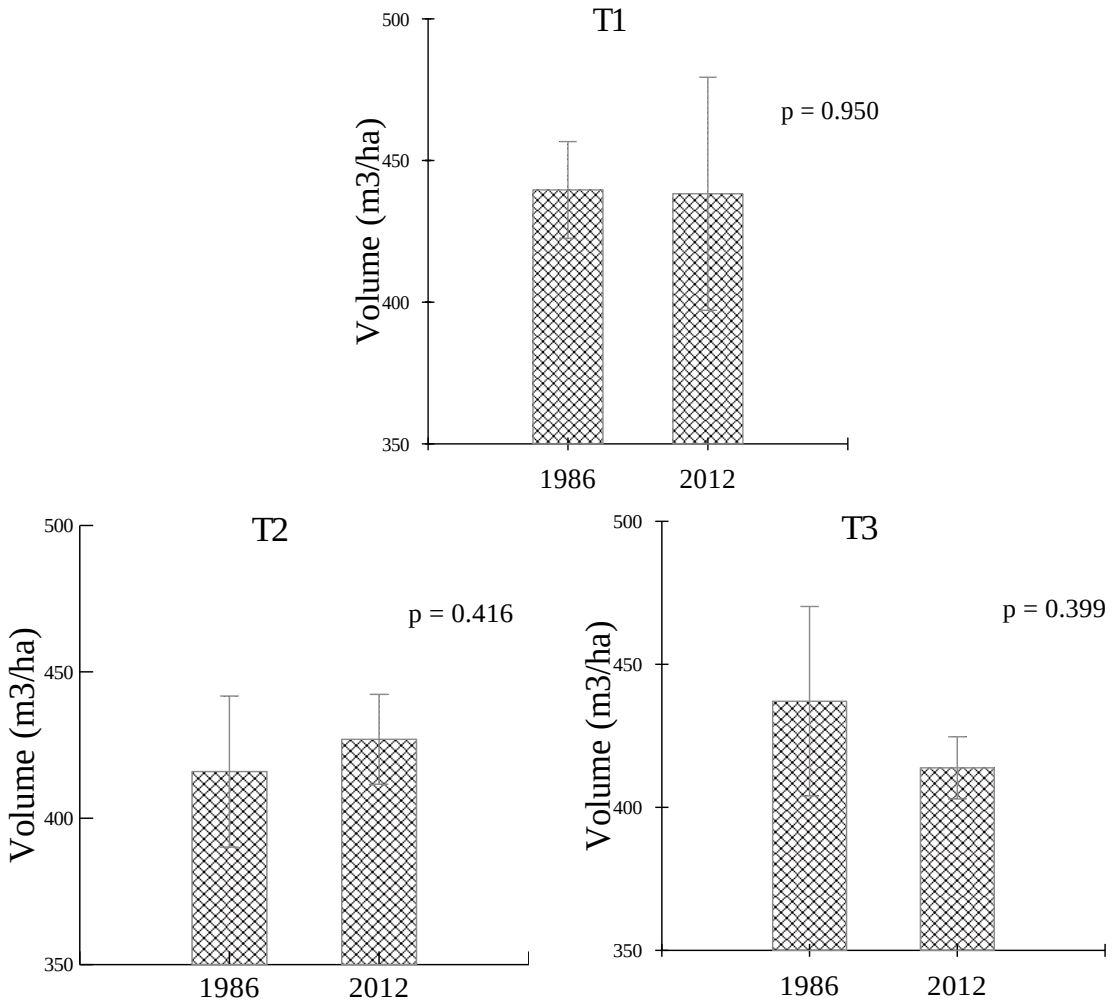


Figura 16. Análise gráfica dos resultados do teste t para variável volume estocado no ano de 1986 e 2012.

Apenas por meio da Figura 11 é possível perceber que os tratamentos T1 e T2 já recuperaram, em termos de serviços ambientais, o volume retirado por meio da extração de madeira ocorrida em 1987. No entanto, o tratamento T3 foi o único não recuperado por completo, apesar do resultado do teste t pareado ser não significante (p = 0,40).

Para o tratamento T2 o volume estocado em 2012 é superior ao volume existente antes da exploração (1986). Porém é necessário observar que quantidade não deve ser o único parâmetro ao avaliar a floresta, deve-se levar também em consideração a qualidade destas espécies remanescentes, principalmente no que se diz respeito às espécies comerciais que compõe o sítio florestal.

6.1.4 – VOLUME COMERCIAL (ESPÉCIES LISTADAS).

Levando em consideração apenas as espécies comerciais listadas, o volume médio estimado em cada tratamento, após 25 anos da exploração, foi de 88,75 ± 2,32 $m^3.ha^{-1}$ no tratamento de exploração leve (T1), 90,46 ± 3,38 $m^3.ha^{-1}$no tratamento de exploração média (T2) e 69,79 ± 1,92 $m^3.ha^{-1}$(IC 95%) no tratamento considerado exploração pesada (T3). O Valor médio encontrado na testemunha (T0) foi de 116,70 ± 1,55 $m^3.ha^{-1}$ (IC 95%). Atualmente o volume encontrado em cada tratamento corresponde a cerca de 74,95%, 91,09% e 62,36% respectivamente para T1, T2 e T3 do volume original encontrado antes da exploração.

Lima (2010) observou que o estoque de volume de espécies comerciais em áreas em que foram submetidas a manejo florestal em escala de manejo pleno, onze anos após a primeira exploração seletiva de madeira, foi de 129,3 ± 28,0 $m^3.ha^{-1}$.

A Figura 17 apresenta a evolução do volume comercial durante o período de 1986 a 2012, mostrando que o volume vem crescendo progressivamente ao longo dos anos após 1990, apesar de não ter recuperado totalmente o valor do volume de espécies comercias antes da exploração (1986).

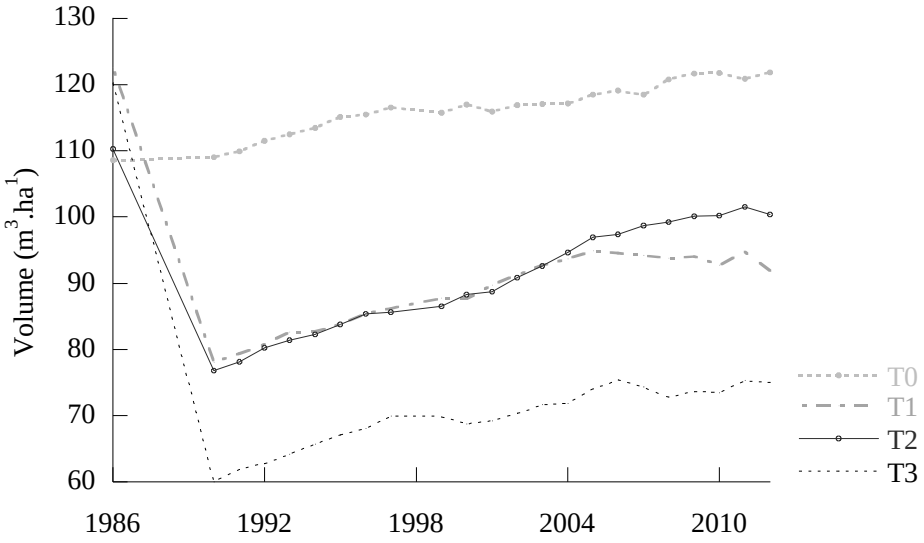


Figura 17. Evolução do volume de espécies comerciais em todos os tratamentos durante o período de 1986 a 2012.

Para explicar melhor estes resultados, foram realizadas análise de variância de medidas repetidas para volume de espécies comerciais entre os períodos de 1990 a 2012. Os resultados mostram que com o passar do tempo os sinais são fracos para afirmar que não existem diferenças significativas (p = 0.104) entre os tratamentos no que diz respeito ao volume comercial com o passar do tempo (Tabela 10).

Tabela 10. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para a variável volume de espécies comerciais analisadas durante 1990 a 2012.

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**
Tratamentos	3	7.35928712E+004	2.45309571E+004	2.85628256	0.10457560
Error	8	6.87073680E+004	8.58842100E+003		

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**	**G-G**	**H-F**
Tempo	21	7.31886147E+003	348.517213	34.9432385	0.0000000	0.0000047	0.00000005
Anos*Tratamentos	63	947.32030208	15.0368302	1.50763154	0.0202448	0.2473118	0.19771575
Error	168	1.67560004E+003	9.97380975				

Greenhouse-GeisserEpsilon *0.08494205*
Huynh-FeldtEpsilon *0.14865417*

Analisando a subdivisão das parcelas repetidas de acordo com o passar do tempo, verifica-se que o volume de espécies comerciais é altamente significativo (p < 0,001), ou seja, muda conforme os anos passam, ao passo que a interação Tempo*Tratamentos não é significativa

(p = 0.2473), ou seja, as diferentes intensidade de corte não influenciam na recuperação ao longo do anos do volume médio estocado em cada tratamento.

Os resultados do teste t mostrou que os sinais não são significativos para o tratamento de intensidade média (p = 0,367) e de intensidade pesada (0,134), ou seja, estatisticamente os estoques volumétricos não diferem (Figura 18). No tratamento de exploração leve (T1) os estoques comerciais ainda não foram recuperados (p = 0,029).

É possível perceber, por meio do gráfico que os estoques ainda não foram recuperados em nenhum dos tratamentos analisados. Neste caso, deve-se ter muito cuidado para não fazer afirmações que não são verdadeiras, ou seja, pode se estar cometendo um erro do tipo II, que consiste em não rejeitar a hipótese nula H_0 ($\mu 1986 = \mu 2012$) quando esta é falsa ($\mu 1986 \neq \mu 2012$).

