

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS

**REGENERAÇÃO NATURAL DE ESPÉCIES COMERCIAIS EM ÁREAS  
SUBMETIDAS AO SISTEMA SILVICULTURAL POLICÍCLICO NA AMAZÔNIA  
CENTRAL**

MANAUS – AM

Janeiro/2019

ALEXSANDRO DA SILVA SILVEIRA

**REGENERAÇÃO NATURAL DE ESPÉCIES COMERCIAIS EM ÁREAS  
SUBMETIDAS AO SISTEMA SILVICULTURAL POLICÍCLICO NA AMAZÔNIA  
CENTRAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas (PPG-CIFA/UFAM) como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, área de concentração Manejo e Tecnologia de Recursos Florestais Tropicais.

Orientador: Dr. Celso Paulo de Azevedo  
Coorientadora: Dra. Cintia Rodrigues de Souza

MANAUS – AM  
Janeiro/2019

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Silveira, Aleksandro da Silva  
S587r Regeneração natural de espécies comerciais em áreas  
submetidas ao sistema silvicultural policíclico na Amazônia central /  
Alexsandro da Silva Silveira. 2019  
101 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Celso Paulo de Azevedo  
Coorientadora: Cintia Rodrigues de Souza  
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) -  
Universidade Federal do Amazonas.

1. Manejo Florestal. 2. Silvicultura. 3. Estoque. 4. Dinâmica. 5.  
Crescimento. I. Azevedo, Celso Paulo de II. Universidade Federal  
do Amazonas III. Título



Poder Executivo  
Ministério da Educação  
Universidade Federal do Amazonas  
Faculdade de Ciências Agrárias  
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais  
e Ambientais - PPGCIFA



#### PARECER DA DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO

Candidato (a): Aleksandro da Silva Silveira

Nível: Mestrado / Área de Concentração: Ciências Florestais e Ambientais

Orientador (a): Dr. Celso Paulo de Azevedo

Coorientador (a): Dr. Cintia Rodrigues de Souza

Título da Dissertação: "REGENERAÇÃO NATURAL DE ESPÉCIES COMERCIAIS EM ÁREAS SUBMETIDAS AO SISTEMA SILVICULTURAL POLICÍCLICO NA AMAZÔNIA CENTRAL"

#### BANCA EXAMINADORA

Titulares:	Parecer	Assinatura
Dr(a) Celso Paulo de Azevedo EMBRAPA	Aprovação (X) Suspensão ( ) Não aprovação ( )	<i>Ed. P. A. Azevedo</i>
Dr(a) Luis Antônio de Araújo Pinto UEA	Aprovação (X) Suspensão ( ) Não aprovação ( )	<i>Luis</i>
Dr(a) Roberval Monteiro Bezerra de Lima EMBRAPA	Aprovação (X) Suspensão ( ) Não aprovação ( )	<i>R. M. B. A.</i>

Manaus (AM), 11 de Janeiro de 2019

Resultado Final: Aprovação (X)

Suspensão da Sessão ( )

Não aprovação ( )

OBS: No caso de suspensão da sessão, preencher a folha de modificação, anexa.

Coordenador (a) do PPGCIFA

Ciência do (a) discente: Aleksandro da Silva Silveira



*A Deus. Ao meu Pai Salomão Melo, minha mãe Naíza Silveira e a minha irmã Alessandra Silveira, que sempre me incentivaram a estudar e que me apoiaram, sempre que possível, em tudo o que podiam e, a todos que de forma direta ou indireta me ajudaram durante esta fase de minha vida.*

*DEDICO*

## AGRADECIMENTOS

*Á Deus, pois sem Ele nada seria possível.*

*Ao meu pai, Salomão da Silveira Melo, e a minha mãe, Naíza da Silva Silveira, que sempre estiveram ao meu lado, me ajudando, apoiando, incentivando e aconselhando.*

*Aos meus tios Dario Melo e Rachel Melo, por me acolherem e sustentarem em sua casa por um longo período de tempo.*

*A Embrapa Amazônia Ocidental e meus orientadores, Dr. Celso Paulo de Azevedo e a Dra. Cíntia Rodrigues de Souza, pelo apoio e confiança durante esses dois anos.*

*A Universidade Federal do Amazonas juntamente aos professores da Pós-graduação pela oportunidade e pelos conhecimentos generosamente compartilhados ao longo do curso.*

*A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro indispensável durante grande parte do curso.*

*Aos amigos que conquistei durante esse período de minha vida, em especial aos amigos da turma 2016/2 do PPGCIFA, pela ajuda, amizade, apoio, pelo repartir do pão nas horas de dificuldade, pelo ombro amigo na hora da angústia, pelas palavras de conselho em meio às tribulações, pela convivência e principalmente pelos bons momentos que compartilhamos durante o curso.*

*A todos que de maneira direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho e pelo apoio nesses dois anos de luta.*

*Eu acredito na intuição e na inspiração. A imaginação é mais importante que o conhecimento. O conhecimento é limitado, enquanto a imaginação abraça o mundo inteiro, estimulando o progresso, dando à luz à evolução. Ela é, rigorosamente falando, um fator real na pesquisa científica*

*Albert Einstein*

## RESUMO

É consenso entre os pesquisadores florestais que o manejo florestal sustentável é uma das melhores, se não a melhor, opção de utilização dos recursos florestais. Entretanto, para que o manejo florestal seja considerado sustentável é necessário que haja a renovação de quotas, das espécies exploradas comercialmente, em vários aspectos em um determinado período de tempo preestabelecido. Neste sentido destaca-se a importância de buscar compreender como funciona a renovação de quotas e a dinâmica, do principal alicerce do manejo florestal em regime sustentado, a regeneração natural. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de curto e médio prazos do sistema silvicultural policíclico, na dinâmica e no estoque da regeneração natural, considerando o povoamento total e as espécies comerciais/potenciais, em uma floresta ombrófila densa no Estado do Amazonas, tendo como base três compartimentos da área de manejo florestal da empresa Mil Madeiras Preciosas em Itacoatiara/AM, explorados entre os anos de 1996 a 1998. Os inventários florestais contínuos foram realizados antes e após a exploração nos anos de 1996, 1997, 1998, 2001 e 2014, em 820 subparcelas de 100m<sup>2</sup> pertencentes a 41 parcelas permanentes de 1 hectare instaladas nos compartimentos B, C e D, onde foram mensuradas todas as arvoretas com 5cm ≤ DAP < 15 cm. Foram calculadas as taxas de ingresso e mortalidade, diâmetro médio, área basal, volume, e seus respectivos incrementos periódicos anuais, além da variação do número de arvoretas e espécies. Avaliou-se, também, o nível de recomposição da floresta utilizando variáveis categóricas que pudessem representar o *status* da floresta antes e após a exploração. Buscou-se ainda, através da aplicação do teste de Scott-Knott, agrupar as espécies comerciais de acordo com seus incrementos periódicos anuais em DAP. O número médio de espécies por parcela não sofreu redução significativa com a exploração, entretanto, ao final da avaliação percebeu-se um aumento significativo indicando o efeito benéfico da exploração ao propiciar uma maior entrada de luz por meio da abertura de clareiras. O efeito positivo também pode ser observado para o diâmetro médio, número de indivíduos, área basal e volume. As altas taxas de mortalidade apresentadas nos períodos que incluem a exploração são compensadas por altas taxas de recrutamento nos períodos após a exploração, no entanto, para o povoamento comercial/potencial o balanço dinâmico ainda é negativo. Como o esperado, os incrementos periódicos anuais em DAP, área basal e volume são maiores nos períodos que incluem a exploração e decrescem à medida que o tempo passa. O uso do teste de Scott-Knott aplicado ao IPA<sub>DAP</sub> para definir grupos de crescimento para as espécies comerciais/potenciais obteve excelente resultado e, a variável categórica “classe de floresta” mostrou que a floresta está com cada vez menos *status* de floresta madura e mais de floresta em construção. Além disso, as proporções das fases de floresta antes e após a exploração ajudam a entender e complementam a informação tanto para o estoque quanto para a dinâmica ocorrida durante o período analisado. Considerando um período médio de 17 anos de avaliação conclui-se que a regeneração natural da floresta se recuperou ao estado antes da intervenção, no entanto, é necessário cuidado uma vez que o balanço dinâmico das espécies comerciais/potenciais é negativo e, também, porque as fases da floresta apontam uma floresta com cada vez menos indivíduos com DAP > 40 cm.

## RÉSUMÉ

Les chercheurs en foresterie s'entendent pour dire que la gestion durable des forêts est l'une des meilleures, sinon la meilleure, option d'utilisation des ressources forestières. Toutefois, pour que la gestion forestière soit considérée comme durable, il est nécessaire de renouveler les quotas d'espèces exploitées à des fins commerciales sous différents aspects au cours d'une période donnée et prédéterminée. Dans ce sens, il est important de chercher à comprendre comment fonctionne le renouvellement des quotas et la dynamique, fondement principal de la gestion durable des forêts, la régénération naturelle. L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets à court et à moyen terme du système sylvicole polycyclique sur la dynamique et le stock de régénération naturelle, en tenant compte des peuplements totaux et des espèces commerciales/potentielles, dans une forêt ombrophile dense de l'État d'Amazonas dans trois compartiments forestiers de la société Mil Madeiras d'Itacoatiara-AM, exploités entre 1996 et 1998. Les inventaires forestiers continus ont été réalisés avant et après l'exploitation en 1996, 1997, 1998, 2001 et 2014, sur 820 sous-parcelles de 100 m<sup>2</sup> appartenant à 41 parcelles permanentes de 1 hectare installées dans les compartiments B, C et D, où tous les arbres de 5 cm ≤ DHP < 15 cm ont été mesurés. Les taux de recrutement et de mortalité, le diamètre moyen, la surface terrière, le volume et leurs augmentations périodiques annuelles respectives, ainsi que le nombre d'arbres et d'espèces ont été calculés. Le niveau de restauration de la forêt a également été évalué à l'aide de variables catégoriques pouvant représenter l'état de la forêt avant et après l'exploration. L'application du test de Scott-Knott a également permis de regrouper les espèces commerciales en fonction de leurs augmentations périodiques annuelles du DHP. Le nombre moyen d'espèces par parcelle n'a pas diminué de manière significative avec l'exploration. Cependant, à la fin de l'évaluation, une augmentation significative a été observée, indiquant l'effet bénéfique de l'exploration en fournissant un plus grand apport de lumière par l'ouverture des clairières. L'effet positif peut également être observé pour le diamètre moyen, le nombre d'individus, la surface terrière et le volume. Les taux de mortalité élevés présentés pendant les périodes incluant l'exploration sont compensés par les taux de recrutement élevés au cours des périodes post-récolte. Cependant, pour le peuplements commercial/potentiel, le solde dynamique reste négatif. Comme prévu, les augmentations périodiques annuelles du DHP, de la surface terrière et du volume sont plus élevées pendant les périodes comprenant de l'exploration et diminuent avec le temps. Le test de Scott-Knott appliqué à IPADHP pour définir les groupes de croissance d'espèces commerciales/potentielles a donné d'excellents résultats, et la variable catégorique "classe de floresta" a montré que la forêt avait un statut forestier de moins en moins mature et de plus en plus de construction. En outre, les proportions des phases forestières avant et après l'exploration aident à comprendre et à compléter les informations relatives au stock et à la dynamique survenues au cours de la période analysée. Compte tenu d'une période d'évaluation moyenne de 17 ans, il est conclu que la régénération naturelle de la forêt a retrouvé son état d'origine avant l'intervention. Il faut toutefois être prudent, car l'équilibre dynamique des espèces commerciales/potentielles est négatif et aussi les phases forestières indiquent une forêt avec de moins en moins d'individus avec un DHP supérieur à 40 cm.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Área total do Plano de Manejo Florestal com a divisão das Unidades de Produção Anual (UPA). Fazenda Dois Mil pertencente à Empresa Mil Madeiras Preciosa Ltda. Itacoatiara-AM. Fonte: Vasconcelos (2015). ..... 15
- Figura 2.** Representação esquemática das parcelas permanentes alocadas nas áreas da Mil Madeiras (exemplo UPA B, Parcela 1. Destaque em verde para as subparcelas onde foi inventariada a regeneração natural). Fonte: O autor (2018). ..17
- Figura 3.** Classes de Floresta: (1) Floresta madura, (2) Floresta em construção, (3) Clareira. Fonte: Silva et al. (2005) ..... 19
- Figura 4.** Número médio de espécies por parcela para os compartimentos B, C e D, considerando o povoamento total e comercial, antes e após a exploração, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara- AM. .....34
- Figura 5.** Diâmetro médio de espécies por parcela para os compartimento B, C e D, considerando o povoamento Total e o povoamento comercial, antes e após a exploração, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Letras iguais para um mesmo período em diferentes compartimentos indica que não há diferença estatística de acordo como teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) .....36
- Figura 6.** Número médio de indivíduos por hectare para os compartimento B, C e D, considerando o povoamento Total e o povoamento comercial, antes e após a exploração, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Letras iguais para um mesmo período em diferentes compartimentos indica que não há diferença estatística de acordo como Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) .....41
- Figura 7.** Área basal média por hectare para os compartimento B, C e D, considerando o povoamento Total e o povoamento comercial, antes e após a exploração, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Letras iguais para um mesmo período, em diferentes compartimentos, indica que não há diferença estatística de acordo como Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). .....44
- Figura 8.** Volume médio por hectare para os compartimento B, C e D, considerando o povoamento Total e o povoamento comercial, antes e após a

exploração, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Letras iguais para um mesmo período, em diferentes compartimentos, indica que não há diferença estatística de acordo como Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). ....	46
<b>Figura 9.</b> Taxa de mortalidade anual para o povoamento total e comercial, para o período que inclui a exploração e após a exploração, nos compartimentos B, C e D, em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Letras iguais para um mesmo período em diferentes compartimentos indica que não há diferença estatística de acordo como Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). ....	50
<b>Figura 10.</b> Taxa de recrutamento anual para o povoamento total e comercial, para o período que inclui a exploração e após a exploração, nos compartimentos B, C e D, em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Letras iguais para um mesmo período em diferentes compartimentos indica que não há diferença estatística de acordo como Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). ....	53
<b>Figura 11.</b> Taxa de recrutamento anual do povoamento total e comercial do compartimento B para os três períodos avaliados em 2,8 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. ....	54
<b>Figura 12.</b> Balanço dinâmico do povoamento geral considerando período que inclui a exploração (I.E.) e o período após a exploração (D.E.), para todas as espécies e para as espécies comerciais/potenciais em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. ....	55
<b>Figura 13.</b> Balanço dinâmico do povoamento geral considerando um tempo médio de 17 anos, para todas as espécies e para as espécies comerciais/potenciais em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. ....	56
<b>Figura 14.</b> Incremento periódico anual em diâmetro para o povoamento total e comercial, para o período que inclui a exploração e após a exploração, nos compartimentos B, C e D, em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.	