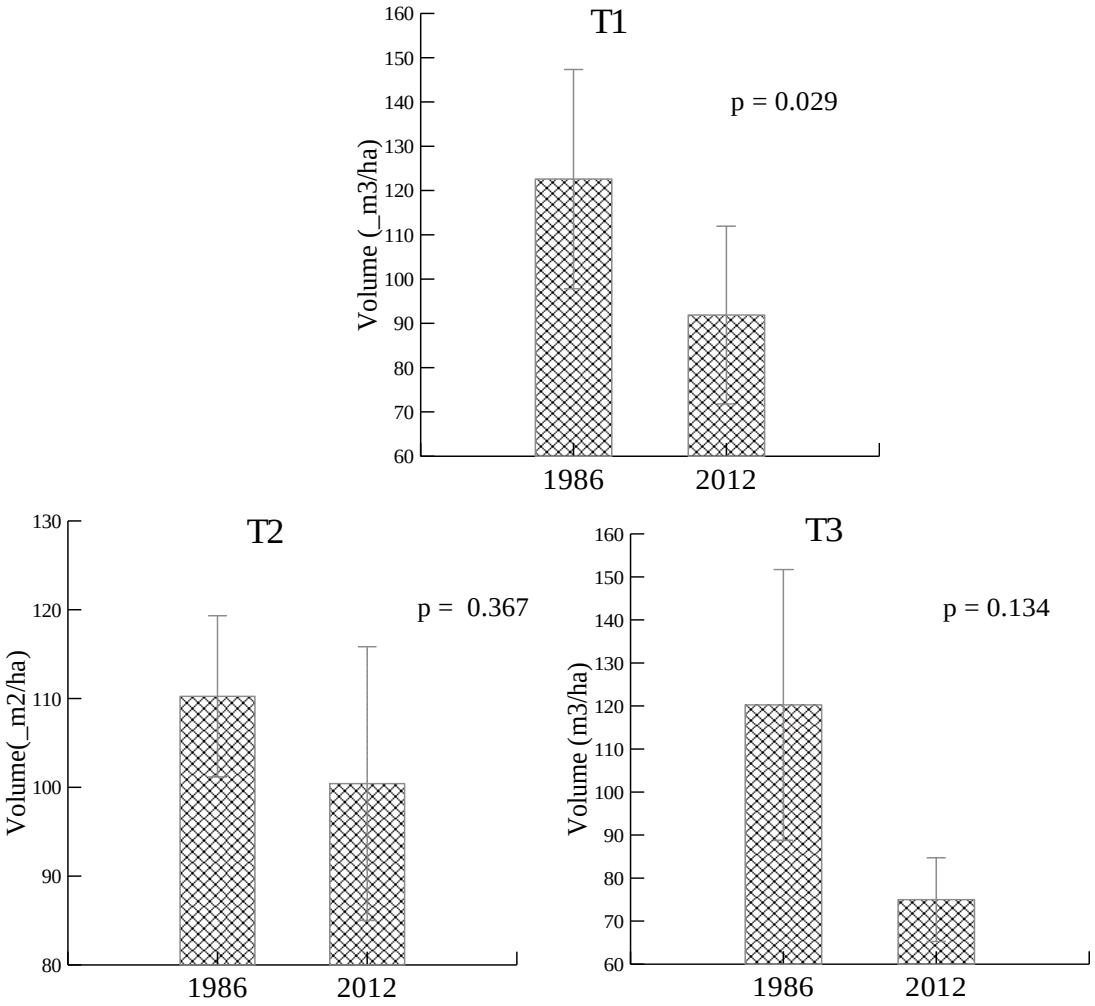


Figura 18. Análise gráfica dos resultados do teste t para variável volume de espécies comerciais estocado no ano de 1986 e 2012.

Vale ressaltar que o volume recuperado não é sinônimo de ciclo de corte, pois se tratam de árvores de todas as classes de diâmetro a partir de 10 cm de DAP e, de acordo com a legislação florestal, apenas árvores com DAP mínimo de 50 cm podem ser exploradas.

6.1.5 – DENSIDADE ARBÓREA PARA TODAS AS ESPÉCIES

Foram encontradas em média o número de árvores por hectare com DAP ≥ 10 cm em T0 cerca de 631 ± 3 arv.ha^{-1}, em T1 606 ± 24 arv.ha^{-1}, T2 584 ± 20 arv.ha^{-1}e em T3599 ± 29 arv.ha^{-1} (IC 95%), sendo que, deste total as espécies comerciais correspondem a 18,52% em T0, 18,31% em T1, 18,28% em T2 e 16,50% em T3.

A densidade média de árvores encontrada por Marra (2010), em áreas não perturbadas da Amazônia central, foi de 584.3ind.ha^{-1} ± 25.9ind.ha^{-1} e somente em áreas de platô a densidade ainda foi maior: 644 ind.ha^{-1}. Lima (2010) estimou a densidade média para o Estado do Amazonas em 591 ind.ha^{-1}.

A Análise de medidas repetidas mostrou que durante o período de 1990 a 2012 a variação do número de árvores entre os tratamentos não foi significante ($p = 0.6200$) ao longo dos anos. No entanto, houve significância em função do tempo ($p < 0.0001$) e também houve interação Tempo*Tratamentos ($p < 0.0001$), ou seja, as diferentes intensidades de corte influenciaram na densidade de árvores de cada tratamento (Tabela 11).

Tabela 11. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para densidade de indivíduos durante o período de 1990 a 2012.

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**
Tratamentos	3	6.66224659E+004	2.22074886E+004	0.62251221	0.62007986
Error	8	2.85391848E+005	3.56739811E+004		

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**	**G-G**	**H-F**
Tempo	21	4.76219943E+005	2.26771402E+004	125.07903369	0.00000000	0.00000000	0.00000000
Tempo*Tratamentos	63	2.19399284E+005	3.48252832E+003	19.20838668	0.00000000	0.00000047	0.00000000
Error	168	3.04588182E+004	181.30248918				

Greenhouse-GeisserEpsilon 0.10647445
Huynh-FeldtEpsilon 0.20514360

Os tratamentos em que houve redução de área basal, a densidade máxima de árvores de cada tratamento ocorreu entre os anos de 2002 a 2004, sendo que, a partir deste momento o número total de árvores começa a diminuir até o último período de estudo (2012) assemelhando-se a uma área não explorada (T0).

Neste mesmo ano (2012) o número de árvores entre os tratamentos variou de 606 indivíduos a 635 e, na testemunha o número de árvores encontradas foi apenas 1,4% menor do que a média encontrada nos demais tratamentos. Estes resultados talvez indiquem que a floresta atingiu sua capacidade máxima de densidade de árvores do povoamento.

Na Figura 19 é possível observar a recuperação da densidade de indivíduos arbóreos, em todos os tratamentos, antes e após a exploração experimental.

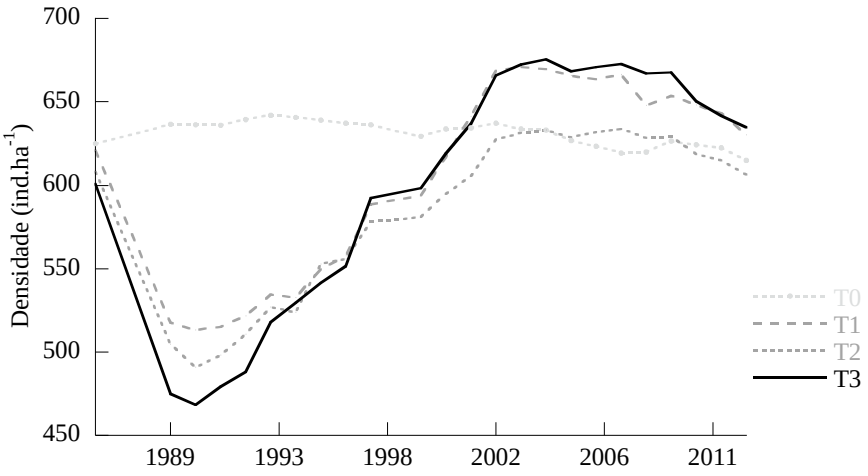


Figura 19. Evolução da densidade arbórea, considerando todas as espécies, 25 anos após a exploração florestal.

Os valores médios de densidade em 2012 foram mais expressivos no tratamento T3 com 635 ind.ha^{-1} ± 1 ind.ha^{-1} (IC = 95%). Este resultado se deve a maior intensidade de exploração neste tratamento onde surgiram maiores clareiras (Pinto, 2008). A abertura do dossel da floresta favorece a entrada de luz e muda as condições de temperatura e umidade do ambiente, que por sua vez tendem a promover o aparecimento e o crescimento de novos indivíduos e/ou espécies, principalmente pioneiras, heliófitas e que apresentam ciclo de vida relativamente curto (Swaine & Whitmore, 1988).

É importante destacar que quantidade, não é um referencial adequado para predizer um próximo ciclo de corte, sendo mais importante verificar a qualidade da floresta e o

comportamento ecológico das espécies, para então inferir sobre o ciclo de corte, principalmente no que diz respeito às espécies de interesse econômico.

Com base neste contexto também foi analisado o progresso de árvores de espécies comerciais a fim de observar a qualidade da floresta no que diz respeito a densidade de indivíduos de espécies comerciais.

6.1.6 – DENSIDADE DE ESPÉCIES COMERCIAIS

A porcentagem de indivíduos de espécies comerciais variou de 16.30% ± 0.50% em T3 a 18.51% ± 0.10% (IC = 95%) em T0. É possível observar na Figura 8 que os tratamentos T1 e T2, praticamente recuperaram, em densidade, as espécies comerciais, porém o tratamento T3, apesar de apresentar as maiores médias considerando todas as espécies, não obteve os mesmos resultados em se tratando de espécies comercias.

De acordo com Pinto (2008) o principal motivo da redução das espécies comerciais pode estar relacionado com os níveis de intensidade de exploração que foram executadas neste tratamento, ou seja, quanto mais intensa é a exploração, maior é a redução em densidade destas espécies.

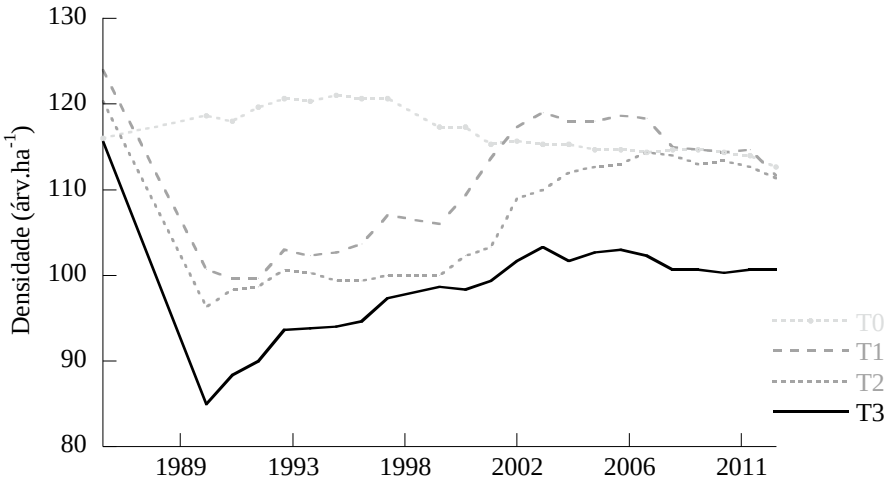


Figura 20. Evolução da densidade de espécies comerciais no período de 1986 a 2012.

É possível observar que na testemunha (T0) o número de indivíduos de espécies comerciais fica estável ao longo do tempo, no entanto, nos demais tratamentos em que houve redução da área basal, há uma variação maior no número destas espécies, que pode estar relacionado com as taxas de recrutamento ao longo dos anos.

Para saber se a variável densidade variou ao longo dos anos foi realizada ANOVA de medidas repetidas (Tabela 7) e os resultados mostraram que houve significância (p = 0,032), ou seja, existe diferença do número de arvores de espécies comerciais ao longo do tempo.

Confirmada as diferenças pela ANOVA, o teste *post hoc* mostrou que o T0 diferiu do tratamentoT3, ou seja, o resultado foi significante ($p < 0.02$, teste Tukey), porém este resultado não foi observado quando comparado apenas com os tratamentos em que houve exploração florestal, ou seja, não foi significante ($p > 0.141$, teste Tukey) com o passar dos anos.

A análise de variância de medidas repetidas confirmou que existe significância ao longo do tempo ($p < 0.001$) como também há fortes sinais de significância ($p < 0.0001$) na interação Tempo*Tratamentos, ou seja a variável densidade é influenciada pelas diferentes intensidades de exploração.

Tabela 12. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para densidade de espécies comerciais ao longo dos anos.