Letras iguais para um mesmo período em diferentes compartimentos indica que não há diferença estatística de acordo como Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).....	59
<b>Figura 15.</b> Incremento periódico anual em área basal para o povoamento total e comercial, para o período que inclui a exploração e após a exploração, nos compartimentos B, C e D, em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Letras iguais para um mesmo período em diferentes compartimentos indica que não há diferença estatística de acordo como Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).....	61
<b>Figura 16.</b> Incremento periódico anual em volume para o povoamento total e comercial, para o período que inclui a exploração e após a exploração, nos compartimentos B, C e D, em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Letras iguais para um mesmo período em diferentes compartimentos indica que não há diferença estatística de acordo como Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).....	62
<b>Figura 17.</b> Agrupamento das 44 espécies analisadas. Espécies com a mesma cor fazem parte do mesmo grupo de crescimento. .....	66
<b>Figura 18.</b> Percentual das classes de floresta, antes das exploração (B-1996; C-1997; D-1998) e após a exploração (B-1998, 2001 e 2014; C-2001 e 2014; D-2001 e 2014), nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa pertencente a área de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Figura A = compartimento B, Figura B = compartimento C, Figura C = compartimento D. .....	69

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Número de subparcelas da regeneração natural por parcelas de um hectare nos compartimentos B, C e D, com o ano de exploração, ano e mês das mensurações.....	16
<b>Tabela 2.</b> Lista de espécies potenciais e comerciais da empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda.....	20
<b>Tabela 3.</b> Intensidade de exploração em relação ao número de indivíduos, área basal, volume e número de espécies dos compartimentos B, C e D da Área de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.....	29
<b>Tabela 4.</b> Número de árvores registradas com $5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 15 \text{ cm}$ e suas respectivas espécies, gêneros e famílias, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.....	30
<b>Tabela 5.</b> Mudança na composição florística, considerando apenas o povoamento comercial/potencial, entre os períodos antes da exploração (A.E. ) e após a exploração (D.E. 2014) em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM...31	31
<b>Tabela 6.</b> Número de indivíduos das 10 espécies mais abundantes nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.....	32
<b>Tabela 7.</b> Valor do test t aplicado à variação do número de espécies total e comercial, antes (A.E.) e após a exploração (D.E.) nos compartimentos B, C e D, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. ....	34
<b>Tabela 8.</b> Valor do test t aplicado à variação do DAP médio total e comercial, antes (A.E.) e após a exploração (D.E.) nos compartimentos B, C e D, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.....	37
<b>Tabela 9.</b> Média e desvio padrão do número de árvores (N), área basal (G) e volume (V), dos compartimentos B, C e D, antes e após a exploração, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. ....	39

<b>Tabela 10.</b> Valor do Test t aplicado à variação do número médio de indivíduos.ha <sup>-1</sup> total e comercial, antes (A.E.) e após a exploração (D.E.) nos compartimentos B, C e D, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.....	42
<b>Tabela 11.</b> Valor do Test t aplicado à variação média da área basal.ha <sup>-1</sup> total e comercial, antes (A.E.) e após a exploração (D.E.) nos compartimentos B, C e D, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. ....	45
<b>Tabela 12.</b> Valor do Test t aplicado à variação média da volume.ha <sup>-1</sup> total e comercial, antes (A.E.) e após a exploração (D.E.) nos compartimentos B, C e D, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. ....	47
<b>Tabela 13.</b> Mortalidade em número de arvoretas por hectare para o povoamento total e comercial, nos períodos que incluem a exploração e após a exploração, nos compartimentos B, C e D, em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de manejo florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. O número entre parênteses (%.ano <sup>-1</sup> ) indica a taxa de mortalidade ao final de cada período, em relação ao número inicial de arvoretas presentes no período, dividido pelo número de anos de cada período.....	48
<b>Tabela 14.</b> Valor do Test t aplicado para comparar a taxa de mortalidade anual total e comercial, para o período que inclui a exploração (I.E.) e após a exploração (D.E), nos compartimentos B, C e D, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. ....	50
<b>Tabela 15.</b> Recrutamento em número de arvoretas por hectare para o povoamento total e comercial, nos períodos que incluem a exploração e após a exploração, nos compartimentos B, C e D, em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. O número entre parênteses (%.ano <sup>-1</sup> ) indica a taxa de recrutamento ao final de cada período, em relação ao número inicial de arvoretas presentes no período, dividido pelo número de anos de cada período.....	52
<b>Tabela 16.</b> Incremento Periódico Anual em Diâmetro (DAP), Área basal (G) e Volume (V), para os compartimentos B, C e D, na área amostral de 8,2 hectares de	

uma Floresta Ombrófila Densa pertencente a área de Manejo Florestal da Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. ....	58
<b>Tabela 17.</b> Valor do Test t aplicado para comparar o incremento periódico anual em diâmetro total e comercial, para o período que inclui a exploração (I.E.) e após a exploração (D.E.), nos compartimentos B, C e D, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. ....	60
<b>Tabela 18.</b> Valor do Test t aplicado para comparar o incremento periódico anual em área basal total e comercial, para o período que inclui a exploração (I.E.) e após a exploração (D.E.), nos compartimentos B, C e D, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. ....	62
<b>Tabela 19.</b> Valor do Test t aplicado para comparar o incremento periódico anual em volume total e comercial, para o período que inclui a exploração (I.E.) e após a exploração (I.E.), nos compartimentos B, C e D, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. ....	63
<b>Tabela 20.</b> Número de indivíduos comerciais/potenciais para os compartimentos B, C e D e número de incrementos periódicos anuais por período e por compartimentos, utilizados para a análise discriminante dos grupos de crescimento anual diâmetro. ....	64
<b>Tabela 21.</b> Lista das 48 espécies identificadas nos compartimentos B, C e D com pelo menos uma medida de incremento periódico em diâmetro nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. ....	65
<b>Tabela 22.</b> Percentual das classes de floresta, antes e após a exploração, nos 8,2 hectares amostrados de uma floresta Ombrófila Densa pertencente a área de manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. ....	68

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>5</b>
2.1	GERAL .....	5
2.2	ESPECÍFICOS .....	5
<b>3</b>	<b>HIPÓTESES DE TRABALHO .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>7</b>
4.1	EXPLORAÇÃO MADEIREIRA NA AMAZÔNIA .....	7
4.2	MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL .....	7
4.3	REGENERAÇÃO NATURAL.....	9
4.4	REGENERAÇÃO NATURAL EM FLORESTAS SUBMETIDAS A MANEJO.	11
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
5.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	15
5.2	COLETA DE DADOS.....	16
5.2.1	<i>Diâmetro .....</i>	18
5.2.2	<i>Classe de identificação do fuste de arvoretas .....</i>	18
5.2.3	<i>Registro das fases de desenvolvimento da floresta (classes de floresta).....</i>	19
5.2.4	<i>Espécies Comerciais/Potenciais .....</i>	20
5.3	ESTIMATIVA DA ÁREA BASAL E DO VOLUME PARA A REGENERAÇÃO NATURAL .....	22
5.4	ESTOQUE.....	23
5.5	MORTALIDADE, RECRUTAMENTO E INCREMENTO .....	23
5.6	ANALISE ESTATÍSTICA DOS DADOS .....	25
5.7	HISTÓRICO DE EXPLORAÇÃO .....	28
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
6.1	CARACTERIZAÇÃO DO PovoAMENTO GERAL.....	30
6.2	ESTOQUE.....	33

<b>6.2.1</b>	<b><i>Número de espécies</i></b> .....	33
<b>6.2.2</b>	<b><i>Diâmetro</i></b> .....	35
<b>6.2.3</b>	<b><i>Número de indivíduos, Área basal e Volume</i></b> .....	38
<b>6.3</b>	<b>DINÂMICA</b> .....	48
<b>6.3.1</b>	<b><i>Mortalidade</i></b> .....	48
<b>6.3.2</b>	<b><i>Recrutamento</i></b> .....	51
<b>6.3.3</b>	<b><i>Balanço dinâmico</i></b> .....	55
<b>6.3.4</b>	<b><i>Incremento periódico anual em diâmetro, Área basal e Volume</i></b> .....	57
<b>6.4</b>	<b>CRESCIMENTO EM DIÂMETRO - IPA<sub>DAP</sub> DE ESPÉCIES COMERCIAIS/</b>	
	<b>POTENCIAIS</b> .....	64
<b>6.5</b>	<b>CLASSES DE FLORESTA</b> .....	67
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	71
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	72
	<b>APÊNDICES</b> .....	77

## 1 INTRODUÇÃO

As práticas de manejo florestal no Brasil vêm sendo desenvolvidas de acordo com as modificações na legislação florestal do país, sempre fundamentadas nos seguintes padrões: inventário das espécies comerciais, seleção de indivíduos para corte, exploração com técnicas de derruba e arraste, transporte e a expectativa de regeneração para o segundo ciclo de corte (SOUZA, 2015). Tais práticas começaram a mais de 50 anos atrás, com a sanção do Código Florestal Brasileiro, pela Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965. Em seu artigo 15, a lei proíbe a exploração sob forma empírica das florestas primitivas da bacia amazônica, sendo estas florestas passíveis de utilização em estrita observância a planos técnicos de condução e manejo florestal.

Cerca de 30 anos depois, o Decreto nº. 1.282 de 1994 (revogado pelo Decreto nº 5.975, de 30 de novembro de 2006) veio regulamentar o manejo florestal, definindo regras e condições para o melhor aproveitamento dos recursos naturais. Em 1995, a publicação da portaria nº. 48 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) regulamentou a atividade na Amazônia, e em 2006 por meio da Instrução Normativa nº. 5 do Ministério do Meio Ambiente (MMA), foram dispostos novos procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestais Sustentáveis (PMFS) nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia.

No ano de 2009 a Resolução CONAMA nº. 406 estabeleceu alguns parâmetros técnicos a serem seguidos na elaboração, apresentação, avaliação e execução de PMFS com fins madeireiros na Amazônia. Estabeleceu-se o ciclo de corte máximo de 35 anos em escala de manejo empresarial e 10 anos em escala comunitária, intensidade máxima de 30 metros cúbicos por hectare em escala comercial e 10 metros cúbicos por hectare em escala comunitária, além de diâmetro mínimo de corte de 50 cm para ambos.

Segundo Higuchi (1994), o manejo florestal sustentado é as vezes confundido com silvicultura tropical, e também é usado como sinônimo de manejo da regeneração natural do povoamento remanescente da exploração florestal, ou seja, manejo florestal em regime sustentado é a aplicação de sistemas silviculturais em florestas destinadas a produção de madeira e a condução da regeneração natural do

povoamento remanescente, visando uma produção continua dos produtos da floresta.

O novo Código Florestal, lei nº 12.651 de 25/05/2012, trouxe normas que visam além dos componentes florestais, o uso e ocupação da terra, bem como adequação e regularização das propriedades rurais para a sua plena produção. Nesta lei o conceito de manejo sustentável foi apresentado como: administração da vegetação natural 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 madeireiras ou não, de múltiplos produtos e subprodutos da flora, bem como a utilização de outros bens e serviços (SOUZA, 2015).

O sistema de manejo policíclico é o que melhor se adaptou à estrutura da floresta Amazônica, induzindo a uma boa regeneração, apesar do ponto negativo deste método ser a exploração seletiva das espécies, onde são exploradas apenas as mais raras e valiosas, provocando grande pressão nas populações dessas espécies e permitindo que outras, menos desejáveis economicamente, se estabeleçam no povoamento após a extração (SOUZA, 2012).

De acordo com Carneiro (2010), é fundamental que o manejo florestal seja consolidado como uma ferramenta de uso sustentável no uso das florestas amazônicas, por isso é importante conhecer como as florestas exploradas renovam seus recursos, em função do seu estoque, dinâmica e dos potenciais qualitativos e quantitativos. A dinâmica florestal referente às mudanças florísticas e estruturais que ocorrem em uma floresta com o passar do tempo pode ser entendida como processo de sucessão florestal.

O manejo sustentável da floresta para a produção de madeira exige que as funções florestais sejam mantidas e o estoque de espécies comerciais se recupere durante cada ciclo de corte para permitir uma provisão contínua de serviços ecossistêmicos e um rendimento sustentável das espécies alvo, sendo a manutenção de níveis adequados de estoque em crescimento e a facilitação da regeneração de espécies de madeira comercial o desafio central para a silvicultura tropical (AVILA et al., 2017).

Entretanto alguns trabalhos vêm mostrando que as intervenções silviculturais afetaram a composição das espécies e estimularam o recrutamento de espécies pioneiras, e ainda que o número de indivíduos pós-exploração seja maior

que o número de indivíduos pré-exploração, o volume e a área basal apresentam recuperação mais lenta principalmente nas classes a partir de 45cm de diâmetro (OLIVEIRA, 2005; AVILA et al., 2015; AVILA et al., 2017), além disso a redução no crescimento à medida que ocorre o fechamento do dossel pode levar a ciclos de corte maiores do que os desejáveis (AZEVEDO 2006).

Mazzei e Ruschel (2014) estudando o estoque comercial para o segundo ciclo da floresta do sítio experimental do km 67 (Flona Tapajós) concluiu que a floresta possui volume comercial disponível para a colheita do início do segundo ciclo de corte seguindo as restrições da legislação brasileira. O volume a ser colhido, de até  $30\text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ , poderá, caso necessário, ser inteiramente constituído de novas árvores ingressas após a exploração. Embora a intensidade de colheita do primeiro ciclo tenha sido elevada,  $72\text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ , a floresta apresentou resiliência. As novas estrutura e composição florística observadas após 31 anos de monitoramento refletem a intensidade da exploração imposta à floresta no primeiro ciclo. O mesmo grupo de espécies comerciais participará desta nova colheita, porém em ordem de importância diferente daquela observada na primeira colheita. A chave para a manutenção da mesma volumetria por espécie em diferentes ciclos de corte, caso seja o objetivo do manejador, está na escolha criteriosa do indivíduo a ser colhido, obedecendo- se a dinâmica e a ecologia pós-colheita de cada espécie.

Phillips et al (2004) utilizaram o modelo SYMFOR para simular a prática da época de manejo florestal na Amazônia brasileira, com extração de madeira de  $40\text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ , com um ciclo de corte de 30 anos. Os resultados mostram que os rendimentos são sustentados por três colheitas, mas que a composição de espécies de madeira tende em direção a espécies de madeiras leves em vez de madeiras duras. O tamanho previsto de árvores extraídas diminui e o número de árvores extraídas aumenta com as colheitas sucessivas, levando a uma previsão de aumento de custos e menor lucro para a empresa madeireira, apesar dos rendimentos constantes. O volume do povoamento, incluindo todas as árvores, antes da colheita, é reduzido em 15% ao longo de 150 anos, sendo que as espécies pioneiras prevalecem cada vez mais no povoamento.

A alteração do ecossistema florestal pode ser observada na regeneração natural através da composição de espécies que existiam antes e depois da exploração. Por isso esclarecimentos sobre o processo de regeneração de uma floresta manejada contribui para o emprego de um sistema silvicultural que não

apenas extraia madeira, mas que favoreça a regeneração e o estoque em desenvolvimento, bem como mantenha a diversidade da floresta (MENDES, 2016).

Oliveira (2005) afirma que a ausência de uma adequada regeneração natural da maioria das espécies comerciais depois da colheita associada a elevada competição entre indivíduos comerciais remanescentes com espécies sem valor de mercado são algumas das causas que põem em risco a sustentabilidade do manejo de florestas tropicais.

O estudo da regeneração florestal é importante para avaliar a capacidade de recuperação da floresta para o próximo ciclo de manejo. Avaliar a regeneração das espécies florestais comerciais, em termos de estoque e dinâmica, é fundamental no planejamento das atividades do manejo florestal.

Nos dias de hoje o manejo florestal sustentável é apontado como uma das melhores opções de utilização dos recursos naturais sem degradação ambiental. Entretanto, ainda há uma necessidade de maior entendimento sobre a capacidade de produção futura da floresta.

Conhecer e compreender a dinâmica da regeneração natural em florestas manejadas comercialmente, dando enfoque nas espécies comerciais/potenciais, é de grande importância para que se possa alcançar a sustentabilidade do manejo florestal. Diante do exposto a principal motivação deste trabalho é investigar o estoque e dinâmica da regeneração natural das espécies comerciais/potenciais de uma área submetida a sistema silvicultural policíclico.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Estudar a dinâmica e a evolução do estoque ao longo do tempo, da regeneração natural de espécies comerciais/potenciais de um povoamento submetido a um sistema silvicultural policíclico na Amazônia Central.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- 1) Quantificar o estoque da regeneração natural (número de indivíduos, área basal, volume e número de espécies) de espécies comerciais/potenciais;
- 2) Avaliar o comportamento da dinâmica da regeneração natural (incremento, mortalidade e recrutamento) de espécies comerciais/potenciais;
- 3) Agrupar as espécies comerciais/potenciais com base nas taxas de crescimento (incremento em diâmetro);
- 4) Avaliar as fases de desenvolvimento da floresta (floresta madura, floresta em construção e clareiras).

### **3 HIPÓTESES DE TRABALHO**

- 1) A floresta sob regime de manejo florestal apresenta evolução positiva do estoque da regeneração de espécies comerciais/potenciais;
- 2) A dinâmica (ingresso) de espécies comerciais/potenciais após a exploração, da regeneração natural, apresenta valores mais elevados quando comparado ao povoamento antes da exploração e;
- 3) A floresta madura é o status atual de uma área submetida a manejo.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 EXPLORAÇÃO MADEIREIRA NA AMAZÔNIA

As florestas brasileiras ocupam cerca de 463 milhões de hectares, ou cerca de 54% do território nacional, sendo que 456 milhões de hectares são de florestas naturais, onde foi estimado para o bioma Amazônia uma área de mais de 325 milhões de hectares (SFB, 2013). De acordo com Rankin (1985) e Hummel et al. (2010), a exploração na Amazônia ocorre a cerca de três séculos, onde no início era restrita praticamente as florestas de várzea ao longo dos principais rios da Amazônia. Durante esse período, a extração de madeira era extremamente seletiva e seus impactos eram pequenos.

A partir das décadas de 60 e 70 teve início um acelerado crescimento do setor florestal na Amazônia, das quais as principais razões para isso foram as aberturas de estradas pelo governo brasileiro nos anos de 1960 e 1970, o esgotamento de madeiras da região sul do país, maior demanda de madeira e baixo custo e elevada abundância de madeira na região amazônica (TAKEDA, 2015).

Com a abertura de estradas proporcionando acesso a extensas áreas de terra firme deu-se o surgimento de uma indústria madeireira extensiva e migratória, baseada no baixo custo da matéria prima (VERÍSSIMO et al., 2002) e, portanto, maior impacto e pressão sobre a floresta. Nesse sentido, Leal (2010) afirma que a intensa ocupação da Amazônia e as políticas governamentais influenciaram tanto na forma de uso da terra como nas formas de apropriação e utilização dos recursos naturais.

Ainda que a grande oferta de madeira tropical existente no Brasil/Amazônia possa resultar em um bom desempenho econômico, isso não garante a conservação da floresta, pois uma produção continua de madeira associada a conservação da floresta só é alcançada pelo uso do Manejo Florestal (GAMA et al., 2005).

### 4.2 MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL

Segundo Higuchi (1994), o Manejo Florestal Sustentado é às vezes confundido com Silvicultura tropical, e também é usado como sinônimo de manejo

da regeneração natural do povoamento remanescente da exploração florestal, ou seja, manejo florestal em regime sustentado é a aplicação de sistemas silviculturais em florestas destinadas a produção de madeira e a condução da regeneração natural do povoamento remanescente, visando uma produção continua dos produtos da floresta.

Atualmente a definição de Manejo Florestal não é mais somente técnica e do âmbito florestal. Manejo Florestal passou a ser entendido dentro do contexto maior, visando orientar a atividade do homem e das futuras gerações com base no desenvolvimento sustentável, não sendo mais suficiente para o manejo florestal apenas o fluxo contínuo de produtos através dos tempos (AZEVEDO, 2006), ainda segundo o autor, outro fator importante é a adoção de políticas sérias tanto pelas instituições da sociedade quanto pelas empresas, dentro do contexto de uma sociedade decente e do princípio de responsabilidade.

De acordo com Higuchi (1994), há dois tipos básicos de manejo florestal sustentável: o monocíclico (uniforme) e policíclico (cortes sucessivos). O sistema monocíclico, praticamente extinto, pressupõe a colheita em apenas um corte e o retorno após a recuperação da floresta, entretanto o tempo de retorno a mesma área pode alcançar 100 anos, um exemplo é o Sistema Uniforme Malaio. O sistema policíclico, geralmente bicíclico, pressupõe cortes sucessivos com retorno de acordo com o ciclo de corte arbitrado, como exemplos pode-se citar o Sistema Malaio Shelterwood Tropical e o Sistema CELOS do Suriname.

No sistema policíclico as espécies de interesse comercial que atingiram o diâmetro mínimo de corte são exploradas, restando os indivíduos de diâmetro menores, os quais são o estoque para o próximo ciclo de corte, com isso tem-se a redução do tempo de retorno, o qual pode variar de 20 a 40 anos (HIGUCHI, 1994).

Uma parte essencial das práticas de manejo sustentável aplicado em sistemas silviculturais policíclicos é a Exploração de Impacto Reduzido (POKORNY et al., 2005), pois tem como finalidade minimizar o impacto sobre a floresta remanescente e o solo (SABOGAL et al., 2000), nesse sentido a colheita florestal realizada de acordo com critérios técnicos do manejo florestal sustentável pode minimizar os danos às árvores remanescentes, em especial a regeneração natural, garantindo assim a sustentabilidade da floresta (PINTO et al., 2002).

De acordo com Carneiro (2010), é fundamental que o manejo florestal sustentável seja consolidado como uma ferramenta de uso sustentável no uso das

florestas amazônicas, por isso é importante conhecer como as florestas exploradas renovam seus recursos, em função do seu estoque, dinâmica e dos potenciais qualitativos e quantitativos, sendo a dinâmica florestal referente as mudanças florísticas e estruturais que ocorrem em uma floresta com o passar do tempo, o que pode ser entendido como processo de sucessão florestal.

O entendimento da sucessão florestal é essencial para garantir a sustentabilidade de um plano de manejo florestal onde a intervenção significa a formação de várias clareiras dentro da floresta (CARNEIRO, 2010). Clareiras originadas pela exploração florestal favorecem temporariamente o estabelecimento de um grande número de plântulas de espécies arbóreas pioneiras e clímax, que podem ser originadas tanto do banco de sementes, quanto da chuva de sementes (LEAL FILHO, 2000) favorecendo assim o crescimento de espécies comerciais, principalmente as intolerantes à sombra (CARVALHO et al. 2004).

De acordo com Maciel et al. (2002), o processo sucessional que ocorre em florestas tropicais úmidas é resultado da formação de clareiras sejam elas naturais ou não, ou seja, a sucessão e a diversidade da floresta estão relacionadas diretamente com as variações na disponibilidade de luz no ambiente.

Marciel et al. (2003) afirmam que existe consenso que os processos de dinâmica de sucessão natural das florestas tropicais dependem, fundamentalmente, da formação de clareiras por morte ou queda natural de árvores. Portanto, ao se pensar em manejo florestal sustentável deve-se levar em consideração o processo de dinâmica de sucessão natural em clareiras.

#### 4.3 REGENERAÇÃO NATURAL

De acordo com Jardim (2015) o termo regeneração natural na terminologia florestal tem dois significados, que devem ser entendidos dentro do contexto em que são aplicados. O primeiro pode se referir à caracterização de um estado atual de vegetação (conceito estático) sendo expresso como "o número de indivíduos jovens de uma população" ou "número de indivíduos abaixo de um certo tamanho", ou mesmo em termos fisiológicos, "indivíduos que não atingiram a idade reprodutiva"; O segundo refere-se ao processo de renovação de quotas de uma população ou stand (conceito dinâmico).

Segundo Gama et al., (2002) a regeneração natural são as interações de processos naturais buscando o restabelecimento do ecossistema florestal, sendo considerada parte do ciclo de crescimento da floresta, e refere-se às fases iniciais de seu estabelecimento e desenvolvimento. Carvalho (1982) afirma que o estudo da regeneração natural permite a realização de previsões sobre o comportamento e desenvolvimento futuro da floresta, fornecendo a relação e a quantidade de espécies que constituem seu estoque, bem como suas dimensões e distribuição na área.

A regeneração da floresta de um ponto de vista dinâmico significa quantificar o equilíbrio entre os processos de recrutamento (ou ingresso), mortalidade e crescimento. Esta avaliação requer duas amostras estáticas espaçadas no tempo, que podem ser conduzidas usando parcelas permanentes ou temporárias (JARDIM, 2015). Em parcelas permanentes, é possível avaliar a mortalidade e o ingresso / recrutamento das espécies, a dinâmica dos atributos individuais da planta (por exemplo, DAP, altura e volume do tronco) e os atributos médios individuais e grupais (por exemplo, área basal, abundância e volume). Em parcelas temporárias, só é possível avaliar a dinâmica dos atributos médios, ou seja, não é possível avaliar a entrada/recrutamento, a mortalidade ou o crescimento de uma árvore individual.

Considerando-se a necessidade e importância de conhecer a regeneração natural, estudos como os de Carvalho (1982), Higuchi et al. (1985), Jardin (1987), Vieira e Hosokawa (1989), Gama et al. (2002), Oliveira e Amaral (2005), Schorn e Galvão (2006), Rayol et al. (2008), Venturoli (2011), Avila et al. (2013), entre outros, tem sido feitos no Brasil e principalmente na Amazônia abordando aspectos para descrever a regeneração natural e seus atributos florísticos (ocorrência de espécies, índices de diversidade e grupos sucessionais) e estruturais (densidade, frequência, classes de altura e valor importância), entretanto poucos estudos focaram na regeneração natural de espécies comerciais, abordando sempre a regeneração total.

Diferentes critérios de tamanho da parcela amostrada e inclusão de plantas lenhosas têm sido usados nos levantamentos, geralmente entre 3 e 10 cm de DAP (MENDES, 2016), essas diferenças nos critérios de inclusão dificultam comparações entre os trabalhos desenvolvidos sobre a regeneração natural.

Em floresta não explorada no Pará, Carvalho (1982) analisou a estrutura da regeneração natural com indivíduos a partir de 10 cm de altura até 15 cm de diâmetro e distribuídas em 7 classes sociológicas. Nos 35 hectares de floresta tropical úmida o autor contabilizou uma composição florística de 106 espécies, 95

gêneros e 36 famílias botânicas. As famílias com maior número de indivíduos em regeneração naquela área foram Annonaceae, Euphorbiaceae, Leguminosae, Lecythidaceae e Lauraceae.

Lima Filho et al. (2002) analisaram a regeneração natural de três hectares, em floresta ombrófila de terra firme não explorada na região do rio Urucu no Amazonas, abordando todos os indivíduos com altura total maior ou igual a 10 cm até 3,0 m e diâmetro à altura do peito (DAP) menor que 10 cm. O sistema de amostragem adotado foi o sistemático que consistiu em 20 parcelas de 2 x 2 m. As espécies que mais se destacaram foram *Protium subserratum* com valores médios de 30,55%, *Inga receptabilis* com 15,85%, *Oenocarpus bacaba* com 12,35% e *Oenocarpus bataua* com 11,42%.

Avila et al. (2013), buscaram caracterizar os mecanismos de regeneração natural em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS, Brasil, utilizando seis conglomerados de 1 ha, com 16 parcelas (20x20 m) cada, desconsiderando 10 m de bordadura. Os mecanismos de regeneração foram avaliados quanto à composição florística e estrutura horizontal. O banco de sementes do solo demonstrou potencial para colonização imediata e restabelecimento da vegetação após perturbações e o banco de plântulas consiste na principal estratégia de regeneração de muitas espécies arbóreas que compõe a atual estrutura da floresta.

#### 4.4 REGENERAÇÃO NATURAL EM FLORESTAS SUBMETIDAS A MANEJO

Os efeitos procedentes das ações antrópicas causam alterações na dinâmica das florestas nativas, influenciando a estrutura e a regeneração das populações de espécies florestais (AVILA et al., 2016). Estimular ou conduzir a regeneração natural é um importante método de restaurar a vegetação nativa, devido ao menor custo e ao ganho em diversidade vegetal no local restaurado, pois permite que espécies de outras formas de vida que não somente a arbórea sejam incorporadas à área, aumentando a representatividade florística e genética das formações vegetais em restauração com maior probabilidade de sucesso (RODRIGUES e GANDOLFI, 2004; MARTINS, 2013)

As lacunas formadas durante a exploração madeireira afetam a distribuição e o crescimento de muitas espécies, favorecendo na maioria das vezes a

regeneração de espécies de valor não comercial, reduzindo assim o valor da floresta residual quando considerados futuros ciclos de exploração madeireira (Johns, 1997; Vieira, 1995).

Magnusson et al. (1999), estudaram o efeito da exploração experimental de parcelas de 4 ha na regeneração de espécies de árvores em uma floresta a 90 km ao norte de Manaus, observaram que a densidade da regeneração estabelecida (DAP  $\leq$  10 cm e altura  $\geq$  2 m) foi maior nas parcelas exploradas do que nas parcelas de controle quando medidas 3 e 7-8 anos após a exploração. A riqueza de espécies também foi significativamente maior nas parcelas exploradas do que nos controles. A maioria das espécies aumentou em densidade após a exploração madeireira (média = 17%), e o número de indivíduos pertencentes a espécies com valor comercial no mercado local foi 15% maior em parcelas exploradas do que nas parcelas de controle.

Vieira e Hosokawa (1989), avaliando a composição florística e índices de agregação da regeneração natural de uma floresta tropical úmida na região de Manaus, um ano após o corte seletivo, sob quatro níveis de exploração observaram que o grau de antropização (tratamentos) influenciam no número total de indivíduos e no número de indivíduos por classe de tamanho. A composição florística compreendeu 291 espécies, 169 gêneros e 56 famílias. As famílias predominantes foram: Burseraceae, Annonaceae, Violaceae, Melastomataceae e Rubiaceae.

Lima et al. (2002), investigou a variação na densidade de regeneração de cinco espécies arbóreas, com altura maior que 2 m e diâmetro à altura do peito (DAP) menor que 10 cm, de valor comercial, em relação a diferentes intensidades de corte seletivo de madeira em 14 parcelas de 4 ha, em uma área da região de Manaus (AM) e observou que a redução em volume de árvores em pé, de valor comercial ou não, variou de 44 para 107 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. As espécies estudadas foram *Aniba hostmanniana* (louro-amarelo), *Ocotea aciphylla* (louro-fofo), *Licaria pachycarpa* (louro-preto), *Eschweilera coriacea* (matamatá-amarelo) e *Gouania glabra* (cupiúba). O número de indivíduos das espécies *Gouania glabra* e *Aniba hostmanniana* apresentou correlação positiva e significante em relação à intensidade de corte, enquanto *Ocotea aciphylla*, *Licaria pachycarpa* e *Eschweilera coriacea* apresentaram correlações não-significativas, além disso observou que em áreas que sofreram exploração recentes, o número de indivíduos de *Gouania glabra* e *Aniba hostmanniana* aumentaram, quando comparado ao das áreas-controle.