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**
Tratamentos	3	1.26294498E+004	4.20981660E+003	4.86585452	0.03270148
Error	8	6.92140152E+003	865.17518939		

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**	**G-G**	**H-F**
Tempo	21	3.95426989E+003	188.29856602	15.52902784	0.00000000	0.00019249	0.00000124
Tempo*Tratamentos	63	3.98177936E+003	63.20284692	5.21235392	0.00000000	0.00397475	0.00018530
Error	168	2.03709848E+003	12.12558622				

Greenhouse-GeisserEpsilon0.09410186
Huynh-FeldtEpsilon 0.17164809

6.2 – INCREMENTO PERIÓDICO ANUAL EM DIÂMETRO

6.2.1 – INCREMENTO PARA TODAS AS ESPÉCIES

O incremento diamétrico anual, considerando todas as espécies, foi em média de 0,36 ± 0,029 cm.ano^{-1} em T0, 0,51 ± 0,043 cm.ano^{-1} em T1, 0,53 ± 0,045 cm.ano^{-1} em T2 e de 0,61 ± 0,050 cm.ano^{-1} em T3 (IC = 95%). Costa et al. (2008) avaliando a taxa de crescimento em diâmetro e volume de árvores, no período de 1981 - 1997, na Floresta Nacional Tapajós na

Amazônia brasileira, após a exploração de madeira, observou que o crescimento médio em diâmetro de árvores com DAP ≥ 5cm foi de 0,30 cm.ano^{-1}considerando todas as espécies.

Em estudo realizado na região de Paragominas – PA, Silva (1998) constatou que na floresta explorada de forma planejada, o crescimento é quase o dobro daquele observado em área de exploração não planejada (0,63 cm.ano^{-1} e 0,37 cm.ano^{-1}, respectivamente).

Silva *et al.* (2001), ao avaliarem o crescimento em um experimento realizado nas regiões do Tapajós e Jari, verificaram que o crescimento diamétrico em florestas primárias exploradas na região do Tapajós variou de 0,2 a 0,3 cm.ano^{-1} e em florestas não exploradas foi de 0,1 cm.ano^{-1} e na região do Jari, o crescimento médio foi de 0,4 cm.ano^{-1}.

É possível notar, por meio da Figura 21, que os maiores índices de incremento foram obtidos logo após a exploração para todos os tratamentos explorados, sendo estes valores: 0,71 cm.ano^{-1} em 1992 para T1, 0,75 cm.ano^{-1} em 1991 para T2 e no tratamento de maior intervenção (T3), esse índice foi de 0,84 cm.ano^{-1} também em 1992.

Esses valores são explicados pelo favorecimento da abertura do dossel e do rápido crescimento em altura e diâmetro de espécies pioneiras. De acordo com Chazdon (2012), no estágio de inicio de povoamento, logo após um distúrbio, árvores pioneiras colonizam e se estabelecem rapidamente.

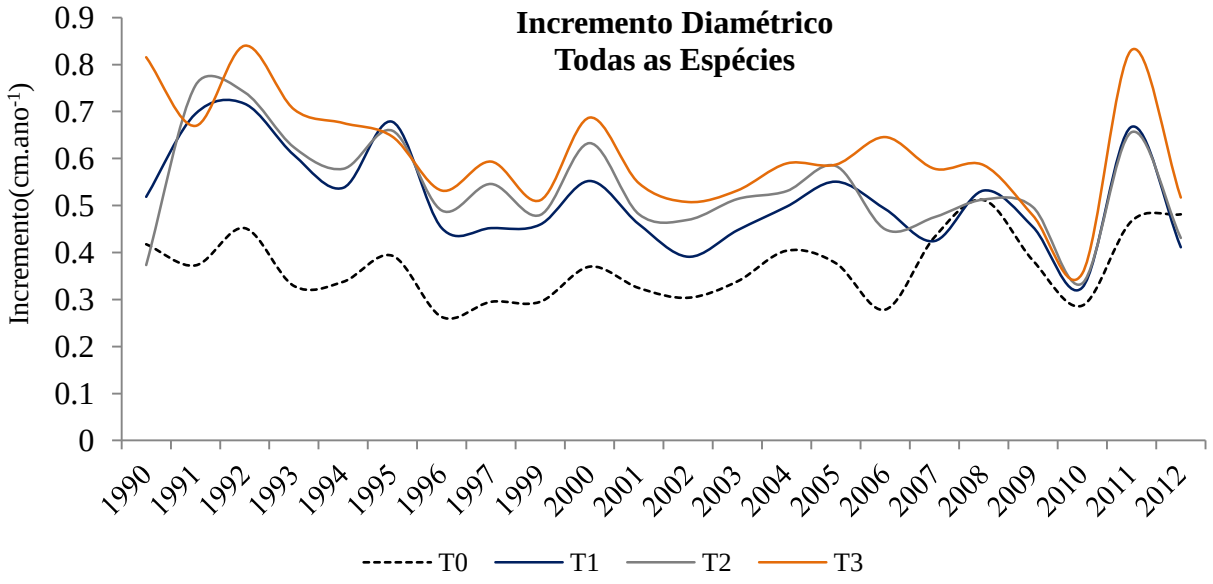


Figura 21. Incremento periódico anual em diâmetro considerando todas as espécies ao longo de 22 anos de observação.

De acordo com Silva (1989) o efeito benéfico da abertura do dossel no desenvolvimento de árvores perdura até quatro anos após a exploração, a partir daí o incremento periódico diminui para todas as espécies. Isso se deve ao fato de que à medida que as árvores crescem o dossel da floresta também se fecha e aumenta o nível competitivo entre as mesmas, ocasionando a redução do crescimento ao longo dos anos.

Nos últimos períodos de análise o incremento periódico anual (IPA) voltou a crescer variando em média 0,66 a 0,87 $cm.ano^{-1}$, este comportamento pode ser explicado pelo aumento da taxa de mortalidade neste mesmo período.

Foram realizadas análises de variância de medida repetidas para verificar se estas variações em incremento periódico anual (IPA) são influenciadas pelos diferentes tratamentos manejados ao longo do período de estudo (Tabela 13). Foi observado que há fortes evidências ($p < 0,001$) que os incrementos em diâmetros variam de forma diferente entre os tratamentos.

O teste de *post hoc* mostrou que o T0 diferiu de todos os outros tratamentos ($p < 0,0001$, teste Tukey) e que o T1 não foi significativo em relação ao T2 ($p = 0,71$, teste Tukey), no entanto o tratamento T3 foi o que apresentou os maiores incrementos ao longo do tempo ($p < 0,03$, teste Tukey).

Tabela 13. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para incremento periódico anual em diâmetro considerando todas as espécies.

Fonte	**SQ**	**GL**	**QM**	**F**	**P**
Tratamentos	2.031445	3	0.677148	48.099286	0.000018
Error	0.112625	8	0.014078		

Fonte	**SQ**	**GL**	**QM**	**F**	**P**	**G-G**	**H-F**
IPA	1.795050	21	0.085479	22.341333	0.000000	0.000000	0.000000
IPA*Tratamentos	0.838204	63	0.013305	3.477449	0.000000	0.000587	0.000000
Error	0.642773	168	0.003826				

Greenhouse-Geisser Epsilon *0.253356*
Huynh-Feldt Epsilon *1.000000*

Com relação ao incremento em função do tempo, foi observado que existem diferenças no incremento periódico anual com o passar do tempo, sendo esta variável influenciada significativamente ($p < 0,0001$) ao passo que existe interação IPA*Tratamentos, apresentando

fortes sinais de significância (p < 0,0001), ou seja, existe efeito do tratamento no incremento diamétrico considerando todas as espécies.

6.2.1.1 – CORRELAÇÃO

Os dados de incremento considerando todas as espécies foram correlacionados com dados de precipitação média (dados da Embrapa Amazônia Ocidental, estação Km 29, AM-010) durante o período de 1990 a 2011. Os resultados das análises de correlações de Pearson mostraram que a variação do incremento diamétrico durante o período de estudo, considerando todas as espécies, não se correlaciona com a precipitação média anual (r > 0,014 e < 0,189 e p > 0,401). A análise gráfica destes resultados é apresentada na Figura 22.

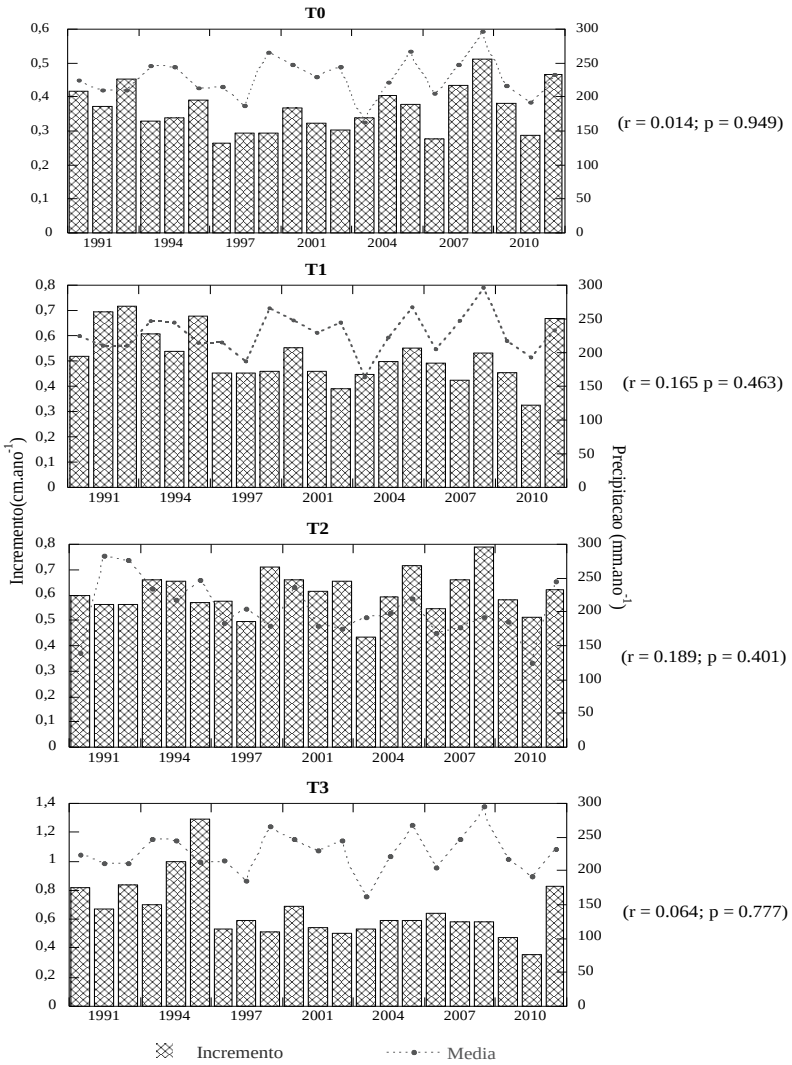


Figura 22. Resultado gráfico das correlações entre o incremento periódico anual e a precipitação média anual durante o período de 1990 a 2012.

6.2.2 – INCREMENTO DIAMÉTRICO DAS ESPECIES COMERCIAIS

Foi verificado, por meio da ANOVA de medidas repetidas, que existe significativa variação do incremento diamétrico das espécies comerciais (IPA) entre os tratamentos ao longo dos anos (p = 0,00017). O Teste de *post hoc* mostrou que o T0 diferiu de todos os outros tratamentos (p < 0,014, teste Tukey) e que apenas o T1 não foi significativo em relação ao T2 (p = 0,726, teste Tukey).

Tabela 14. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para os incrementos diamétricos considerando as espécies comerciais.

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**
Tratamentos	3	0.47653	0.15884	26.30965	0.00017
Error	8	0.04830	0.00604		

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**	**G-G**	**H-F**
IPA	21	0.88709	0.04224	22.46972	0.00000	0.00000	0.00000
IPA*Trata	63	0.45299	0.00719	3.82474	0.00000	0.00072	0.00000
Error	168	0.31583	0.00188				

Greenhouse-GeisserEpsilon 0.20970

Huynh-FeldtEpsilon 0.67327

O resultado da ANOVA de medidas repetidas mostrou que existem diferenças significativas dos incrementos (IPA) das espécies comerciais, ao longo do tempo (p < 0.001), provando que há variações nos incrementos com o passar dos anos. Foi observado também que há interações entre IPA*Tratamentos (p = 0.00072), indicando que as médias dos incrementos das espécies comerciais são influenciadas pelas diferentes intensidades de corte. Na Figura 23 é apresentada a evolução do incremento periódico anual das espécies comerciais no período de 1990 a 2012.