Darrigo et al. (2016), avaliando os efeitos da exploração de impacto reduzido na regeneração da floresta na Amazônia central em uma cronosequência que abrangeu 11 anos após a exploração em que foram amostradas 144 parcelas, afirma que o desempenho das mudas foi afetado pelas alterações do habitat causadas pela exploração e que o crescimento é melhor até três anos após a exploração madeireira para todas as espécies. No entanto, em cinco das sete espécies analisadas, as taxas de mortalidade encontradas foram maiores que as dos sítios de controle, concluindo que as respostas demográficas às alterações abióticas resultantes da exploração seletiva afetam os padrões de regeneração das espécies arbóreas e, a longo prazo, podem influenciar a estrutura das comunidades de florestas tropicais.

Schwartz et al. (2017), afirmam que distúrbios causados pela exploração madeireira e eventos naturais aumentaram a densidade das espécies comerciais, exceto quando esses distúrbios foram excessivos. Os aumentos na densidade de espécies comerciais são mais pronunciados entre as espécies que exigem a luz, especialmente nas clareiras de exploração madeireira, trilhas de arraste e bordas de estradas, entretanto, após a exploração, a regeneração natural das espécies exploradas ainda é considerada baixa para os locais estudados.

Oliveira (2005), avaliando o efeito da exploração de madeira e de diferentes intensidades de desbastes sobre a dinâmica da vegetação de uma área de 136 hectares na Floresta Nacional do Tapajós observou que, 21 anos depois da exploração e nove anos após os desbastes, todos os tratamentos, exceto o testemunha, apresentaram aumento no número de espécies, e cinco anos após a exploração, todos os tratamentos apresentaram número de árvores superior ao encontrado antes da intervenção, inclusive considerando somente as espécies de valor comercial. Porém, a área basal e o volume apresentaram recuperação mais lenta, ocorrendo de forma mais efetiva nas primeiras classes de diâmetro (5-45cm). Nas classes acima de 45cm, que foram as mais afetadas pela extração de madeira, a área basal, 21 anos após a exploração, a média foi 30% abaixo do valor original.

Na mesma área Avila et al. (2015), investigaram a dinâmica de médio prazo da composição de espécies arbóreas em resposta a intervenções silviculturais intensivas em uma floresta tropical e constatou que após trinta anos a composição das espécies com DAP maior ou igual a 10 cm é afetada pelas intervenções

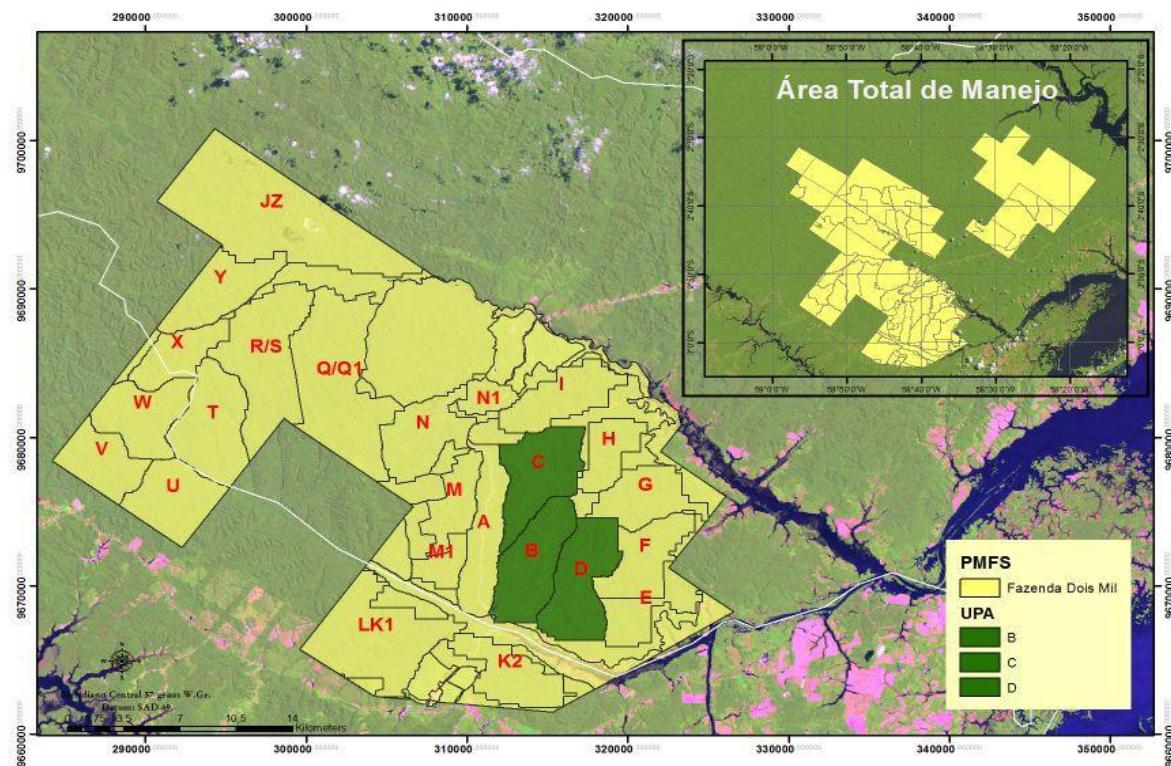
silviculturais, entretanto a composição de indivíduos com DAP entre 5 e 10 cm, após 30 anos é semelhante ao da floresta não explorada.

Ainda na mesma área, no entanto agora avaliando o recrutamento, crescimento e recuperação de espécies de árvores comerciais ao longo de 30 anos após a exploração madeireira e desbaste em uma floresta tropical, Avila et al. (2017) concluíram que o recrutamento e o crescimento aumentaram temporariamente, enquanto a recuperação do estoque de madeiras colhidas anteriormente diminuiu com a intensidade das intervenções silvícolas. As intervenções silviculturais promoveram principalmente recrutamento e crescimento de espécies pioneiras, indicando que as futuras colheitas terão, portanto, que depender de um grupo diferente de espécies madeireiras do que aquela anteriormente colhida e afirma que a regeneração disponível de espécies alvo no momento da colheita é muito importante para facilitar a recuperação de estoque de madeira de espécies de árvores valiosas.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A fazenda Dois Mil é uma área de manejo florestal pertencente a empresa Mil Madeireira Preciosas Ltda., que se localiza entre os paralelos  $2^{\circ}43'$  e  $3^{\circ}04'$  de latitude S e  $58^{\circ}31'$  e  $58^{\circ}57'$  de longitude W (Figura 1), no quilômetro 227 da rodovia estadual AM-10. Para a produção regular de madeira é utilizada uma área, aproximada, de 50.000 hectares de floresta primária.



**Figura 1.** Área total do Plano de Manejo Florestal com a divisão das Unidades de Produção Anual (UPA). Fazenda Dois Mil pertencente à Empresa Mil Madeiras Preciosa Ltda. Itacoatiara-AM. Fonte: Vasconcelos (2015).

A empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda. é parte integrante do grupo de investidores Precious Woods, com sede na Suíça. Por este fato a empresa também utiliza como nome fantasia Precious Woods Amazon (PWA).

A madeira colhida é processada como madeira serrada, produtos acabados e semiacabados (principalmente para exportação para a Europa, Estados Unidos e Ásia), na própria serraria e instalações fabris da Mil Madeiras. A madeira restante é queimada em uma usina termoelétrica de turbina a vapor para gerar eletricidade. O

clima da área é do tipo “AmW”, de acordo com a classificação de Koppen, com estação seca de dois a três meses (com precipitação mensal nunca inferior a 50 mm), precipitação média anual de 2.200 mm e temperatura média anual de 26° C. Os solos são do tipo Latossolo Amarelo Distrófico com pH variando entre 4,3 e 4,7, saturação de alumínio entre 85 e 90% e teor de fósforo abaixo de 4 mg/dm<sup>3</sup>.

O relevo é um planalto dissecado, com platôs levemente inclinados, com algumas encostas bastante íngremes limitando estas florestas. Estas encostas podem ter de 5 a 20 m de profundidade, com declives de 10° a 40°. O ponto mais alto no mapa topográfico da propriedade é encontrado a cerca de 128 m, e o mais baixo a 40 m, com distância entre estes pontos de cerca de 40 km, as espécies comerciais estão localizadas na área de terra firme constituída pela Floresta Ombrófila Densa (PMFS/Mil Madeiras, 2013).

## 5.2 COLETA DE DADOS

Foram utilizados neste trabalho dados provenientes dos compartimentos B, C e D (Figura 1). A Tabela 1 mostra o histórico destes compartimentos com o número de subparcelas da regeneração natural por parcelas de 1ha.

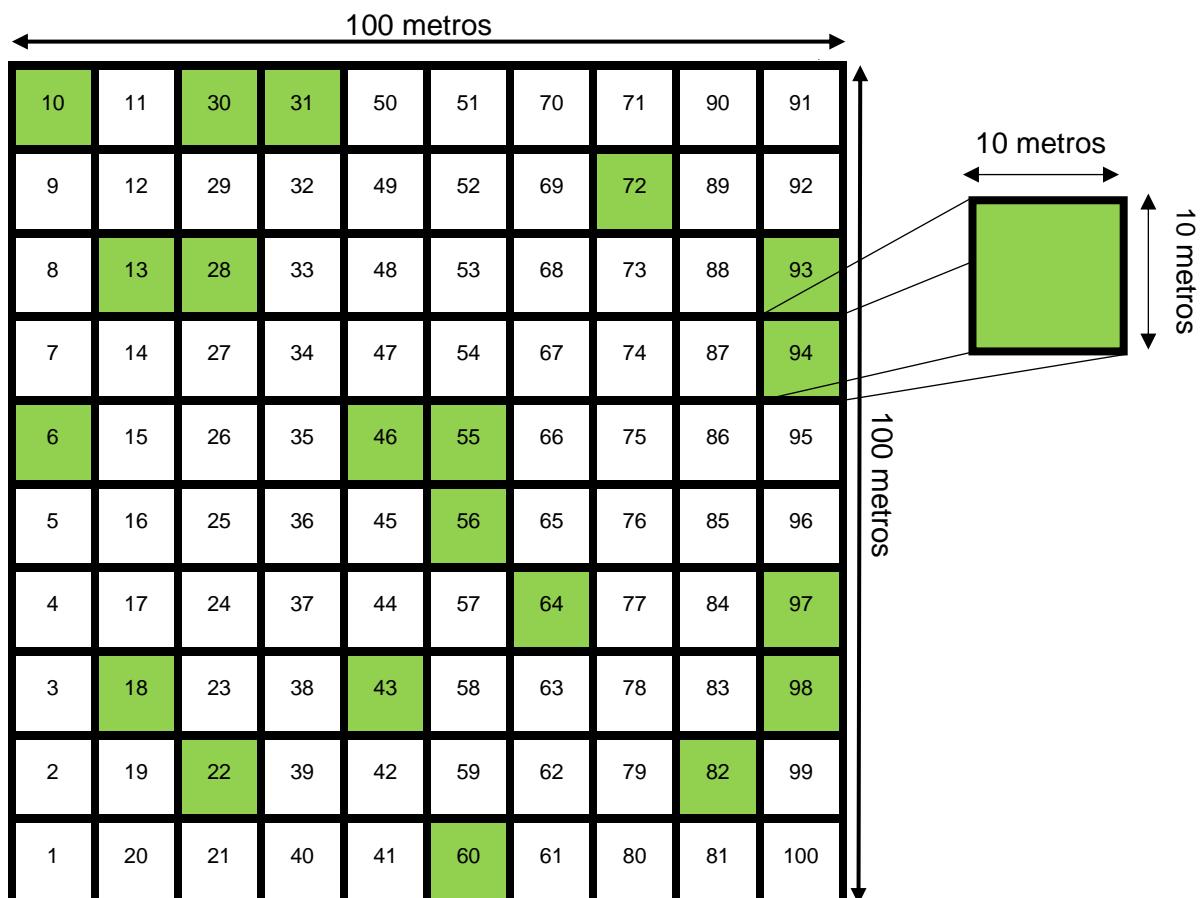
**Tabela 1.** Número de subparcelas da regeneração natural por parcelas de um hectare nos compartimentos B, C e D, com o ano de exploração, ano e mês das mensurações.

Compartimento	Exploração	Parcela Permanente				
		Medições	Mês	Ano	1ha	RN
B	1996/1997	1	Dez	1996	14	280
		2	Mai	1998		
		3	Mar	2001		
		4	Ago	2014		
C	1997	1	Out	1997	13	260
		2	Ago	2001		
		3	Dez	2014		
D	1998	1	Abril	1998	14	280
		2	Out	2001		
		3	Dez	2014		

RN = Regeneração Natural. Fonte: O autor (2018).

As parcelas foram implantadas conforme a metodologia adotada por Silva e Lopes (1984) e as diretrizes de medição e instalação de parcelas permanentes na Amazônia definidas por Silva et al. (2005).

Os compartimentos B, C e D possuem respectivamente 14, 13 e 14 parcelas permanentes de 1 hectare cada, totalizando 41 parcelas permanentes, sendo cada parcela permanente dividida em 100 subparcelas de 10 x 10 m (100 m<sup>2</sup>). Dentro de cada parcela foram sorteadas aleatoriamente 20 subparcelas, perfazendo um total de 820 subparcelas, sendo 280 subparcelas no compartimento B, 260 subparcelas no compartimento C e 280 subparcelas no compartimento D. A área total amostrada para a regeneração natural é de 8,2 hectares. Dentro de cada subparcela sorteada foram medidos todos os indivíduos com 5 cm ≤ DAP < 15 cm, os quais são classificados como arvoretas.



**Figura 2.** Representação esquemática das parcelas permanentes alocadas nas áreas da Mil Madeiras (exemplo UPA B, Parcela 1. Destaque em verde para as subparcelas onde foi inventariada a regeneração natural). Fonte: O autor (2018).

Cada arvoreta recebeu uma placa com um número composto por dois dígitos (01, 02, 03, nn...), que foi colocada logo acima do ponto de medição. Cada subparcela de arvoretas tem sua sequência própria de numeração, independente da sequência utilizada para árvores.

### **5.2.1 Diâmetro**

A medição do diâmetro foi feita com fita diamétrica e todas as arvoretas, incluindo as caídas, quebradas ou danificadas, foram medidas. Os diâmetros foram medidos em um ponto fixo no tronco, denominado ponto de medição (PDM), que deve ser estabelecido, sempre que for possível, a 1,30 m do solo (padrão internacional).