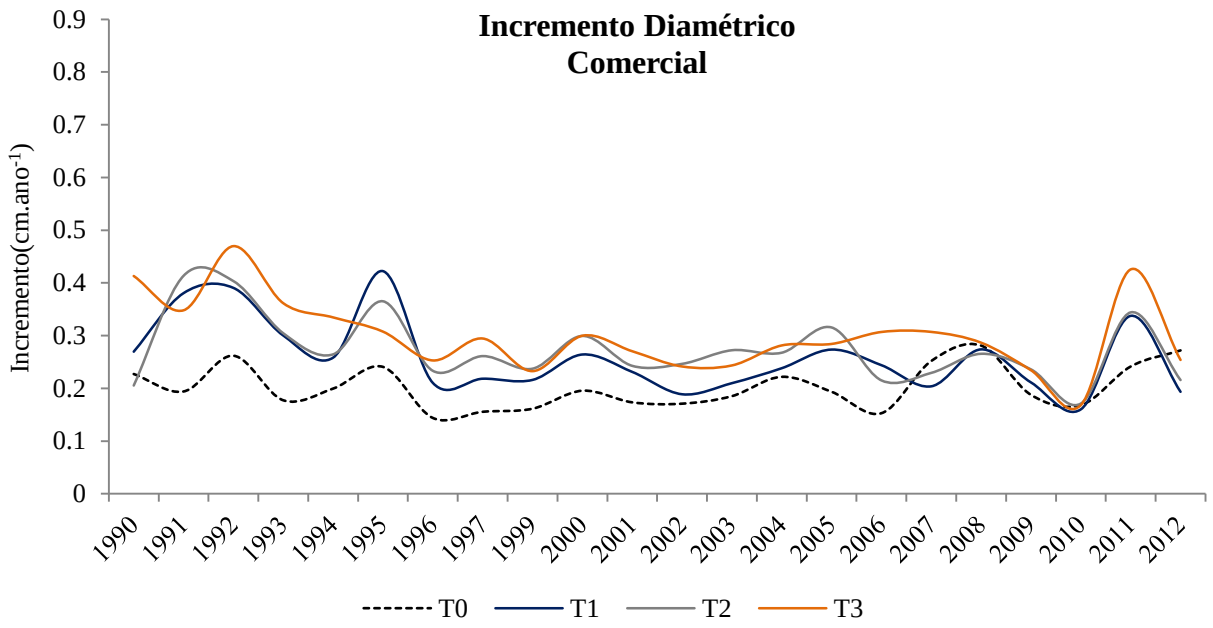


Figura 23. Incremento diamétrico de espécies comerciais ao longo de 22 anos de monitoramento.

Os maiores incrementos diamétricos são observados nos primeiros anos de monitoramento, logo após a exploração, isso para os tratamentos em que houve a redução em área basal. Este comportamento é em função da maior abertura do dossel da floresta o que facilita a entrada de luz no ambiente e também diminui a competição por nutrientes, favorecendo assim o crescimento das árvores remanescentes.

Os maiores picos de incremento periódico ocorreram em 1995 no tratamento T1 com 0.42 cm.ano^{-1}, 0.41 cm.ano^{-1} em T2 e 0.47 cm.ano^{-1} em T3. Na testemunha o incremento máximo ocorreu em 2008 com 0.28 cm.ano^{-1}.

O tratamento em que foi realizada exploração pesada, com a redução de 75% da área basal (T3), foi o que apresentou os maiores incrementos em diâmetro. No entanto, Azevedo (2006) avaliando a dinâmica da vegetação submetida a três intensidades de exploração, combinadas com quatro níveis de redução de área basal, por anelamento, concluiu que o tratamento em que sofreu maior nível de interferência não foi o que apresentou a maior taxa de incremento periódico anual em diâmetro.

Silva et al. (2001) verificaram que o crescimento das árvores remanescentes de área de exploração, considerando todas as espécies, variou em média de 0,20 cm.ano^{-1} a 0.30 cm.ano^{-1}. Costa et al. (2008) avaliando o crescimento apenas de espécies comerciais na Floresta Nacional

do Tapajós no período de 1981 a 1997 verificara que o crescimento periódico em diâmetro foi de 0.35 cm.ano^{-1} considerando espécies com DAP ≥ 5 cm.

No presente estudo o incremento (IPA) das espécies comerciais foi de: 0,26 ± 0,03 cm.ano^{-1}, 0,27 ± 0,03 cm.ano^{-1} e 0,30 ± 0,04 cm.ano^{-1} (IC 95%), respectivamente para T1, T2 e T3. No tratamento testemunha (T0) esse incremento foi de 0.20 ± 0.02 cm.ano^{-1} (IC = 95%) no período analisado.

Também é importante observar na Figura 10, que o menor incremento médio ocorreu em 2010 em todos os tratamentos em que houve exploração florestal (0.16 cm.ano^{-1} em T1, 0.17 cm.ano^{-1} em T2 e 0.17 cm.ano^{-1} em T3). Neste mesmo ano, ocorreu a maior seca já registrada no estado do Amazonas desde 1953. No entanto, estes resultados diferem dos estudos de Laurance et al., (2009) em que observaram que o crescimento das árvores foram maiores durante os períodos de seca.

De acordo com Higuchi et al., (2011) o incremento em diâmetro apresenta correlação positiva (r = 0,73) e altamente significativa (p = 0.0007) com a água da chuva e, em julho de 2009 um El Niño fora de época formou-se no pacífico em que teve o pico em outubro do mesmo ano e se estendeu até julho de 2010 (NOAA,20011), dessa forma pode-se dizer que a floresta em estudo pode ter sido afetada por este fenômeno ocorrido em 2009.

6.2.2.2 – CORRELAÇÃO

As médias de incremento corrente anual das espécies comerciais também foram correlacionadas com a precipitação média anual (dados da Embrapa Amazônia Ocidental, estação Km 29, AM-010) de acordo com a correlação de Pearson durante o período de 1990 a 2012. O resultado do teste também mostrou que não existe correlação (r < 0.344 e > 0.011; p > 0.127), ou seja, o incremento das espécies comercias não variam de acordo com a precipitação média anual.

6.2.3 – INCREMENTO POR CLASSE DE DIÂMETRO DE ESPÉCIES COMERCIAIS.

Também foi importante avaliar o padrão de comportamento do incremento diamétrico destas espécies, de acordo com o porte da árvore ou classe de diâmetro. Neste estudo as árvores foram distribuídas em 3 classes de acordo com o diâmetro: 10 a 30 centímetros de DAP que foi classificada como *regeneração*, 30 a 50 centímetros de DAP classificada como *estoque* e DAP igual ou maior que 50 centímetros que recebeu classificação de *corte*.

A fim de verificar o comportamento do crescimento diamétrico, de acordo com as classes estabelecidas em área não explorada (T0), foi realizada a ANOVA univariada entre estas classes e verificou-se que existem diferenças significativas ($p < 0,0001$) do crescimento das espécies comerciais de acordo com a classe de diâmetro com o passar dos anos.

O Teste de *post hoc* indicou que todas as classes da testemunha, apesar de aparentemente apresentar um comportamento padronizado de incremento entre as mesmas, são estatisticamente diferentes ($p < 0,001$). Entretanto, ao levar em consideração a correção do F (von Ende, 1993), foi observado que os sinais não são fortes para afirmar que as médias dos incrementos em diâmetro sejam não significativas ($p = 0,066$). No entanto, os sinais são evidentes de que não existe interação IPA*Classes ($p = 0,611$) de DAP para a testemunha (T0), ou seja, em uma floresta não perturbada o incremento em diâmetro segue padrões de incremento de acordo com o tamanho da árvore ou classe de diâmetro.

Tabela 15. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para incremento em três diferentes classes de diâmetro no T0.

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**
Classes	2	1.98973392	0.99486696	255.23330430	0.00000157
Error	6	0.02338724	0.00389787		

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**	**G-G**	**H-F**
IPA	21	1.06341029	0.0506386	3.059595	0.0000570	0.0659691	0.0150971
IPA*Classes	42	0.51089639	0.0121642	0.734964	0.8736412	0.6113563	0.7115517
Error	126	2.08539393	0.0165507				

Greenhouse-GeisserEpsilon *0.12217686**
Huynh-FeldtEpsilon *0.29244904*

A Figura 24 mostra como as árvores nas classes diamétricas superiores apresentam os maiores incrementos diamétricos no tratamento em que não sofreu intervenção (T0), porém esta variação é não significativa com o passar dos anos como já foi mencionado.

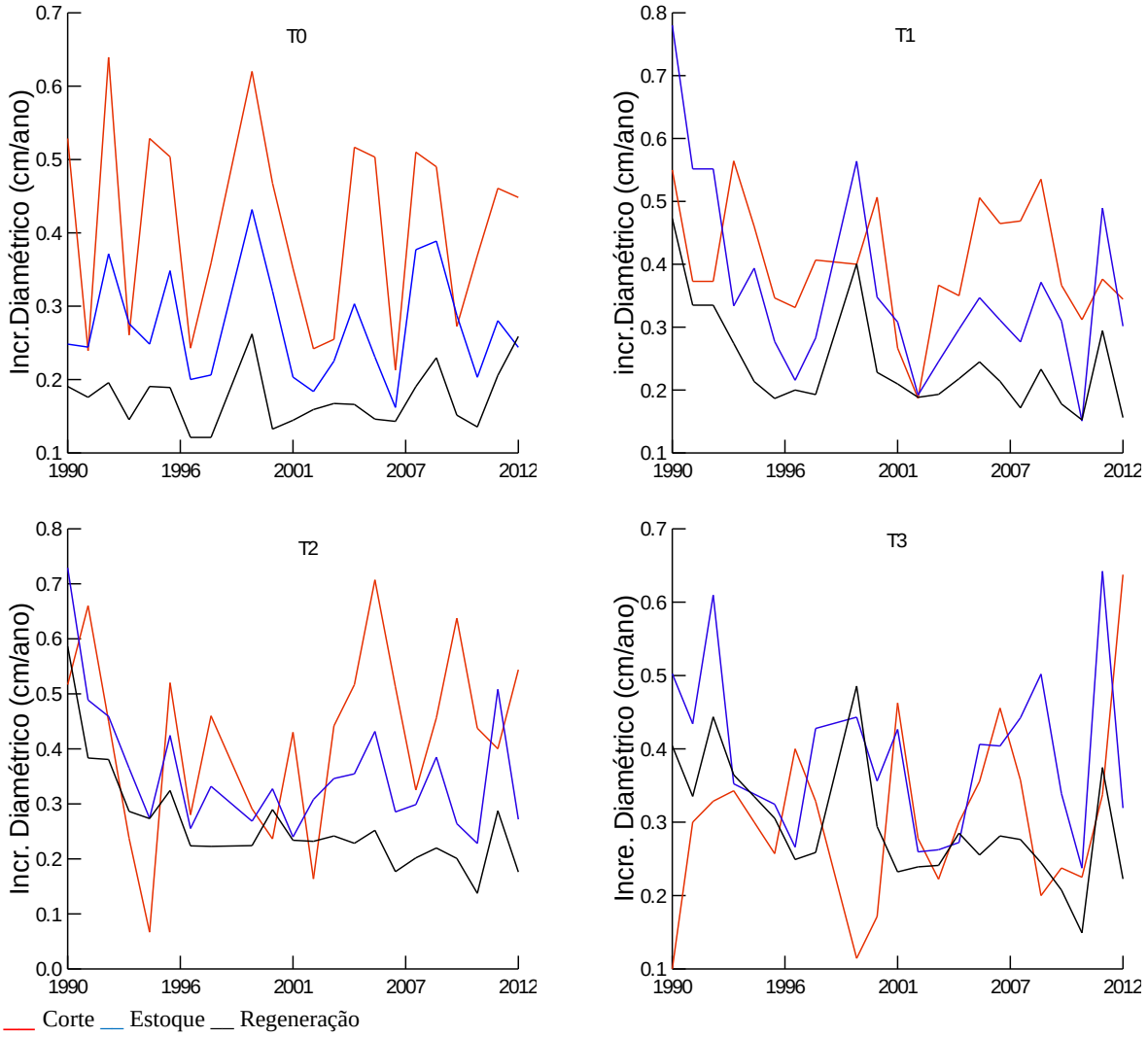


Figura 24. Dinâmica do incremento diamétrico nos tratamentos analisados no período de 1990 a 2012, de acordo com a classe de diâmetro.