### **5.2.2 Classe de identificação do fuste de arvoretas**

A classe de identificação do fuste (CIF) é uma variável categórica e segue uma codificação numérica, esses códigos combinam a sanidade das arvoretas com o estado de seu fuste. A seguir são apresentados os códigos de classe de identificação do fuste que foram utilizados para identificar as arvoretas amostradas:

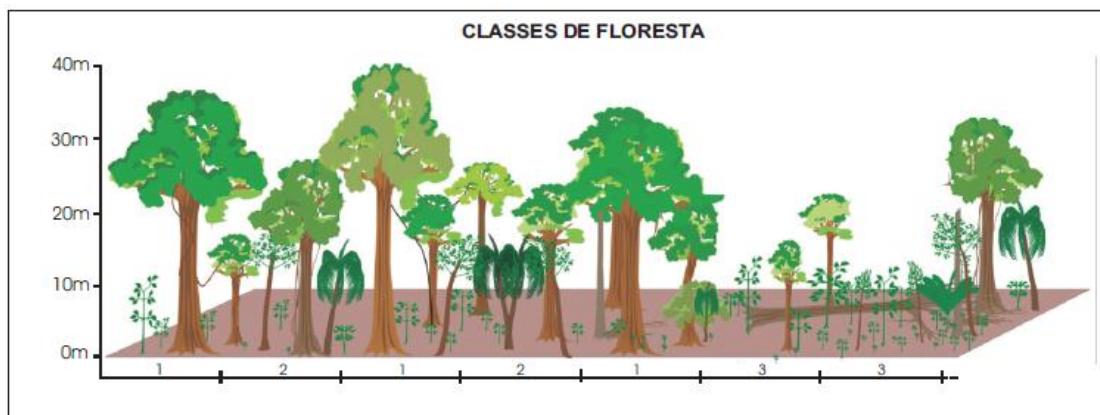
1. Arvoreta viva em pé com o fuste completo.
2. Arvoreta viva em pé, sem copa, com o fuste igual ou maior que 4,0 m de comprimento.
3. Arvoreta viva em pé, sem copa, com o fuste menor que 4,0 m de comprimento.
4. Arvoreta viva caída.
5. Arvoreta morta por causa natural.
6. Arvoreta morta decorrente da exploração.
7. Arvoreta morta decorrente dos tratamentos silviculturais.
8. Arvoreta egressa.
9. Arvoreta não encontrada.

As arvoretas que receberam os códigos de 5 a 8, em uma medição, não foram mais consideradas nas medições posteriores e seus números não foram utilizados novamente em outra arvoreta da mesma subparcela.

### 5.2.3 Registro das fases de desenvolvimento da floresta (classes de floresta)

O termo classe de floresta também é uma variável categórica com codificação numérica usada para definir as principais fases de desenvolvimento da floresta, isto é, a fase de clareira, a fase de floresta em construção e a fase de floresta madura (Whitmore, 1990). É uma variável que pode ser usada para verificar toda a dinâmica que ocorre na floresta após a exploração, até atingir as suas condições originais ou similares.

No campo, a avaliação das classes de floresta foi realizada em cada subparcela de 10 x 10 m, pois de acordo com Silva et al. (2005), áreas desse tamanho têm alta probabilidade de serem homogêneas e são suficientemente pequenas para que se possa observar claramente a fase de desenvolvimento em que se encontram.



**Figura 3.** Classes de Floresta: (1) Floresta madura, (2) Floresta em construção, (3) Clareira. Fonte: Silva et al. (2005)

Os códigos utilizados para definir as classes de floresta, que representam a situação da sua estrutura em cada subparcela na ocasião da medição, são apresentados a seguir, e ilustrados na Figura 3:

1. Floresta madura: a subparcela apresenta pelo menos uma árvore com diâmetro igual ou maior que 40 cm.
2. Floresta em construção: a subparcela apresenta pelo menos uma árvore com diâmetro igual ou maior que 10 cm e menor que 40 cm.
3. Clareira: há uma abertura no dossel, de pelo menos 50% da área da subparcela, e poucas ou nenhuma árvore com diâmetro maior que 10 cm presentes na subparcela. Quando existirem, as copas se projetam para fora do limite da subparcela.

#### 5.2.4 Espécies Comerciais/Potenciais

Para efeito de caracterização das espécies comerciais/potenciais foi utilizada a lista de espécies apresentada pela empresa Mil Madeiras Preciosas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Lista de espécies potenciais e comerciais da empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda.

	Nome Vulgar	Nome Científico	Família	Manejo	Mercado Atual
1	Abiurana	<i>Chrysophyllum prieurii</i>	Sapotaceae	Comercial	POTENCIAL FUTURO
2	Acariquara	<i>Minquartia guianensis</i>	Olacaceae	Comercial	SIM
3	Amapá	<i>Brosimum parinarioides</i>	Moraceae	Comercial	SIM
4	Amapá-doce	<i>Brosimum potabile</i>	Moraceae	Comercial	NÃO
5	Angelim-do-campo	<i>Andira laurifolia</i>	Leguminosae	Comercial	POTENCIAL FUTURO
6	Angelim-fava	<i>Hymenolobium excelsum</i>	Leguminosae	Comercial	POTENCIAL FUTURO
7	Angelim-pedra	<i>Hymenolobium modestum</i>	Leguminosae	Comercial	SIM
8	Angelim-rajado	<i>Pithecellobium incuriale</i>	Leguminosae	Comercial	SIM
9	Angelim-vermelho	<i>Dinizia excelsa</i>	Leguminosae	Comercial	SIM
10	Arurá-vermelho	<i>Iryanthera paraensis</i>	Myristicaceae	Comercial	SIM
11	Breu-branco	<i>Protium paniculatum</i>	Burseraceae	Comercial	POTENCIAL FUTURO
12	Breu-vermelho	<i>Protium puncticulatum</i>	Burseraceae	Comercial	SIM
13	Castanharana	<i>Lecythis pisonis</i>	Lecythidaceae	Comercial	NÃO
14	Castanha-sapucaia	<i>Lecythis zabucajo</i>	Lecythidaceae	Comercial	POTENCIAL FUTURO

	Nome Vulgar	Nome Científico	Família	Manejo	Mercado Atual
15	Cedrinho	<i>Scleronema micranthum</i>	Bombacaceae	Comercial	SIM
16	Cedro-vermelho	<i>Não identificado</i>	Não identificada	Comercial	NÃO
17	Coração-de-negro	<i>Swartzia corrugata</i>	Leguminosae	Comercial	SIM
18	Cumarú	<i>Dipteryx odorata</i>	Leguminosae	Comercial	SIM
19	Cumarurana	<i>Não identificado</i>	Não identificada	Comercial	NÃO
20	Cumarú-vermelho	<i>Dipteryx polyphylla</i>	Leguminosae	Comercial	NÃO
21	Cupiúba	<i>Gouania glabra</i>	Celastraceae	Comercial	SIM
22	Fava	<i>Vatairea guianensis</i>	Leguminosae	Comercial	SIM
23	Favinha	<i>Piptadenia suaveolens</i>	Leguminosae	Comercial	NÃO
24	Guariúba	<i>Clarisia racemosa</i>	Moraceae	Comercial	SIM
25	Ipê	<i>Tabebuia serratifolia</i>	Bignoniaceae	Comercial	SIM
26	Jacareúba	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Clusiaceae	Comercial	POTENCIAL FUTURO
27	Jarana	<i>Lecythis poiteaui</i>	Lecythidaceae	Comercial	NÃO
28	Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	Leguminosae	Comercial	SIM
29	Jutaí-pororoca	<i>Dialium guianense</i>	Leguminosae	Comercial	SIM
30	Louro-amarelo	<i>Licaria rigidia</i>	Lauraceae	Comercial	NÃO
31	Louro-aritú	<i>Licaria aritú</i>	Lauraceae	Comercial	SIM
32	Louro-chumbo	<i>Licaria Cannella</i>	Lauraceae	Comercial	NÃO
33	Louro-faia	<i>Roupala montana</i>	Proteaceae	Comercial	POTENCIAL FUTURO
34	Louro-gamelá	<i>Ocotea rubra</i>	Lauraceae	Comercial	SIM
35	Louro-itaúba	<i>Mezilaurus itauba</i>	Lauraceae	Comercial	SIM
36	Louro-preto	<i>Ocotea neesiana</i>	Lauraceae	Comercial	SIM
37	Louro-preto da casca fina	<i>Ocotea fragrantissima</i>	Lauraceae	Comercial	NÃO
38	Louro-preto da casca grossa	<i>Ocotea spectabilis</i>	Lauraceae	Comercial	NÃO
39	Maçaranduba	<i>Manilkara huberi</i>	Sapotaceae	Comercial	SIM
40	Mandioqueira	<i>Qualea paraensis</i>	Vochysiaceae	Comercial	SIM
41	Maparajuba	<i>Manilkara cavalcantei</i>	Sapotaceae	Comercial	SIM
42	Marupá	<i>Simarouba amara</i>	Simaroubaceae	Comercial	SIM
43	Matamatá-preto	<i>Eschweilera coriacea</i>	Lecythidaceae	Comercial	POTENCIAL FUTURO
44	Muiracatiara	<i>Astronium lecointei</i>	Anacardiaceae	Comercial	SIM
45	Muirapiranga	<i>Brosimum rubescens</i>	Moraceae	Comercial	NÃO
46	Mururé	<i>Brosimum acutifolium</i>	Moraceae	Comercial	NÃO

	Nome Vulgar	Nome Científico	Família	Manejo	Mercado Atual
47	Paricarana	<i>Parkia paraenses</i>	Leguminosae	Comercial	NÃO
48	Pau-amarelo	<i>Euxylophora paraenses</i>	Rutaceae	Comercial	NÃO
49	Pequiá	<i>Caryocar villosum</i>	Caryocaraceae	Comercial	SIM
50	Pequiá-marfim	<i>Aspidosperma desmanthum</i>	Apocynaceae	Comercial	SIM
51	Pequiarana	<i>Caryocar glabrum</i>	Caryocaraceae	Comercial	POTENCIAL FUTURO
52	Preciosa	<i>Aniba canellilla</i>	Lauraceae	Comercial	NÃO
53	Sucupira-amarela	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Leguminosae	Comercial	SIM
54	Sucupira-preta	<i>Diplostropis racemosa</i>	Leguminosae	Comercial	SIM
55	Sucupira-vermelha	<i>Andira parviflora</i>	Leguminosae	Comercial	SIM
56	Tanibuca	<i>Buchenavia viridiflora</i>	Combretaceae	Comercial	POTENCIAL FUTURO
57	Tauari-branco	<i>Couratari guianensis</i>	Lecythidaceae	Comercial	NÃO
58	Tauari-cachimbo	<i>Cariniana rubra</i>	Lecythidaceae	Comercial	NÃO
59	Tauari-vermelho	<i>Cariniana micrantha</i>	Lecythidaceae	Comercial	POTENCIAL FUTURO
60	Taxi	<i>Tachigali spp.</i>	Leguminosae	Comercial	NÃO
61	Taxi-amarelo	<i>Sclerolobium chrysophyllum</i>	Leguminosae	Comercial	POTENCIAL FUTURO
62	Taxi-vermelho	<i>Tachigali sp.</i>	Leguminosae	Comercial	NÃO
63	Tento	<i>Ormosia arborea</i>	Leguminosae	Comercial	NÃO
64	Timborana	<i>Piptadenia suaveolens</i>	Leguminosae	Comercial	POTENCIAL FUTURO
65	Ucuúba	<i>Virola duckei</i>	Myristicaceae	Comercial	NÃO
66	Uxi	<i>Endopleura uchi</i>	Humiriaceae	Comercial	SIM
67	Violeta	<i>Peltogyne catingae</i>	Leguminosae	Comercial	SIM

### 5.3 ESTIMATIVA DA ÁREA BASAL E DO VOLUME PARA A REGENERAÇÃO NATURAL

A área basal e o volume foram estimados para todos os indivíduos e para todas as medições. Para estimar a área basal foram utilizadas as seguintes formulas:

$$g_i = \frac{\pi * DAP^2}{40000}$$

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

Onde:  $g_i$  é a área da seção transversal individual,  $\pi$  é uma constante matemática, DAP refere-se ao diâmetro à altura do peito em cm e  $G$  é a área basal em  $m^2.ha^{-1}$ .

O volume foi estimado pela equação ajustada por Lima (2010) ( $R^2= 0,89$  e incerteza = 4,0%), feita para região central de Manaus:

$$V_i = 0,001176 * (DAP)^{1,99868}$$

Onde:  $V_i$  corresponde ao volume da arvoreta com casca em  $m^3$  e DAP é o diâmetro medido à altura do peito em cm.

#### 5.4 ESTOQUE

Em termos florestais estoque refere-se às árvores de um certo tamanho que permaneceram no povoamento para o próximo ciclo de corte; em relação à regeneração natural, pode ser entendido como os indivíduos que estão presentes no sub-bosque e que podem ser recrutados para classes superiores, por exemplo DAP. O estoque foi avaliado em número de indivíduos por área (N), área basal (G), volume (V) e quantidade de espécies (S), para a população total e comercial/potencial.

#### 5.5 MORTALIDADE, RECRUTAMENTO E INCREMENTO

A mortalidade e o recrutamento foram calculados para o povoamento total e também para as espécies comerciais/potenciais. De acordo com Sanquette (1996), mortalidade é definida como o número de árvores vivas que foram mensuradas em um primeiro inventário, e encontram-se mortas no período posterior ou próximo inventário. As taxas de mortalidade foram obtidas por meio das seguintes equações:

$$M_{Pov. \ total}(\%) = \frac{n\úm. \ de \ arvoretas \ total \ que \ morreram}{n\úm. \ de \ arvoretas \ total \ na \ medi\ç\ao \ anterior} \times 100$$

$$M_{Esp. \ comerciais}(\%) = \frac{n\úm. \ de \ arvoretas \ comerciais/potenciais \ que \ morreram}{n\úm. \ de \ arvoretas \ comerciais/potenciais \ na \ medi\ç\ao \ anterior} \times 100$$

O recrutamento foi considerado como o número de árvores que atingiu o DAP  $\geq 5$  cm. As taxas de recrutamento foram obtidas por meio das seguintes equações:

$$R_{Pov. \ total}(\%) = \frac{n\úm. \ de \ arvoretas \ total \ que \ ingressaram}{n\úm. \ de \ arvoretas \ total \ da \ medi\ç\ao \ anterior} \times 100$$

$$R_{Esp. \ comerciais}(\%) = \frac{n\úm. \ de \ arvoretas \ comerciais/potenciais \ que \ ingressaram}{n\úm. \ de \ arvoretas \ comerciais/potenciais \ na \ medi\ç\ao \ anterior} \times 100$$

Os incrementos periódicos anuais (IPA) foram calculados para o diâmetro, área basal e volume, para o povoamento total e para o povoamento comercial/potencial conforme a expressão a seguir:

$$IPA = \frac{C_2 - C_1}{(ANO_2 - ANO_1) + \left( \frac{MES_2 - MES_1}{12} \right)}$$

Onde:  $ANO_2$  e  $ANO_1$  são anos no final e no início do período respectivamente,  $MES_2$  e  $MES_1$  são meses no final e no início do período respectivamente,  $C_2$  e  $C_1$  são mensurações no final do período e no início do período, respectivamente, da variável de interesse e IPA é o incremento periódico anual.

A mortalidade, o recrutamento e os incrementos em diâmetro, área basal e volume, foram calculados para todas as espécies, compartimento e intervalos de medições conforme a Tabela 1.

## 5.6 ANALISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Foi utilizada estatística descritiva (média, variância e, desvio padrão) para a caracterização geral do povoamento total e comercial/potencial, para as variáveis DAP, área basal (G), volume (V), número de árvores (N), número de espécies (S), recrutamento (R%), mortalidade (M%) e incremento periódico anual (IPA-DAP,G,V).

Com objetivo de verificar se existia diferença estatística entre compartimentos (B, C e D) para o estoque antes da exploração e nos anos subsequentes à exploração foi realizada uma análise de variância (ANOVA). Sendo detectada diferença estatística na análise foi conduzido o teste de comparação de médias baseado no método de Tukey a 95% de probabilidade. Os tratamentos analisados foram os compartimentos, para as variáveis DAP, G, V, N e S.