O crescimento diamétrico das árvores de pequeno porte, classificadas como regeneração, apresenta o crescimento diamétrico de forma lenta e este incremento cresce na medida em que se aumenta o DAP. Este comportamento pode ser explicado pela posição em que as árvores de menor porte estão localizadas, normalmente se encontram no sub-bosque onde não tem melhores condições de iluminação o que impede o seu desenvolvimento ser mais acelerado.

Silva (2001) afirmou que existe diferença no crescimento entre as classes diamétricas, tendo verificado que árvores de maior porte diamétrico apresentam maiores taxas de crescimento. Este maior crescimento é atribuído pelo fato de serem árvores, na sua maioria, de dossel com maior oferta de luz e consequentemente maior taxa fotossintética e maior produção (Hubell et al., 1999).

Swaine et al. (1987) ao realizarem uma revisão sobre dinâmica em florestas tropicais, comenta que as árvores nas maiores classes diamétricas geralmente tem grandes copas que se encontram livres de competição. Isso possibilita melhores condições de iluminação, favorecendo o seu crescimento bem como possibilita maior produtividade.

Oliveira (1995), analisando o crescimento arbóreo em floresta secundária, também observou esta diferença no crescimento de acordo com o tamanho dos indivíduos e concluiu que árvores com maiores DAP's crescem mais do que árvores de menores DAP's. Estudos de Costa et al., (2008) também observaram o maior crescimento de espécies comerciais de acordo com o grau de iluminação de copa e, concluíram que o crescimento médio em diâmetro foi 57% superior as árvores parcialmente sombreadas e 80% maior do que árvores consideradas totalmente sombreadas.

O mesmo comportamento pode ser observado neste estudo, às árvores com maiores DAP's cresceram mais do que as árvores de menores DAP's. Em média as árvores classificadas como corte, ou seja, árvores cujo DAP é maior ou igual a 50 cm, cresceram 34% a mais do que as classificadas como estoque e 57% a mais quando comparadas com as árvores classificadas como regeneração, isso para o tratamento testemunha (T0).

Porém ao analisar os incrementos diamétricos, apenas nos tratamentos em que houve redução da área basal, observa-se que este comportamento muda ao longo dos anos, como é mostrado na ANOVA de medidas repetidas (Tabela 16).

Tabela 16. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para incremento em diâmetro de acordo com a classe de diâmetro.

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**
Tratamentos	2	0.35071412	0.17535706	1.44364166	0.26212891
Classes	2	1.14770941	0.57385471	4.72430683	0.02242688
Tratamentos*Classes	4	1.88511276	0.47127819	3.87983710	0.01918794
Error	18	2.18643392	0.12146855		

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**	**G-G**	**H-F**
IPA	21	2.98539	0.14217	5.49250	0.000000	0.000442	0.0000031
IPA*Tratamentos	42	1.39097	0.03312	1.27955	0.121693	0.263491	0.2142281
IPA*Classes	42	1.58214	0.03767	1.45541	0.038109	0.182754	0.1204447
IPA*Tratamentos*Classes	84	1.60707	0.01914	0.73917	0.953160	0.755170	0.8459675
Error	378	9.78370	0.02589				

Greenhouse-GeisserEpsilon 0.20494714

Huynh-FeldtEpsilon *0.39707148*

Considerando a análise de variância (ANOVA) univariada, os resultados iniciais observados de incremento diamétrico médio anual indicam que não existem diferenças significativas entre os tratamentos ($p = 0.2621$), porém existem diferenças entre às classes de diâmetro ($p = 0.0224$), ou seja é muito improvável que as médias de cada classe sejam iguais. Os resultados mostraram ainda que há interação Tratamentos*Classes ($p = 0.0191$) em função do tempo.

A análise de variância de medidas repetidas mostrou que existe diferença significativa, considerando um valor de $p > 0.05$, do IPA com o passar dos anos ($p < 0.001$). No entanto, observa-se que há interação IPA*Tratamentos ($p = 0.263$), IPA*classes ($p = 0.182$) e IPA*Tratamentos*Classes ($p = 0.755$), ou seja, os incrementos diamétricos de acordo com a classe são influenciados pelas diferentes intensidades de corte.

É possível notar na Figura 18 que na medida em que foi mais intensa a exploração, o comportamento antes observado na testemunha (T0), muda para as árvores que estavam classificadas na classe corte (≥ 50 cm de DAP) e estas passam a apresentarem um incremento menor em alguns períodos analisados. Esse comportamento é mais expressivo no tratamento em que houve maior redução da área basal (T3). Isso acontece devido a maior abertura do dossel na floresta residual, facilitando a entrada de luz, diminuindo a competição entre as espécies e estimulando o crescimento das árvores remanescentes de menor diâmetro.

Neste caso o incremento médio em diâmetro na classe estoque (30 < 50) no tratamento T3 foi de 0.39 $cm.ano^{-1}$ ± 0.05$cm.ano^{-1}$ e na classe corte (≥ 50) foi de 0.31 $cm.ano^{-1}$± 0.05$cm.ano^{-1}$. Para o tratamento de menor redução de área basal (T1) o incremento médio foi de 0.36 $cm.ano^{-1}$ ± 0.06 $cm.ano^{-1}$para a classe estoque e 0.40 $cm.ano^{-1}$ ± 0.04 $cm.ano^{-1}$ para a classe corte.

Analisando separadamente cada classe de diâmetro estabelecida de cada tratamento, foi observado que as evidências não são fortes para afirmar que não existe variação significativa do incremento diamétrico da classe “corte” entre os tratamentos ($p = 0.080$). De acordo com a Anova de medidas repetidas em função do tempo, os resultados mostram que o incremento da classe superior não diferem de acordo com o tratamento ($p = 0,54$), nem tão pouco existe interação entre IPA*Tratamentos ($p = 0.496$) considerando apenas a classe “Corte”.

Tabela 17. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para o incremento periódico anual da classe “corte” de todos os tratamentos em função do tempo.

Fonte	GL	SQ	QM	F	P
Tratamentos	3	2.37346814	0.79115605	3.25965297	0.08058443
Error	8	1.94169392	0.24271174		

Fonte	GL	SQ	QM	F	P	G-G	H-F
IPA	21	1.03710916	0.04938615	0.81124771	0.70338047	0.54040651	0.66751061
IPA*Tratamentos	63	3.73356338	0.05926291	0.97348954	0.53836901	0.49647598	0.52918180
Error	168	10.22729947	0.06087678				

Greenhouse-GeisserEpsilon *0.21847410*
Huynh-FeldtEpsilon *0.74045093*

Percebe-se que apenas o tratamento T3 na classe ≥ 50 cm de DAP é que não obteve média semelhante aos demais tratamentos, levando a concluir que a exploração mais intensa, não necessariamente estimulou o crescimento das árvores superiores, mas estimulou o maior crescimento arbóreo das classes inferiores (Figura 25).

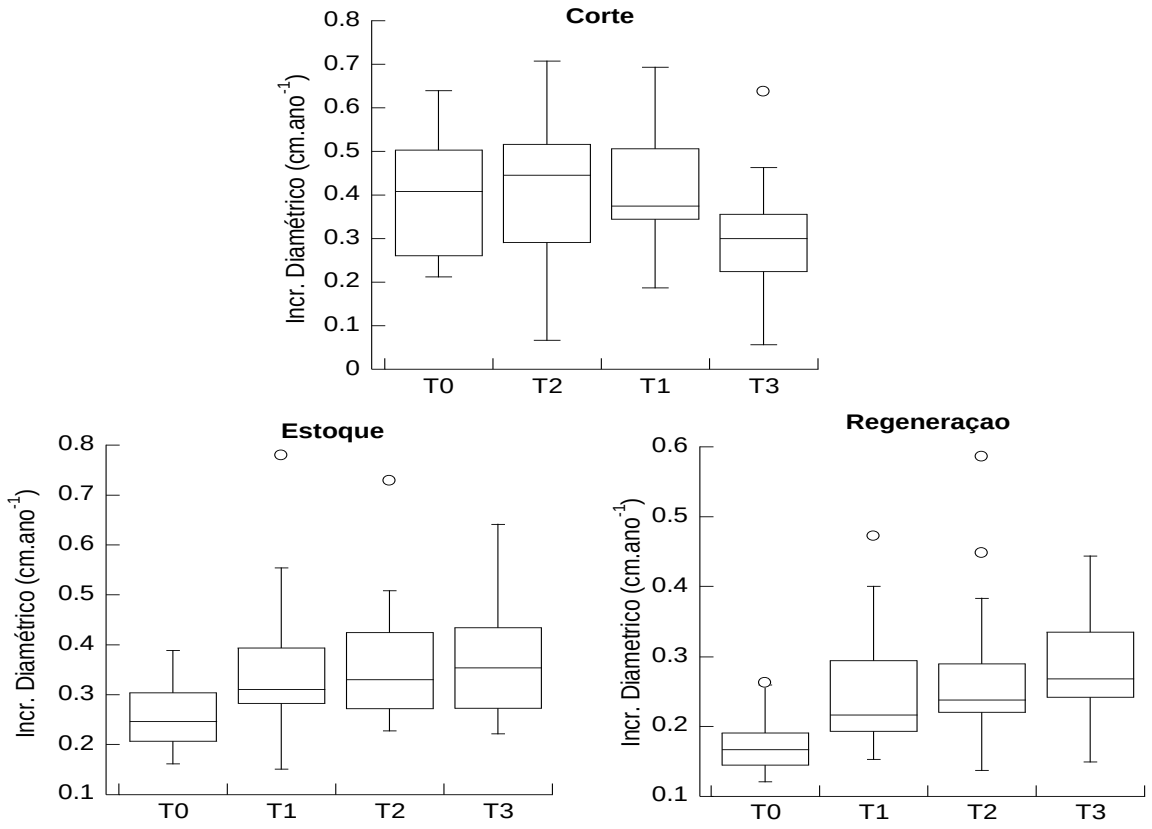


Figura 25. Incremento diamétrico de todos os tratamentos de acordo com a classe de diâmetro.

Ao analisar a classe “Estoque” foi verificado, por meio da anova de medidas repetidas, que entre tratamentos existem diferenças significativas (p =0,020) do incremento com o passar dos anos. Ao passo que dentro dos tratamentos a classe “Estoque” apresentou fortes sinais de significância (p < 0,0001) e que também há interação Classe*Tratamento (p = 0,017) em função do tempo.