As seguintes hipóteses foram testadas:

$$H_0: \mu_B = \mu_C = \mu_D$$

$$H_1: \mu_B \neq \mu_C \neq \mu_D$$

Onde,  $\mu_B$  = média da variável de interesses do compartimento B,  $\mu_C$  = média da variável de interesse do compartimento C e  $\mu_D$  = média da variável de interesse para o compartimento D.

Para comparar a evolução do estoque ao longo do tempo, dentro do compartimento, a fim de verificar a diferença estatística antes e após a exploração, recuperação do povoamento florestal remanescente, foi realizado um teste de hipóteses com base na estatística t, para amostras independentes, incluindo ingresso e mortalidade, a 95% de probabilidade ( $\alpha = 0,05\%$ ).

- Variâncias iguais

$$S^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}; t = \frac{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}{\sqrt{S^2 \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}; gl = n_1 + n_2 - 2$$

- Variâncias diferentes

$$S_i^2 = \frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}{n-1}; \quad t = \frac{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}{\sqrt{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)}}; \quad gl = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1-1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2-1}}$$

Onde:

$\bar{X}_1$  = média da variável de interesse antes da exploração.

$\bar{X}_2$  = média da variável de interesse após a exploração.

$S_1^2$  = variância da variável de interesse antes da exploração.

$S_2^2$  = variância da variável de interesse após a exploração.

$t$  = valor de  $t$ .

$gl$  = graus de liberdade.

O teste  $t$  foi realizado para todas as variáveis do estoque (N,G,V,DAP e S), por compartimento, para o povoamento total e povoamento comercial/potencial.

Foram testadas as seguintes hipóteses:

$H_0: \mu_a = \mu_i$

$H_1: \mu_a \neq \mu_i$

Onde,  $\mu_a$  = média da variável antes da exploração e  $\mu_i$  = média da variável no ano  $i$  depois da exploração.

Para avaliar o efeito do sistema silvicultural sobre a dinâmica da regeneração natural (incremento, mortalidade e recrutamento), por compartimento, para os intervalos que incluem a exploração e pós exploração (2001-2014), foi utilizada a estatística  $t$  de Student, para amostras independentes, ao nível  $\alpha = 0,05$ .

Testamos as seguintes hipóteses:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

Onde,  $\mu_1$  = média da variável de interesse (IPA<sub>DAP</sub>, IPA<sub>G</sub>, IPA<sub>V</sub>, M(%) e R(%)) incluindo a exploração e  $\mu_2$  = média da variável de interesse depois da exploração. foram consideradas todas as espécies e as espécies comerciais/potenciais.

Foi realizada análise de variância para verificar se o sistema de manejo interfere de maneira diferente na dinâmica dos compartimentos, incluindo a exploração e pós-exploração (2001-2014). Os tratamentos foram os compartimentos e quando houve diferença estatística foi aplicado o teste de Tukey a 95% para comparação de médias de incremento, mortalidade e recrutamento. Nesta avaliação foram considerados o povoamento total e o povoamento comercial/potencial.

As hipóteses testadas foram:

$$H_0: \mu_B = \mu_C = \mu_D$$

$$H_1: \mu_B \neq \mu_C \neq \mu_D$$

Onde,  $\mu_B$  = média da variável de interesses (IPA<sub>DAP</sub>, IPA<sub>G</sub>, IPA<sub>V</sub>, M(%)) e R(%)) do compartimento B  $\mu_C$  = média da variável de interesse do compartimento C e  $\mu_D$  = média da variável de interesse para o compartimento D.

Foi conduzida também, uma análise de variância com teste de comparação de médias, como objetivo de agrupar as espécies comerciais/potenciais com base nas taxas de crescimento (incremento) nos intervalos envolvendo a exploração e pós-exploração (2001-2014). Os tratamentos analisados foram as espécies comerciais/potenciais e seus respectivos incrementos médios em diâmetro (IPA<sub>DAP</sub>). A comparação de médias foi realizada pelo teste de Scott-Knott ao nível  $\alpha = 0,05$ . O teste Scott-Knott apresenta uma característica que o distingue dos demais testes de comparação de médias múltiplas pois não ocorre sobreposição dos tratamentos. Ou seja, um mesmo tratamento não pode ser classificado em mais de um grupo. Em outras palavras, os grupos são auto excludentes. É muito usado nas situações onde o grande número de tratamentos dificulta sua discriminação nos testes clássicos.

As seguintes hipóteses foram avaliadas:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_n$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu_n$$

Onde,  $\mu_1$  = incremento médio em diâmetro (IPA<sub>DAP</sub>) da espécie 1;  $\mu_2$  = incremento médio da espécie 2;  $\mu_3$  = incremento médio da espécie 3 ...  $\mu_n$  = incremento médio da espécie n.

A variável classe de floresta foi usada para avaliar a dinâmica que ocorre na floresta após a exploração, até atingir as suas condições originais ou similares. Foi comparado o percentual de ocorrência de três classes, caracterizadas como: Floresta madura, Floresta em Construção e Clareira. Para verificar as possíveis mudanças provocadas pela exploração no dossel da floresta, foram contrastados os percentuais existentes antes da exploração com os encontrados nas medições posteriores, em cada subparcela, permitindo assim, afirmar para qual direção a floresta está caminhando.

As análises foram conduzidas utilizando o programa R (2017) versão 3.4.1 e a ferramenta de análise de dados do programa Excel (2016). A normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias foram testadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, para todas as variáveis analisadas. Os resultados dos testes de normalidade e homogeneidade encontram-se nos apêndices 1 e 2.

## 5.7 HISTÓRICO DE EXPLORAÇÃO

As informações contidas neste tópico referentes à exploração foram retiradas do plano de manejo florestal sustentável da empresa Mil Madeiras e são importantes para as futuras conclusões relacionadas à recuperação do estoque e equilíbrio da dinâmica da floresta estudada. Tais resultados são referentes à exploração madeireira realizada nos compartimentos B, C e D, nos quais o presente trabalho buscou analisar o estoque e a dinâmica de indivíduos da regeneração natural estabelecida ( $5 \leq DAP < 15$  cm).

Informações sobre a exploração madeireira são importantes pois as intervenções modificam o estoque e alteram a dinâmica da floresta, não somente das classes de DAP exploradas, mas também da regeneração natural. A exploração aplicada aos compartimentos resultou na retirada de 4,70 árvores por hectare em média, o que equivale a  $1,60 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$  e  $20,02 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$  de redução da área basal e volume pré intervenção.

**Tabela 3.** Intensidade de exploração em relação ao número de indivíduos, área basal, volume e número de espécies dos compartimentos B, C e D da Área de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

<b>UPA</b>	<b>Árvores Exploradas</b>	<b>Área Basal</b>	<b>Volume</b>	<b>Nº Espécies</b>
	(N.ha <sup>-1</sup> )	(m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Exploradas
<b>B</b>	5,31	1,70	20,77	45
<b>C</b>	3,83	1,39	16,66	45
<b>D</b>	4,97	1,70	22,63	53
<b>Média Geral</b>	4,70	1,60	20,02	47,67

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 CARACTERIZAÇÃO DO POVOAMENTO GERAL

As mudanças ocorridas na composição florística em relação à entrada e saída de espécies e famílias na área amostral de 8,2 hectares, antes e após a exploração é apresentado na Tabela 4. Antes da exploração foram registrados 5.431 indivíduos com  $5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 15 \text{ cm}$ , pertencentes a 239 espécies, distribuídas em 49 famílias.

Nota-se que após a exploração houve um decréscimo do número total de indivíduos (4.183) e de espécies (201), entretanto há uma recuperação desses valores em 2014 para o número de indivíduos do povoamento total (5.445), mas não para o número de espécies (183).

**Tabela 4.** Número de árvores registradas com  $5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 15 \text{ cm}$  e suas respectivas espécies, gêneros e famílias, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

Medição	Indivíduos	Povoamento total			Família Total
		Entrada	Saída	Total	
A.E.	5.431	-	-	239	49
D.E. 2001	4.183	1	39	201	49
D.E. 2014	5.445	14	32	183	49
Povoamento comercial					
Medição	Indivíduos	Espécies			Família Total
		Entrada	Saída	Total	
A.E.	1865	-	-	51	22
D.E. 2001	1485	0	1	50	22
D.E. 2014	1746	2	2	50	21

A.E. = Antes da exploração; D.E. 2001 = Após a exploração, ano de 2001; D.E. 2014 = Após a exploração, ano de 2014.

No primeiro período (A.E. – D.E. 2001) houve o desaparecimento de 39 espécies, sendo apenas uma considerada comercial/potencial (*Manilkara huberi*). Neste mesmo período surgiu, na área uma nova espécie (*Fagara pentandra*) de interesse não comercial/potencial.

Para o segundo período (D.E. 2001 – D.E. 2014), o mais longo, foi registrada a maior alteração no balanço de espécies, com saída de 32 e o ingresso de 14 espécies (Tabela 4). Aproximadamente 22% das espécies que desapareceram neste último período não eram identificadas, sendo que os gêneros *Licania* e *Eschweilera* somaram aproximadamente 47% da perda de espécies nesse período. A espécie *Protium sagotianum* foi a que mais recrutou indivíduos, 55 no total, seguida pela *Croton lanjouwensis* com 24. A espécie *Trattinnickia burserifolia* voltou a aparecer no povoamento, com 19 indivíduos.

Em relação ao povoamento comercial/potencial, para o segundo período, houve a saída de duas espécies e entrada de duas mantendo o número de espécies equilibrado (Tabela 5).

O número de espécies com valor comercial madeireiro, que no primeiro levantamento constituía 21,34% do total de espécies da área, teve um aumento considerável passando para 27,32% do total, tal aumento se atribui mais ao desaparecimento de espécies não comerciais que ao aparecimento de comerciais, uma vez que o balanço de entrada e saída de espécies mostra que 68 das 71 espécies que desapareceram não são consideradas comerciais/potenciais.

Por outro lado, das 15 espécies que apareceram na área, sendo que duas estavam voltando (*Theobroma sp* e *Trattinnickia burserifolia*), duas são consideradas comerciais ou tem potencial para o comércio madeireiro (Tabela 5).

**Tabela 5.** Mudança na composição florística, considerando apenas o povoamento comercial/potencial, entre os períodos antes da exploração (A.E.) e após a exploração (D.E. 2014) em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

Espécies	Povoamento comercial			
	A.E. - D.E 2001		D.E. 2001 - D.E. 2014	
	S	E	S	E
<i>Hymenaea courbaril</i>			#	
<i>Licaria cannella</i>				+
<i>Manilkara huberi</i>	#			
<i>Pseudopiptadenia psilostachya</i>				+
<i>Roupala montana</i>			#	

S (#) = espécies que saíram do povoamento devido a mortalidade de todos os seus representantes, E (+) = espécies que ingressaram (atingiram DAP  $\geq$  5 cm).

As 10 espécies mais abundantes considerando a última mensuração (2014), contribuíram com 43,86% do total de indivíduos. Ressalta-se que 4 das 10 espécies mais abundantes são consideradas comerciais ou tem potencial para o mercado madeireiro. Entretanto, considerando as quatro espécies comerciais, apenas *Protium paniculatum* superou o número de indivíduos quando comparado ao existente antes da exploração, as outras três espécies tiveram um decréscimo em seu número de indivíduos.

As espécies *Rinorea macrocarpa* e *Pithecellobium cauliflorum* foram espécies que também superaram os valores encontrados antes da exploração (Tabela 6). Essas espécies dominam o dossel inferior da floresta, uma vez que são indivíduos que possuem DAP variando de 5 cm a 15 cm.

**Tabela 6.** Número de indivíduos das 10 espécies mais abundantes nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

Espécies	Família	N-A.E.	N-D.E. 2001	N-D.E. 2014
<i>Licania heteromorpha</i>	Chrysobalanaceae	500	385	450
<i>Protium paniculatum*</i>	Burseraceae	315	261	373
<i>Guatteria procera</i>	Annonaceae	305	234	274
<i>Perebea guianensis</i>	Moraceae	273	221	230
<i>Protium puncticulatum*</i>	Burseraceae	216	164	199
<i>Rinorea macrocarpa</i>	Violaceae	182	136	198
<i>Pithecellobium cauliflorum</i>	Fabaceae Caesalpinoideae	122	91	175
<i>Ocotea fragrantissima*</i>	Lauraceae	218	166	171
<i>Licaria rigida*</i>	Lauraceae	198	141	161
<i>Pouteria platyphylla</i>	Sapotaceae	195	149	157
<b>Subtotal</b>		2524 (53,5%)	1948 (46,6%)	2388 (43,86%)
<b>Outras</b>		2907 (46,5%)	2235 (53,4%)	3057 (56,14%)
<b>Total</b>		5431 (100%)	4183 (100%)	5445 (100%)

\* = Espécies consideradas comerciais/potenciais; N = Número de indivíduos; A.E. = Antes da exploração; D.E. 2001 = Após a exploração, ano de 2001; D.E. 2014 = Após a exploração, ano de 2014.

## 6.2 ESTOQUE

### 6.2.1 Número de espécies

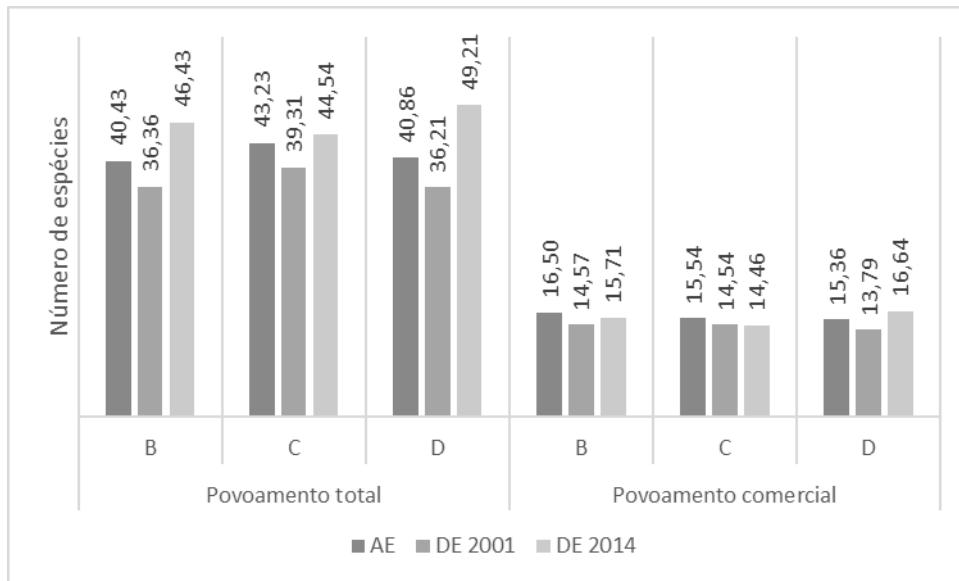
O número de espécies considerando o povoamento total e o povoamento de valor comercial madeireiro, registradas antes e após as atividades de exploração dos compartimentos B, C e D, são apresentados na Figura 4. A análise de variância aplicada para verificar se o número de espécies entre os compartimentos era estatisticamente diferente não apresentou significância, tanto para o período antes da exploração, quanto para os dois períodos após a exploração.

Apesar de não haver sido captada diferença estatística significativa, para o povoamento total ou para as espécies comerciais/potenciais, havia certa heterogeneidade na riqueza florística entre os compartimentos antes da realização da exploração. As parcelas do compartimento C apresentavam, em média, maior número de espécies que os compartimentos B e D, considerando o povoamento total.