O teste *post hoc* indicou que o T0 foi significativo apenas em relação ao T3 (p = 0.018, teste Tuckey), porém não houve fortes evidências (p = 0.051) de que estes mesmos incrementos sejam não significativos em relação ao T2.

Tabela 18. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para incremento diamétrico na classe “Estoque” entre tratamentos ao longo do tempo.

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**
Tratamentos	3	0.45619848	0.15206616	5.83365452	0.02061757
Error	8	0.20853640	0.02606705		

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**	**G-G**	**H-F**
IPA	21	1.93749125	0.09226149	11.46433450	0.00000000	0.00000035	0.00000000
IPA*Tratamento	63	1.15233126	0.01829097	2.27282077	0.00001606	0.01711587	0.00001606
Error	168	1.35201306	0.00804770				

Greenhouse-GeisserEpsilon *0.25137867*
Huynh-FeldtEpsilon *1.00000000*

O mesmo comportamento foi observado na classe “Regeneração”, ou seja, os incrementos diamétricos entre os tratamentos apresentaram fortes sinais de significância (p < 0.001) ao longo dos anos. De acordo como a análise de medidas repetidas mostrou que os sinais são evidentes que há significância (p < 0.0001) dos IPA’s, com o passar do tempo, assim como há interação Incremento*Tratamentos (p = 0.0002), ou seja, há efeito das diferentes intensidades de corte dos tratamentos ao longo dos anos na classe regeneração (Tabela 19).

Tabela 19. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para incremento diamétrico na classe "Regeneração" entre tratamentos ao longo do tempo.

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**
Tratamentos	3	0.44293286	0.14764429	19.82107193	0.00046294
Error	8	0.05959084	0.00744885		

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**	**G-G**	**H-F**
IPA	21	0.85947837	0.04092754	23.72740909	0.00000000	0.00000000	0.00000000
IPA*Tratamentos	63	0.41989052	0.00666493	3.86393826	0.00000000	0.00022957	0.00000000
Error	168	0.28978415	0.00172491				

Greenhouse-GeisserEpsilon 0.25038209
Huynh-FeldtEpsilon 1.00000000

6.3 – INCREMENTO VOLUMÉTRICO PARA TODAS AS ESPÉCIES

O incremento volumétrico, considerando todas as espécies, foram mais expressivos nos tratamentos em que houve redução de área basal, ficando em média de 3,77 ± 1,85 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ em T1, 4,14 ± 1,90 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ em T2 e 4,18 ± 1,86 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$em T3 (IC = 95%). Estes incrementos proporcionaram um crescimento em volume de 82,14 $m^3.ha^{-1}$, 101.36 $m^3.ha^{-1}$ e 94,23 $m^3.ha^{-1}$ respectivamente para T1, T2 e T3. Na parcela testemunha o incremento volumétrico foi de 2,16 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ ± 0,97$m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ o que corresponde com um crescimento em volume de 43,72 $m^3.ha^{-1}$. ano^{-1}.

Apesar da floresta, submetida a manejo florestal, não recuperar o volume original de 1986 (antes da exploração), os resultados mostram que esta variável vem respondendo de forma positiva indicando que está acumulando biomassa vegetal.

Lima (2010) em estudo realizado na mesma área também observou as maiores médias de incremento nos tratamentos que houve intervenção e atribui este comportamento devido a vários fatores intrínsecos e extrínsecos que afetam o crescimento de árvores individuais e que são refletidos na grande variação de incrementos encontrados em florestas tropicais.

O resultado da Anova de medidas repetidas mostrou que existem diferenças significativas ($p = 0.035$) no incremento volumétrico entre os tratamentos ao longo dos anos. Analisando a subdivisão das parcelas repetidas de acordo com o passar do tempo, verifica-se que o incremento volumétrico apresentou fortes sinais de significância ($p < 0.001$), ao passo que não foi observada interação IPA*Tratamentos ($p = 0.336$) indicando que não há efeito dos diferentes tratamentos no incremento volumétrico, considerando todas as espécies (Tabela 20).

Tabela 20. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para incremento volumétrico anual (IPA) durante o período 1990 a 2012.

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**
Tratamentos	3	179.38087248	59.79362416	4.72999416	0.03504183
Error	8	101.13099019	12.64137377		

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**	**G-G**	**H-F**
IPA	21	2.51506891E+003	119.76518629	5.44413255	0.00000000	0.00046672	0.00000000
IPA*Tratamentos	63	1.60755604E+003	25.51676258	1.15990833	0.22729724	0.33680306	0.22729724
Error	168	3.69582319E+003	21.99894754				

Greenhouse-GeisserEpsilon 0.25349762
Huynh-FeldtEpsilon 1.00000000

6.3.1 – INCREMENTO VOLUMÉTRICO DAS ESPÉCIES COMERCIAIS

O incremento periódico anual volumétrico (IPA) das espécies comerciais, indicam que o tratamento de intensidade média (T2), obteve as maiores médias de incremento com 1,11± 0,34 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$. Nos demais tratamentos o incremento médio em volume foi de 0.68 ± 0.45 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ no T1 e 0,72 ± 0,43 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ no T3 (IC = 95%). Na testemunha o incremento médio volumétrico foi de 0,67 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$± 0,36 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ (IC = 95%). No entanto, os maiores picos de incremento encontrados de cada tratamento foram 1,99 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ no tratamento de leve intensidade, 2.26 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ no tratamento de intensidade média e 2,07 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ no tratamento de intensidade pesada (figura 26).

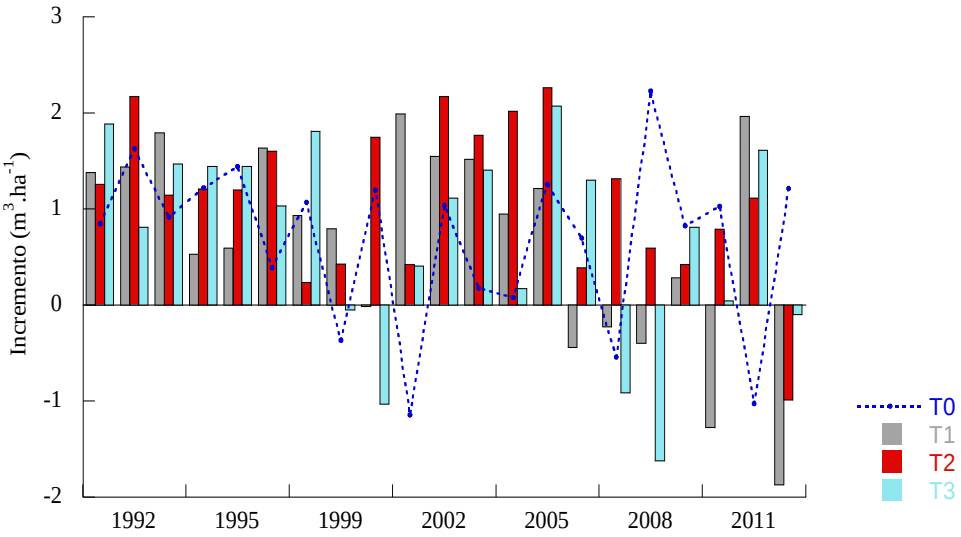


Figura 26. Incremento volumétrico anual das espécies comerciais durante o período de 1990 a 2012.

As taxas negativas de incremento volumétrico de espécies comerciais, apareceram com mais frequência a partir do 17^0 ano após a exploração. Este resultado pode estar relacionado com o aumento na taxa de mortalidade geral das árvores, ou seja, espécies comerciais e não comerciais.

Para exemplificar melhor os resultados das variações dos incrementos em volume de espécies comerciais foi realizada, de acordo com von Ende (1993), a análise de variância com medidas repetidas com o passar do tempo, cujo os resultados são apresentados na tabela 21.

Tabela 21. Resultado da análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para incremento volumétrico de espécies comerciais.

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**
Tratamentos	3	8.26253464	2.75417821	1.75709606	0.23282872
Error	8	12.53968193	1.56746024		

Fonte	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**	**P**	**G-G**	**H-F**
IPA	20	81.54368423	4.07718421	1.68171191	0.04122560	0.14796184	0.04122560
IPA*Tratamentos	60	134.45555856	2.24092598	0.92431239	0.63005715	0.55405742	0.63005715
Error	160	387.90798289	2.42442489				

Greenhouse-GeisserEpsilon 0.29311577
Huynh-FeldtEpsilon 1.00000000

De acordo com os resultados da análise, observou-se que não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos (p = 0.232). Também não foram encontradas diferenças significativas do incremento volumétrico em função do tempo (p = 0.147) nem tão pouco houve interação IPA*Tratamentos (p = 0.554), ou seja, a variação das médias dos incrementos volumétricos não foi afetada pelas diferentes intensidades de cortes.

7 – ESTIMATIVA DO CICLO DE CORTE

1 - A estimativa do ciclo de corte, com base na produtividade anual da floresta manejada para grupo de espécies comerciais, quando não houverem estudos desta natureza estabelecido na Resolução N° 406, de 2 de Fevereiro de 2009 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que é de 86 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ foi de: 39,5 anos para a exploração menos intensa (T1) à 78 anos para a exploração mais intensa (T3) (Quadro 1).

Quadro1. Estimativas do Ciclo de Corte para Espécies Comerciais de acordo com a Resolução N° 406 do CONAMA 2009.

	Tratamento	Volume retirado	Incremento ($m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$)	Ciclo de Corte (anos)
Resolução 406/2009	**T1**	34	0,86	39,5
	T2	49		57
	T3	67		78

2 - Com base no volume retirado de cada tratamento e em função do incremento periódico anual das espécies comerciais de cada tratamento com DAP ≥ 30 cm obtidas neste estudo, a estimativa de um segundo ciclo de corte em uma visão mais otimista foi de: 49 anos para o tratamento em que houve intensidade de exploração leve (T1), 66 anos para o tratamento de intensidade média (T2) e 171 anos para o tratamento de recebeu uma intensidade de corte pesada (T3); e em uma visão mais pessimista sobre o ciclo de corte os resultados obtidos foram: 79 anos, 86 anos e 474 anos, respectivamente para T1 T2 e T3 (Quadro 2).

Quadro 2. Estimativas do Ciclo de Corte para Espécies Comerciais com base no volume retirado de cada tratamento e em função do incremento médio em volume das espécies comercias listadas remanescentes de cada tratamento.

Tratamento	Incremento (m3.ha-1.ano-1)	Ciclo de Corte (anos)		
		Média	**Mínimo**	**Máximo**
T1	0,56 ± 0,13	60,6	49	79
T2	0,66 ± 0,09	75	66	86
T3	0,27 ± 0,12	252	171	474

3 - Com base nos estoques volumétricos atuais em função do incremento médio volumétrico das espécies comercias listadas remanescentes com DAP ≥ 30 cm de cada tratamento a estimativa do ciclo de corte em uma visão otimista foi de: 60 anos em T1, 38 anos em T2 e 120 anos em T3 e; em uma visão mais pessimista sobre o ciclo de corte, os resultados obtidos foram: 82 anos para o tratamento leve (T1), 43 anos para o tratamento médio (T2) e de 276 anos para o tratamento de intensidade pesada (T3) (Quadro 3).

Quadro 3. Estimativa do Ciclo de Corte para Espécies Comerciais Remanescentes com base nos estoques volumétricos atuais e em função do incremento médio em volume das espécies comercias listadas remanescentes de cada tratamento.