Após a exploração, decorridos 5, 4 e 3 anos para os compartimentos B, C e D, respectivamente, todos tiveram perdas no número médio de espécies por parcela, sendo essa perda de número de espécies muito provavelmente atribuída à mortalidade ocasionada pelas perturbações oriundas da exploração madeireira nas classes de diâmetros superiores. Tal perda foi observada tanto para o povoamento total quanto para o povoamento comercial.

Entretanto, essas perdas foram revertidas nos anos posteriores, cerca de 17 anos após a exploração, através do ingresso de novas espécies ou mesmo de espécies perdidas nos anos anteriores. Para o povoamento total, comparando a primeira com a última medição, verificou-se um balanço positivo na riqueza florística quanto ao número de espécies.

A mesma tendência foi observada por Souza (2015) em uma floresta submetida a manejo florestal em Itacoatiara-AM; Oliveira (2005) e Carvalho (1992) na Floresta Nacional do Tapajós; por Silva (2004) em Paragominas-PA; Magnusson et al. (1999) em uma floresta ao norte de Manaus-AM e Azevedo (2006) na Companhia Florestal Monte Dourado (Jari), município de Vitória do Jari-AP.



**Figura 4.** Número médio de espécies por parcela para os compartimentos B, C e D, considerando o povoamento total e comercial, antes e após a exploração, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara- AM.

O compartimento D foi o que melhor respondeu aos efeitos da exploração, pois quando comparado o número médio de espécies por parcela (povoamento total) entre a primeira e a última mensuração observou-se um aumento de 20%, os compartimentos B e C também aumentaram seu percentual de espécies em 15% e 3% em relação à primeira medição, respectivamente.

Há uma tendência de diminuição do número de espécies comerciais/potenciais após a exploração, mas que não diferiu significativamente de acordo com o Teste t (Tabela 7), assim, a exploração não interferiu de maneira significante no número de espécies. Por outro lado, Schwartz et al. (2017) dizem que distúrbios decorrentes da exploração e/ou eventos naturais aumentam a densidade de espécies comerciais.

**Tabela 7.** Valor do teste t aplicado à variação do número de espécies total e comercial, antes (A.E.) e após a exploração (D.E.) nos compartimentos B, C e D, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

Compartimentos	Períodos analisados	Povoamento total	Povoamento comercial
B	A.E. x D.E. 1998	1,1176 ns	1,1491 ns
	A.E. x D.E. 2001	1,7947 ns	1,8929 ns
	A.E. x D.E. 2014	-2,4922 *	0,7014 ns

<b>C</b>	A.E. x D.E. 2001	2,0327 ns	0,7303 ns
	A.E. x D.E. 2014	-0,6761 ns	0,9142 ns
<b>D</b>	A.E. x D.E. 2001	2,3572 *	1,4858 ns
	A.E. x D.E. 2014	-3,7009 **	-1,1957 ns

(\*) Significativo a 5% de probabilidade, (\*\*) Significativo a 1% de probabilidade, (ns) Não significativo.

A exploração madeireira não fez flutuar de forma significativa o número médio de espécies por parcela, do povoamento total, nos compartimentos B e C, ao se comparar o existente antes e depois da exploração (2001). O compartimento D foi o único que apresentou resultado significativo logo após a intervenção ( $p = 0,0262$ ), pelo teste t, indicando que a redução de 40,86 para 36,21 espécies por parcela foi significativa.

Ao se comparar a primeira com a última medição (A.E. x D.E. 2014) pelo teste t, percebe-se que os compartimentos B e D superaram de forma significativa o número médio de espécies existente antes da exploração, ( $p = 0,0194$ ) e ( $p = 0,0010$ ), respectivamente. O compartimento C não obteve resultado significativo, entretanto em valores médios, observou-se um aumento de 43,23 para 44,54 espécies por parcela.

De maneira geral, percebe-se que o número médio de espécies por parcela das espécies comerciais/potenciais não é significativamente afetado pela exploração, entretanto, em termos absolutos percebe-se que este é reduzido em relação ao existente antes da exploração (Figura 4, Tabela 7). O aumento de espécies sem valor comercial, após a exploração, também foi observado por Oliveira e Braz (2006) e Schwartz et al. (2017) comentam que espécies exploradas apresentaram regeneração natural baixa para os locais estudados.

### 6.2.2 Diâmetro

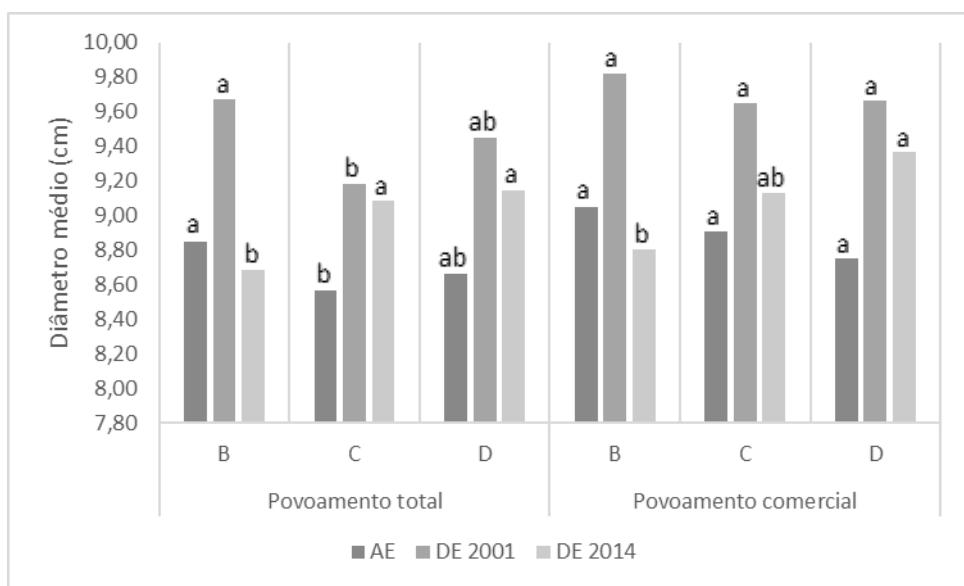
O diâmetro médio do povoamento total antes da exploração, considerando todos os compartimentos, é de 8,69 cm e o diâmetro médio do povoamento comercial/potencial é de 8,90 cm. A partir desses valores pode-se afirmar que o DAP médio dos indivíduos comerciais nos compartimentos estudados é superior ao DAP médio do povoamento total.

Ao compararmos o diâmetro médio dos indivíduos de cada compartimento antes da exploração e levando em consideração o povoamento total percebemos que há diferença entre os compartimentos mesmo antes da intervenção (Figura 5).

A maior média em diâmetro é encontrada no compartimento B e a menor no compartimento C, sendo estes dois compartimentos considerados estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Em relação ao povoamento comercial/potencial antes da exploração não foi detectada diferença estatística entre os compartimentos indicando que havia homogeneidade de diâmetro.

Decorridos 5, 4 e 3 anos pós intervenção para os compartimentos B, C e D respectivamente, todos os compartimentos reagiram de forma positiva e significativa, para os povoamentos total e comercial/potencial.

Considerando a última medição (2014) para os três compartimentos, percebe-se que o compartimento B, que apresentou as melhores médias de diâmetro até 2001, sofre uma perda significativa em relação aos outros compartimentos, tanto para o povoamento total quanto para o comercial/potencial.



**Figura 5.** Diâmetro médio de espécies por parcela para os compartimentos B, C e D, considerando o povoamento Total e o povoamento comercial, antes e após a exploração, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Letras iguais para um mesmo período em diferentes compartimentos indica que não há diferença estatística de acordo com o teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ )

Ao analisar o compartimento B separadamente pode-se ver o efeito positivo da exploração sobre o diâmetro médio dos indivíduos, já que em apenas cinco anos o percentual de evolução do diâmetro médio foi de aproximadamente 9%. Ao se comparar o diâmetro médio dos indivíduos em 1996 com o de 2001 pelo teste t, percebe-se que esta diferença em cinco anos é altamente significativa ( $p < 0,0001$ ).

Quando comparadas, pelo teste t, as médias de diâmetro de 1996 (antes da exploração) com a de 2014 (18 anos após a exploração) do compartimento B, não foi encontrada diferença estatística ( $p = 0,2014$ ) (Tabela 8). No entanto, é visível a queda na média do diâmetro dos indivíduos para esse compartimento.

O percentual de decréscimo da média de 2014 em relação à média de 2001 é de cerca de 10%. Entretanto, levando em consideração que foram analisados somente indivíduos com  $5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 15 \text{ cm}$ , esse decréscimo já era esperado, haja visto que durante esse período, 18 anos para o compartimento B, é normal que haja bastante egressos.

O número de egressos no período de 2001-2014 para o compartimento B foi de 172 indivíduos (povoamento total), além disso, outro fator que pode ter afetado o desempenho da média em diâmetro no ano de 2014 pode ter sido o recrutamento de indivíduos com DAPs menores, fazendo assim com que a média diminua.

O povoamento comercial/potencial se comportou de maneira semelhante ao povoamento total. Apresentou diferença estatística pelo teste t quando comparadas as médias de 1996-2001 ( $p < 0,0001$ ) mas não foi detectada diferença estatística quando comparadas as medias de diâmetro entre 1996 e 2014 ( $p = 0,2362$ ). O número de arvoretas comerciais/potenciais egressas no período de 2001-2014 foi de 84 indivíduos e a taxa de recrutamento anual média no mesmo período foi de 5,06% ao ano.

**Tabela 8.** Valor do teste t aplicado à variação do DAP médio total e comercial, antes (A.E.) e após a exploração (D.E.) nos compartimentos B, C e D, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

Compartimentos	Períodos analisados	Povoamento total	Povoamento comercial
B	A.E. x D.E. 1998	-2,897 *	-2,6747 **
	A.E. x D.E. 2001	-6,7461 ***	-4,8235 ***
	A.E. x D.E. 2014	1,3108 ns	1,2126 ns
C	A.E. x D.E. 2001	-5,4868 ***	-3,3304 **
	A.E. x D.E. 2014	-3,8684 **	-1,1635 ns

<b>D</b>	A.E. x D.E. 2001	-6,1751 ***	-6,7432 ***
	A.E. x D.E. 2014	-3,5117 **	-3,9201 ***

(\*) Significativo a 5% de probabilidade, (\*\*) Significativo a 1% de probabilidade, (\*\*\*)  
Altamente significativo, (ns) Não significativo.

As respostas do compartimento C e D foram positivas e, a exemplo do compartimento B, os compartimentos C e D aumentaram significativamente seus diâmetros médios logo após a exploração ( $p < 0,0001$ ) e ( $p < 0,0001$ ) respectivamente.

Em 2014 o DAP médio decresceu em relação ao de 2001, ainda assim, ao se comparar a média de antes da exploração com a de 2014, percebeu-se que a média obtida nos compartimentos C e D em 2014 foram estatisticamente superior as de antes da exploração, ( $p = 0,0010$ ) e ( $p = 0,0016$ ) respectivamente, sendo esses resultados relativos ao povoamento total.

Para o povoamento comercial/potencial também pode-se perceber o efeito positivo da intervenção, entretanto, ao comparar as médias de diâmetro pelo teste t entre o período antes da exploração e 2014, não foi observada diferença estatística para o compartimento C ( $p = 0,2561$ ). O diâmetro médio de 2014, para o compartimento D, é estatisticamente superior ao observado antes da exploração ( $p = 0,0008$ ).

De modo geral, observa-se o aumento nítido dos valores do DAP médio dos indivíduos remanescentes tanto para o povoamento total, quanto para o grupo de espécies comerciais, ao se comparar a medição antes da exploração com a última remediação em 2014.

### 6.2.3 Número de indivíduos, Área basal e Volume

A Tabela 9 mostra os resultados médios por parcela de cada compartimento e para cada ano de medição de três das variáveis utilizadas para avaliação do estoque do povoamento total e comercial/potencial.

Percebe-se que, em todos os compartimentos, entre a primeira medição, realizada antes da exploração e a segunda medição, 3 a 5 anos depois, houve redução no número de árvores ( $N.ha^{-1}$ ) e consequentemente os valores de área basal também reduziram, considerando o povoamento total e o povoamento comercial, entretanto o volume aumentou logo após a intervenção.

O comportamento do volume está intimamente ligado ao aumento do diâmetro médio dos indivíduos em todos os compartimentos após a exploração no ano de 2001 e, mesmo quando colocados em contraste o volume médio por hectare antes da exploração com o valor de 2014 percebe-se que o volume da última medição supera o da primeira, indicando que a intensidade de perturbação a qual a floresta foi submetida, em especial a regeneração natural, é compatível com a capacidade de resiliência da mesma.

**Tabela 9.** Média e desvio padrão do número de árvores (N), área basal (G) e volume (V), dos compartimentos B, C e D, antes e após a exploração, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

Compartimentos		Povoamento total		
		A.E.	D.E. 2001	D.E. 2014
B	N (N.ha <sup>-1</sup> )	593,21 ± 72,68	442,86 ± 70,87	676,79 ± 80,45
	G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	3,97 ± 0,57	3,51 ± 0,62	4,38 ± 0,52
	V (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	0,50 ± 0,03	0,59 ± 0,04	0,48 ± 0,03
C	N (N.ha <sup>-1</sup> )	763,46 ± 69,71	613,08 ± 95,08	689,62 ± 78,30
	G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	4,85 ± 0,46	4,41 ± 0,69	4,79 ± 0,36
	V (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	0,47 ± 0,03	0,54 ± 0,04	0,52 ± 0,05
D	N (N.ha <sup>-1</sup> )	637,5 ± 70,02	481,79 ± 73,63	627,5 ± 68,44
	G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	4,11 ± 0,54	3,65 ± 0,63	4,37 ± 0,57
	V (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	0,48 ± 0,03	0,56 ± 0,04	0,53 ± 0,04
Total	N (N.ha <sup>-1</sup> )	662,32 ± 99,90	510,12 ± 106,84	664,02 ± 78,75
	G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	4,30 ± 0,64	3,84 ± 0,74	4,51 ± 0,52
	V (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	0,49 ± 0,03	0,57 ± 0,05	0,51 ± 0,05
Compartimentos		Povoamento comercial		
		A.E.	D.E. 2001	D.E. 2014
B	N (N.ha <sup>-1</sup> )	204,64 ± 50,36	163,21 ± 33,49	213,57 ± 52,93
	G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	1,44 ± 0,42	1,33 ± 0,28	1,42 ± 0,34
	V (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	0,52 ± 0,04	0,61 ± 0,06	0,5 ± 0,04
C	N (N.ha <sup>-1</sup> )	248,85 ± 65,71	201,92 ± 56,33	215,77 ± 50,78
	G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	1,7 ± 0,48	1,59 ± 0,48	1,53 ± 0,38
	V (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	0,51 ± 0,06	0,59 ± 0,07	0,53 ± 0,05
D	N (N.ha <sup>-1</sup> )	227,5 ± 41,50	176,79 ± 34,84	205,36 ± 37,03
	G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	1,5 ± 0,30	1,4 ± 0,31	1,51 ± 0,32
	V (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	0,49 ± 0,03	0,59 ± 0,04	0,56 ± 0,05
Total	N (N.ha <sup>-1</sup> )	226,46 ± 54,85	180,12 ± 44,38	211,46 ± 46,37
	G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	1,54 ± 0,41	1,44 ± 0,37	1,49 ± 0,34
	V (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	0,51 ± 0,05	0,60 ± 0,06	0,53 ± 0,05

A.E. = Antes da exploração; D.E. 2001 = Após a exploração, ano de 2001; D.E. 2014 = Após a exploração, ano de 2014.