Tratamento	Incremento ($m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$)	Ciclo de Corte (anos)		
		Média	**Mínimo**	**Máximo**
T1	0,56 ± 0,13	68	60	82
T2	0,66 ± 0,09	40	38	43
T3	0,27 ± 0,12	164	120	276

É possível observar por meio da figura 27 que os estoques atuais em volume das espécies comerciais listadas com DAP maior que 50 cm (DAP mínimo estabelecido pela legislação para corte) ainda não foram recuperados, o que corrobora com os resultados obtidos neste estudo no que diz respeito ao ciclo de corte, ou seja, os estoques volumétricos das espécies comerciais

listadas remanescentes com DAP ≥ 50 ainda não foram recuperados, o que acaba refletindo em ciclos de corte superiores aos estabelecidos pela legislação florestal que é de 25 a 35 anos.

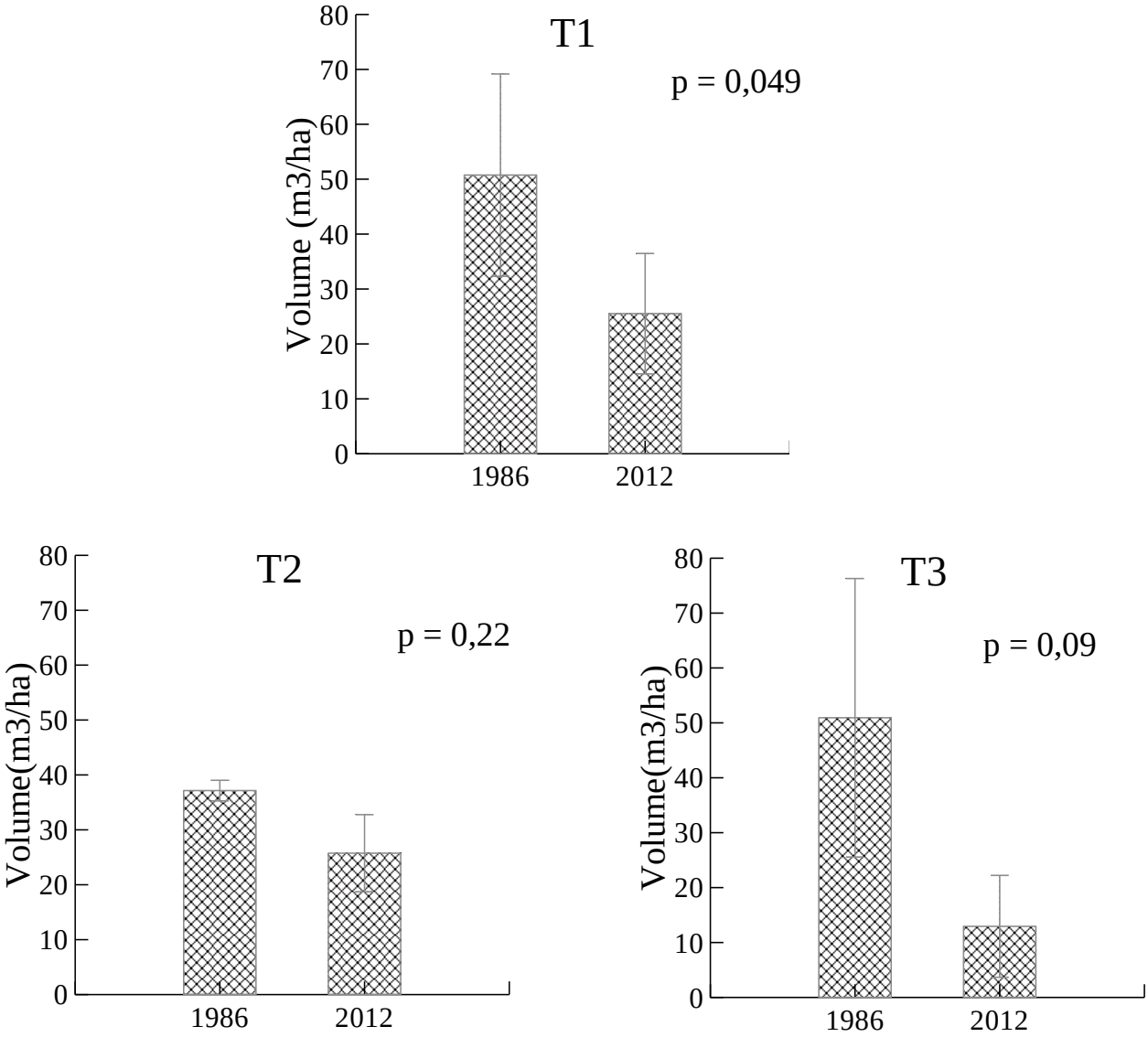


Figura 27. Estoques volumétricos das Espécies Comerciais Listadas com DAP ≥ 50 antes da exploração florestal (1986) e depois da exploração florestal (2012).

7 – CONCLUSÕES

Após 25 anos da exploração, foi observado que floresta residual, ao considerar todas as espécies, vem respondendo de forma positiva aos diferentes tratamentos, mostrando que os serviços ambientais, praticamente são recuperados.

Em se tratando apenas das espécies comerciais, foi observado que a floresta, submetida a diferentes intensidades de exploração, ainda não recuperou o que foi retirado em 1987 sendo influenciadas pelas diferentes intensidades de corte.

O tratamento que apresentou melhores resultados, em termos de recuperação das variáveis analisadas, foi o tratamento de exploração média (T2)

De acordo com a Instrução Normativa 05 de 2006 (IN 05/06), que considera um ciclo de corte, quanto à intensidade de exploração na categoria pleno (PMFS - Empresarial), de no mínimo 25 e no máximo de 35 anos e, conforme os resultados obtidos nesta pesquisa de todas as simulações testadas, é possível dizer que: as estimativas do ciclo de corte, baseada no volume das espécies comerciais listadas, foi muito superior ao estabelecido pela legislação florestal, ou seja, o tempo recomendado pela IN 05 é insuficiente.

Espera-se que os resultados deste estudo possam contribuir, para o melhor entendimento da dinâmica florestal, principalmente no que se diz respeito à floresta remanescente submetida a manejo e assim contribuir com informações importantes para o desenvolvimento de políticas de conservação das florestas e, principalmente das espécies que são alvo de exploração madeireira.

9 – REFERÊNCIAS

Azevedo, C.P. de. 2006. *Dinâmica de Florestas Submetidas ao Manejo na Amazônia Oriental: Experimentação e Simulação.* Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Paraná, Curitiba. 254 pp.

Azevedo, C.P.; Sanquetta, C.R.; Silva, J.N.M.; Carvalho, J.O.P. de; Lopes, J. do C.A.; Souza, C.R. de 2006. Efeito de diferentes níveis de exploração e tratamentos silviculturais sobre a dinâmica do povoamento florestal remanescente. *In: Seminário Dinâmica de Florestas*. Belém. Artigo PDF. 48 p.

Azevedo, C.P. de.;Sanquetta, C.R.; Silva, J.N.M.; Machado, S.A. 2008. Efeito de diferentes níveis de exploração e de tratamentos silviculturais sobre a dinâmica da floresta remanescente.*FLORESTA*, Curitiba, PR, 38(2): 277 - 293.

Azevedo, C.P. de.;Sanquetta, C.R.; Silva, J.N.M.; Machado, S.A.; Souza, C.R.; Oliveira, M.M. de. 2008. Simulação de estratégias de manejo florestal na Amazônia com o uso do modelo SYMFOR.*Acta Amazônica*, 38(1): 51 – 70.

Barreto, P.; Amaral, P.; Vidal, E.;Uhl, C. 1998. Costs and benefits of Forest management for timber production in eastern Amazonia.*Forest Ecology Management*, 108: 9-26.

Batista, J.L.F. 1989. *A Função Weibull como Modelo para Distribuição de Diâmetros de Espécies Arbóreas Tropicais.* Dissertação de Mestrado. ESALQ/USP. Piracicaba – SP. 116 pp.

Budowski, G. 1984. Sustainable use of species and ecossystems. In: *THIBODEAU, F.R.* e *H.H. FIEL.D Sustaining Tomorrow*. Hanover, University Press of New England.

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. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas. 67 pp.

Carvalho, J. O. P. de. 1997. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. *Embrapa-CNPF. Documentos.* Belém (34): 41-55.

Carvalho, J.O. De; Yared, J.A.G. (Ed.) *A silvicultura na Amazônia Oriental:* contribuições do projeto Embrapa/DFID. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/DFID, p. 291-308.

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.

Costa, D.H.M. 2000. *Dinâmica Da Composição Floristica E Crescimento De Uma Área De Floresta De Terra Firme Na Flona Do Tapajós Após A Colheita De Madeira.* Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém. 81pp.

Costa, D.H.M.; Silva, J.N.M.; Carvalho, J.O.P. de.2008. Crescimento de árvores em uma área de terra firme na Floresta Nacional do Tapajós após a colheita de Madeira. *Revista Ciências Agrárias.* Belém – PA. 50: 63-76.

D'Oliveira, M. V. N.; BRAZ, E. M. Estudo da dinâmica da floresta manejada no projeto de manejo florestal comunitário do PC Pedro Peixoto na Amazônia Ocidental. Acta Amazonica, v. 36, n. 2, p. 177-182. 2006.

Encinas, J.I.; Silva, G.F.; Pinto, J.R.R. 2005. *Idade Crescimento das Árvores.* Comunicações e Técnicas Florestais, Brasília 7(1): 43 pp.

Fearnside, P. M. 2006. Desmatamento na Amazônia: Dinâmica, impactos e controles. *Acta Amazonia*. Manaus, 36(3): 395-400.

Ferraz, J; Ohta, S; Salles, P.C. 1998. Distribuição dos solos ao longo de dois transectos em floresta primária ao Norte de Manaus (AM). *In*: Higuchi, N.; Campos, M.A.A.; Sampaio, P.T.B.; Santos, J. (Eds). *Pesquisas Florestais para a Conservação da Floresta e Reabilitação de Áreas Degradadas da Amazônia*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, Amazonas. p. 110-143.

Ferreira, S.J.F.; Luizão, F.J.; Miranda, S.A.F.; Silva, M. Do S.R. Da.; Vital, A.R.T. 2006. Nutrientes na solução do solo em floresta de terra firme na Amazônia Central submetida à extração seletiva de madeira. Acta Amazônica, 36(1): 59 – 68.

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

Gama, J.R.V.; Bentes-Gama, M.M.; Scolforo, J.R.S. 2005. Manejo sustentado para floresta de várzea na Amazônia oriental. *Revista Árvore*, Viçosa – MG, 29(5): 719-729.

Grubb, P. J. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, Cambridge, UK, v. 52, p. 107 – 145, 1977.

Humel, A.C. 2001. *Normas de Acesso ao Recurso Florestal na Amazônia Brasileira: O Caso do Manejo Florestal Madeireiro* – Manaus – AM. Dissertação de Mestrado Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade do Amazonas. 101pp.

Higuchi, N.; Chambers, J.; Santos, J. Dos; Ribeiro, R.J.; Pinto, A.C.M.; Silva, R.P. Da; Rocha, R. De M.; Tribuzy, E.S. 2004. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central. *Revista Floresta*, Curitiba-PR, 34(3): 295-304.

Higuchi, N. 1994. Utilização de Manejo dos Recursos Madeireiros das Florestas Tropicais Úmidas. *Acta Amazônica*, 24(3-4): 275-288.

Higuchi, N.; Jardim, F.C.S.; Santos. J. Dos; Alencar, J. da C. 1985. Inventário diagnóstico da regeneração Natural. *Acta Amazônica*, 15(1-2): 199-233.

Higuchi, N.; Jardim, F.C.S.; Santos. J. Dos; Barbosa, A.P.; Wood, T.W.W. 1985. Inventário Florestal Comercial. *Acta Amazônica*, 15 (3-4): 327-369.

Higuchi, N.; Santos, J. Dos.; Ribeiro, R.J.; Freitas, J.V.; Vieira, G.; Cöic, A.; Minette, L.S. 1997. Crescimento e Incremento de uma Floresta Amazônica de Terra-Firme Manejada Experimentalmente.*In: Biomassa e Nutrientes Florestais – Relatório Final do Projeto Bionte.* MCT-INPA. Manaus. p. 89 – 131.

Higuchi, N.; Santos, J.; Teixeira, L.M. E Lima, A.J.N. 2006. O mercado internacional de madeira tropical está à beira do colapso. *SBPN ScientificJournal*, 1(2): 33-41.

Higuchi, N.; Vieira,G.1990. Manejo sustentado da floresta tropical úmida de terra firme na região de Manaus.Um projeto de pesquisa do INPA. *In: Congresso Florestal Brasileiro*, Campos do Jordão, 1990. Anais. Campos do Jordão: SBS/SBEF. p. 43-37.

Higuchi, N.; dos Santos, J.; Lima, A.J.N.; Higuchi, F.G.; Chambers, J.Q. A Floresta Amazônica e a Água da Chuva. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 41, n.3, p. 427-434, jul./set.2011.

Holmes, T.P.; Blate, G.M.; Zweede, J.C.; Junior, R.P.; Barreto, P.; Boltz, F. 2004. Custos e Benefícios Financeiros da Exploração Florestal de Impacto Reduzido em Comparação à Exploração Florestal Convencional na Amazônia Oriental. *Fundação Floresta Tropical (IFT)*, Belém, PA, Brasil, 2ª edição, 66pp.

Hubbell, S.P.; Foster, R.B.; O`Brien, S.T.; Harms, K.E.; Condit, R.; Wechsler, B.; Wright, S.J.; Lao, S.L. 1999. Light-gap disturbances, recruitment limitation, and tree diversity in a Neotropical Forest. Science, 283: 554-557.

Husch, B.; Miller, C.I.; Beers, T.W. 1982.*Forest Mensuration.* New York: Jhon Wiley & Sons, 3 ed, 402pp.

IBAMA. *Conceito de Manejo Florestal. Disponível em: <www.ibama.gov.br/flores/manflor/conceito.html>*. Acesso em 13 de outubro de 2011.

Jardim, F.C. Da S.; Soares, M. Da S. 2010. Comportamento de Sterculiapruriens (Aubl.) Schum. Em floresta tropical manejada em Moju-PA.*Acta Amazônica*, 40(3): 535-542.

Laurance, W. F.; Lovejoy; T. E.; Vasconcelos; H. L.; Bruna; E. M.; Didham, F. K.;Stouffer, P. C.; Gascon, C.; Bierregaard Jr., R. O.; Laurance, S.G. e Sampaio, E. 2001. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology*,16(3): p. 605-618.

Lentini, M.; Pereira, D.; Celentano, D.; Pereira, R. 2005. *Fatos Florestais da Amazônia 2005*. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, Belém, PA, Brasil. 140pp.

Lieberman, D.; Lieberman, M. 1987.Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982).*Journalof Tropical Ecology*, v.3, p.347-358,

Lieberman, D.; Lieberman, M. *Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica* (1969-1982).Journalof tropical ecology, v.3, p.347-358, 1987.

Lima, J.R.A.; Santos, J. Dos; Higuchi, N. 2005. Situação das indústrias madeireiras do estado do Amazonas em 2000.*Acta Amazônica*, 35(2): 125 – 132.

Martins, E.M.; Oliveira, A.D.; Scolforo, J.R.S. 1997. Avaliação dos danos causados pela exploração florestal à vegetação remanescente, em florestas naturais.*Revista CERNE*,3(1): 14-24.

Miranda, E. V. 2002. *Padrão de desenvolvimento radial horário do fuste de três espécies florestais típicas da Amazônia utilizando dendrômetros automáticos*. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas. 75pp.

Moser, Jr, J. W. 1972. Dynamics of an uneven-aged forest stand.*Forest Science*, 8:184-191.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).Disponível em: http://www.elnino.noaa.gov/**.** Acesso em: 13/02/2013.

Oliveira, L.C.; Couto, H.T.Z. Do.; Silva, J.N.M.; Carvalho, J.O.P. de. 2006. Exploração Florestal e Eficiência dos Tratamentos Silviculturais Realizados em uma Ãrea de 136 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra – Pará. *Revista de Ciências Agrárias/ AmazonianJournalofAgriculturaland Environmental Sciences*, 46: 195-213.

Pinto, A. C. M. *Dinâmica de uma floresta de terra firme manejada experimentalmente na região de Manaus (AM)*. 2008. 167 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

Procópio, L.C; Secco, R.S. 2008. A importância da identificação botânica nos inventários florestais: o exemplo do "tauari" (*Couratari*spp. e *Carinianas*pp. - Lecythidaceae) em duas áreas manejadas no estado do Pará. *Acta Amazonica.* 38(1): 31 – 44.

Phillips, O. L. & Gentry, A. H. Increasing turnover through time in tropical forests. Science 261, 954–958 (1994).

Phillips, O. L. et al. Pattern and process in Amazon tree turnover, 1976–2001. Phil. Trans. R. Soc. B. (in the press).

Queiroz, J.A.L. de. 2008. *Estrutura e dinâmica em uma floresta de várzea do rio amazonas no estado do Amapá.* Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná, 177 pp.

Radam. 1978. Programa de Integração Nacional. Levantamentos de Recursos Naturais. V. 18 (Manaus) - RADAM (projeto) DNPM, Ministério das Minas e Energia. Brasil.

Ribeiro, J. E. L Da S.; Hopkins, M. J. G.; Vicentini, A.; Sothers, C. A.; Costa, M. A. Da S.; Brito, J. M. De; Souza, M. A. D. De; Martins, L. H. P.; Lohmann, L. G.; Assunção, P. A. C. L.; Pereira, E. Da C.; Silva, C. F. Da; Mesquita, M. R.; Procópio, L. C. 1999. *Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus*: INPA. 816pp.

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. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/UFAM. Manaus – AM. 49pp.

Rocha, R.M.; Higuchi, N.; Santos, J. Dos.; Nakamura, S.; Silva, R.P. Da.; Pinto, A.C.; Tribuzy, E.S. 2003. Taxas de Recrutamento e Mortalidade e Mudanças de Estoques de Fitomassa da Floresta Primária na Região de Manaus-AM. *Projeto Jacaranda-Fase II: Pesquisas Florestais na Amazônia Central,* p. 43-54.

Roderjan, ,C.V. 1983. *Morfologia do estágio juvenil de 24 espécies arbóreas de uma floresta de Araucária*.Tese de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. 148pp.

Ruschel, A. R. 2008. *Dinâmica da composição florística e do crescimento de uma floresta explorada há 18 anos na Flona Tapajós, PA*. Embrapa Amazônia Oriental, Documentos. Belém – PA. 57pp.

Santos, J. dos. 1988. Diagnóstico das serrarias e das fábricas de laminados e compensados do estado do Amazonas. *Acta Amazônica*, 18(1-2): 67-82.

Schaaf, L.B.; Filho, A.F.; Galvão, F.; Sanquetta, C.R. 2006. Alteração na Estrutura Diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista no Período Entre 1979 e 2006.*Revista Árvore*, Viçosa-MG, 30(2): 283-295.

Scolforo, J. R. S. 1998. *Manejo Florestal*. Lavras: UFLA/FAEPE, 438pp.

Silva, J.N.M; Carvalho, J.O.P. de; Lopes, J. do C.A; Almeida, B.F. de; Costa, D.H.M; Oliveira, L.C. de; Vanclay, J.K; Skovsgaard, J.P. 1995. Growth And Yield Of A Tropical Rain Forest In The Brazilian Amazon 13 Years After Logging. *Forest Ecologyand Management,* 71: 267-274.

Silva, E.J.V. da. 1998. *Impactos da exploração madeireira predatória e planejada sobre o crescimento e diversidade de espécies arbóreas na Amazônia oriental*. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 82pp.

Silva, J.N.M.*The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging.*1989. 302p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universityof Oxford, Oxford, 1989.

Silva, J.N.M. 2001. *Manejo Florestal.* Embrapa Amazônia Oriental , 3ª. ed. Belém.49pp.

Silva, J.N.M.; Lopes, J.C.A.; Oliveira, L.C.; Silva, S.M.A.; Carvalho, J.O.P.; Costa, D.H.M.; Melo, M.S.; Tavares, M.J.M. 2005. *Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia Brasileira.* Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 62pp.

Silva, E.J.V. da 2004. *Dinâmica de florestas manejadas e sob exploração convencional na Amazônia Oriental*. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, São Paulo. 156 p.

Silva, R.P. 2001. Padrões de crescimento de árvores que ocorrem em diferentes topossequências na região de Manaus-AM. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 57pp.

Silva, J.N.M; Silva, S.M.A. Da; Costa, D.H.M.; Baima, A.M.V.; Oliveira, L.C. De; Carvalho, J.O.P. De; Lopes, J. Do C.A. 2001. Crescimento, mortalidade e recrutamento em florestas de terra firme da Amazônia Oriental: observações nas regiões do Tapajós e Jarí. In: Silva, J.N.M.;

Silva, E.J.V. da 2004. *Dinâmica de florestas manejadas e sob exploração convencional na Amazônia Oriental*. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, São Paulo. 156 p.

Souza, A. L. de.2002. *Desenvolvimento sustentável, manejo Florestal e o uso de recursos madeireiros na Amazônia: desafios, possibilidades e limites*. Belém: UFPA/NAEA.

Souza, M.E.R.F. de. *Influência de diferentes níveis de exploração na distribuição diamétrica de uma floresta tropical úmida na Amazônia.* 2004. Dissertação de Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 49pp.

Swaine, M.D., Liberman, D. &Putz, F.E. 1987. The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. Journal of Tropical Ecology 3:359-366. (1987).

Swaine, M.D.; Whitmore, T.C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests.**Vegetatio**, Dordrecht, v. 75, n. 1 e 2, p. 81-86, 1988.

Teixeira, L.M.;Chambers, J.Q.; Silva, A.R.; Lima, A.J.N.; Carneiro, V.M.C.; Santos, J.; Higuchi, N. 2007. Projeção da dinâmica da floresta natural de Terra-firme, região de Manaus-AM, com o uso da cadeia de transição probabilística de Markov. *ActaAmazonica*, 37(3): 377-384.

Vanclay, J.K. 1991. Data requirements for developing growth models for tropical moist forests.*Commonwealth Forestry Review*, 70(4): 248-271.

Vanclay, J.K. 1994. *Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests*. CAB International, Wallingford, U.K. 330pp.

Vieira, L. S.; Santos, P.C.T.C. 1987. *Amazônia seus solos e outros recursos naturais*. Ed. Agronômica Ceres. São Paulo. 416 pp.

vonEnde, C.N.1993. Repeated-measures analysis: Growth and other time dependent measures. In Scheiner, S. and I. Gurevitch (eds.) *The Design and Analysis of Ecological Experiments*. Chapman and Hall, p. 113-137.

Whitmore, T. C. Canopy gaps and the two major groups of forest trees.cology, Washington, v. 70, n. 3, p. 536 – 538, jun. 1989.