É possível observar que, apesar das subparcelas estarem aleatorizadas dentro de cada parcela na mesma floresta, há certa heterogeneidade em relação ao número de arvoretas para cada compartimento. O compartimento C, que possui a maior densidade, apresentou em torno de 100 indivíduos por hectare a mais que a média do povoamento geral (compartimentos B, C e D).

O número de arvoretas considerando o povoamento total e o povoamento comercial/potencial madeireiro foi reduzido entre antes e depois da exploração, sendo que a maior redução (em relação ao povoamento total) foi sofrida no compartimento B (25%), e para o povoamento comercial/potencial a maior redução foi observada no compartimento D (22%).

O compartimento C apresentou as menores taxas de redução de indivíduos, entre antes da exploração e depois da exploração (2001), tanto para o povoamento total quanto para o comercial/potencial, correspondendo a 20% e 19% respectivamente.

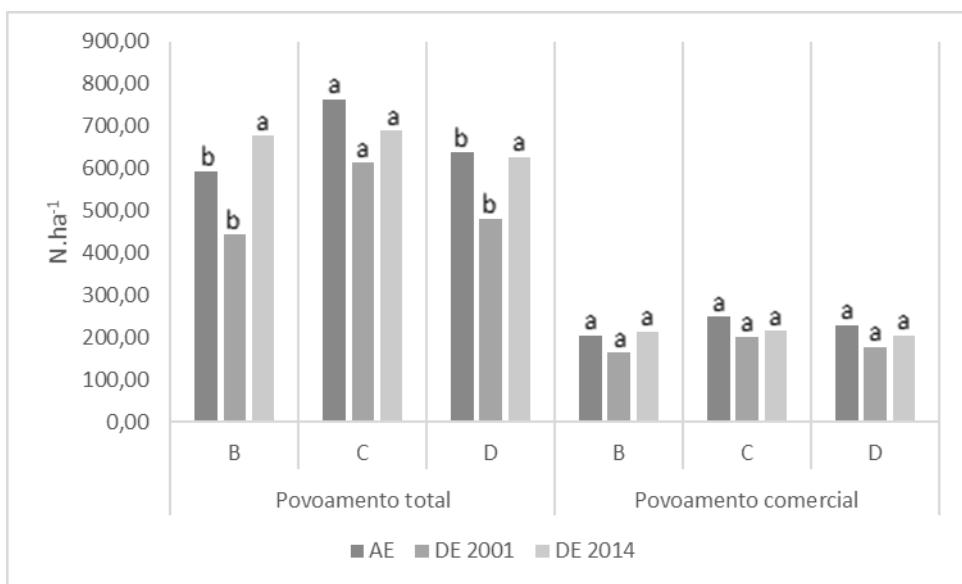
Pode-se apontar como principal motivo dessa diminuição de indivíduos as altas taxas de mortalidade ocorridas nos primeiros anos após a exploração, principalmente nos compartimentos B e D. Além dos danos físicos causados pela intervenção, fatores como mudanças bruscas nos níveis de iluminação, podem provocar a morte de indivíduos do sub-bosque que são adaptados à meia-luz.

Cerca de 17 anos após a exploração (remediação de 2014), todos os compartimentos apresentaram aumento no número de arvoretas totais e comerciais, porém apenas o compartimento B superou os valores encontrados na floresta antes da intervenção.

A Figura 6 mostra que para o povoamento comercial não foram encontradas diferenças significativas entre os compartimentos em nenhum dos anos avaliados. Para o povoamento total, destaca-se o compartimento C, com densidade superior aos outros dois, tanto antes da exploração quanto logo após em 2001. Cerca de 17 anos após a intervenção, não havia diferença estatística significativa entre os compartimentos, em relação ao número de indivíduos por hectare.

Comportamento semelhante foi observado por Souza (2015), pra indivíduos adultos com  $DAP \geq 15\text{cm}$ , em uma floresta submetida a manejo na Amazônia central, onde o número de indivíduos superou o existente antes da exploração num período que vaiou de 16 a 18 anos, considerando todas as espécies. Oliveira (2005) observou que o número de indivíduos, considerando todas as espécies e somente

as espécies de valor comercial madeireiro foi reduzido entre o primeiro e o segundo ano de medição em todos os tratamentos e em 5 anos após a exploração todos superaram o número de indivíduos, total e comercial por hectare, encontrados na floresta antes da intervenção.



**Figura 6.** Número médio de indivíduos por hectare para os compartimentos B, C e D, considerando o povoamento Total e o povoamento comercial, antes e após a exploração, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Letras iguais para um mesmo período em diferentes compartimentos indica que não há diferença estatística de acordo como Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ )

Ainda segundo Oliveira (2005), considerando o período total de monitoramento da floresta (22 anos), observou-se que a exploração aliada à redução da área basal, favoreceu a recuperação do número de árvores por hectare em todos os tratamentos, sendo que no tratamento onde não houve aplicação silvicultural posterior à exploração o número de árvores observado na última medição foi aproximadamente 4% superior ao da primeira.

Ao analisar o efeito do tempo decorrido após a exploração sobre cada compartimento separadamente, pode-se perceber que nas remedicações de 2014, todos apresentam aumento no número de arvoretas, entretanto somente o compartimento B superou o número de indivíduos existente antes da exploração no povoamento total.

Essa mesma tendência foi observada em relação aos indivíduos comerciais/potenciais, onde o compartimento B apresentou um aumento de 14% e os outros dois C e D apresentaram uma redução de 10% e 2%, respectivamente, em relação à primeira medição.

A Tabela 10 mostra os resultados dos testes t aplicados para comparar os valores antes da exploração com os dos anos subsequentes. Para o compartimento B há uma redução no número de indivíduos logo após a exploração, entretanto, decorridos 18 anos após a intervenção, o número de indivíduos é estatisticamente superior ao obtido antes da exploração, indicando a recuperação do povoamento total após o distúrbio.

O teste t aplicado para comparar as médias do número de indivíduos entre os anos de 1996 e 1998 e entre 1996 e 2001, indica um decréscimo significativo no número de arvoretas neste compartimento ( $p = 0,0006$ ) e ( $p < 0,0001$ ) respectivamente.

Ao comparar as médias de 1996 e 2014 pelo Teste t observa-se um acréscimo significativo no número de indivíduos, indicando um maior recrutamento entre o período de 2001 e 2014 ( $p = 0,0078$ ).

Para o povoamento comercial houve uma redução significativa apenas quando comparado o número de indivíduos entre os anos de 1996 e 2001 ( $p = 0,0165$ ), no entanto decorridos 18 anos após a exploração, no compartimento B, o número médio de indivíduos por hectare é estatisticamente igual ao observado antes da intervenção ( $p = 0,6513$ ).

**Tabela 10.** Valor do Teste t aplicado à variação do número médio de indivíduos por hectare total e comercial, antes (A.E.) e após a exploração (D.E.) nos compartimentos B, C e D, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

Compartimentos	Períodos analisados	Povoamento total	Povoamento comercial
B	A.E. x D.E. 1998	3,879 **	1,8936 ns
	A.E. x D.E. 2001	5,5419 ***	2,563 *
	A.E. x D.E. 2014	-2,8841 **	-0,4573 ns
C	A.E. x D.E. 2001	4,5991 ***	1,9548 ns
	A.E. x D.E. 2014	2,5397 *	1,4362 ns
D	A.E. x D.E. 2001	5,734 ***	3,502 **
	A.E. x D.E. 2014	0,3821 ns	1,4897 ns

(\*) Significativo a 5% de probabilidade, (\*\*) Significativo a 1% de probabilidade, (\*\*\*)  
Altamente significativo, (ns) Não significativo.

A flutuação do número médio de indivíduos por hectare no compartimento C, considerado o povoamento total, sofre um decréscimo significativo 4 anos após a exploração ( $\rho = 0,0001$ ) e mesmo 17 anos após o distúrbio o número de indivíduos ainda é significativamente inferior ( $\rho = 0,0180$ ).

O teste t não acusou diferenças significativas entre os períodos de 4 anos (A.E. x D.E.2001) e 17 anos (A.E. x D.E.2014) para o povoamento comercial/potencial do compartimento C, cabe ressaltar que este compartimento em questão, foi o que teve os menores índices de exploração, podendo considerar sua exploração como a mais branda entre os três (Tabela 3).

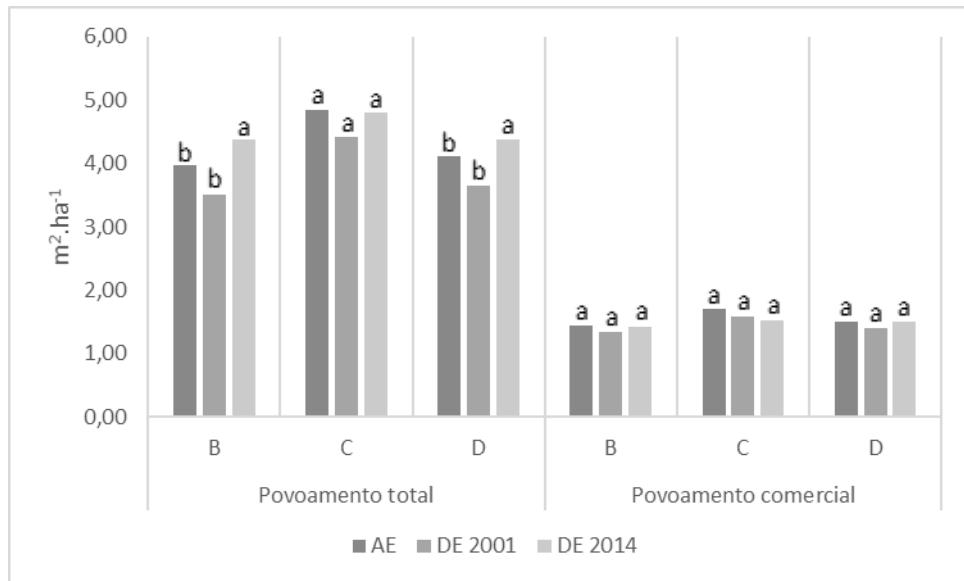
A exemplo do compartimento B e C, o compartimento D teve uma redução altamente significativa 3 anos após a exploração ( $\rho < 0,0001$ ), entretanto, decorridos 16 anos pós distúrbio o número médio de indivíduos por hectare foi estatisticamente igual ao anterior a exploração ( $\rho = 0,7055$ ) indicando, portanto, a recuperação em números de indivíduos para este compartimento.

A mesma flutuação ocorreu no número de indivíduos comerciais/potenciais, onde houve um decréscimo significativo no número de indivíduos comerciais/potenciais após a exploração ( $\rho = 0,0017$ ), no entanto, na remediação de 2014 os valores médios de indivíduos comerciais/potenciais por hectare eram estatisticamente iguais ( $\rho = 0,1483$ ).

Analizando todo o período de acompanhamento, de modo geral, percebe-se que em aproximadamente 2/3 do ciclo de corte decorridos o número médio de indivíduos por hectare da regeneração natural é igual ao observado antes da exploração, tanto para o povoamento total quanto para o povoamento comercial/potencial.

A exemplo da flutuação ocorrida com o número de indivíduos, a área basal também apresentou redução entre o observado antes da exploração e o depois da exploração em 2001, para todos os compartimentos, tanto para o povoamento total quanto para o comercial/potencial (Figura 7).

A principal causa dessa diminuição foi a redução no número de indivíduos ocasionada pelas altas taxas de mortalidade logo após a exploração madeireira, em percentual essa redução representa para o povoamento total um decréscimo de 12%, 9% e 11% da área basal nos compartimentos B, C e D, respectivamente, e de 8%, 6% e 7% quando consideradas somente as espécies comerciais/potenciais.



**Figura 7.** Área basal média por hectare para os compartimentos B, C e D, considerando o povoamento Total e o povoamento comercial, antes e após a exploração, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Letras iguais para um mesmo período, em diferentes compartimentos, indica que não há diferença estatística de acordo com Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

No último ano de acompanhamento (2014), os compartimentos que eram estatisticamente diferentes não possuíam mais diferença estatística, além de terem, de maneira geral, superado os valores referentes a área basal da primeira medição (A.E.), isso para o povoamento total.

Oliveira (2005), também observou a redução da área basal logo após a exploração madeireira tanto para espécies comerciais quanto para o povoamento total e aponta como as principais causas desta diminuição a colheita florestal, danos causados pela exploração e fatores climáticos (El Niño). Entretanto, 5 e 7 anos após a exploração percebe o aumento progressivo da área basal em todos os tratamentos, estimulado principalmente pela maior disponibilidade de luz.

Ainda segundo a autora, o tratamento sem intervenção silvicultural posterior a exploração, 21 anos após a exploração, recuperou 96% da área basal, entretanto, essa recuperação não foi bem distribuída entre as classes de diâmetro, ultrapassando o observado antes da exploração apenas nas classes que vão de 5cm a 45cm, tanto para o povoamento total quanto para o povoamento comercial.

Redução da área basal após a exploração com posterior recuperação, principalmente para as classes menores, também foi observado por Souza et al.

(2017) e, Azevedo (2006), também observou recuperação da área basal cerca de 3 anos após a exploração.

**Tabela 11.** Valor do Test t aplicado à variação média da área basal por hectare total e comercial, antes (A.E.) e após a exploração (D.E.) nos compartimentos B, C e D, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

Compartimentos	Períodos analisados	Povoamento total	Povoamento comercial
B	A.E. x D.E. 1998	2,2499 *	0,8993 ns
	A.E. x D.E. 2001	2,0684 *	0,7447 ns
	A.E. x D.E. 2014	-1,9953 ns	0,0983 ns
C	A.E. x D.E. 2001	1,8787 ns	0,5716 ns
	A.E. x D.E. 2014	0,3245 ns	0,9788 ns
D	A.E. x D.E. 2001	2,0713 *	0,8326 ns
	A.E. x D.E. 2014	-1,2689 ns	-0,0937 ns

(\*) Significativo a 5% de probabilidade, (ns) Não significativo.

É interessante notar que da mesma maneira que ocorreu para o número médio de indivíduos por hectare, a área basal das espécies comerciais/potenciais não é significativamente afetada pelos efeitos da exploração florestal (Tabela 11), ainda que se perceba uma leve queda do valor de área basal média por hectare para os compartimentos B e C (A.E. x D.E. 2014). O percentual de redução da área basal para esses dois compartimentos é de 1% e 10%, respectivamente.

Quanto ao povoamento total, apenas os compartimentos B e D apresentaram diferença significativa após a exploração, no ano de 2001, ( $p = 0,0487$ ) e ( $p = 0,0484$ ) respectivamente. Tal fato está ligado ao alto percentual de redução dos indivíduos desses compartimentos ocasionados pela mortalidade decorrente dos efeitos negativos da intervenção, outro sim, é que o compartimento C foi o que sofreu a menor redução em área basal durante a exploração.

Em 2014, os valores médios da área basal por hectare são reestabelecidos ao mesmo nível de antes da intervenção, não apresentando mais diferença estatística ( $p = 0,0566$ ), ( $p = 0,7483$ ) e ( $p = 0,2157$ ) para B, C e D respectivamente.

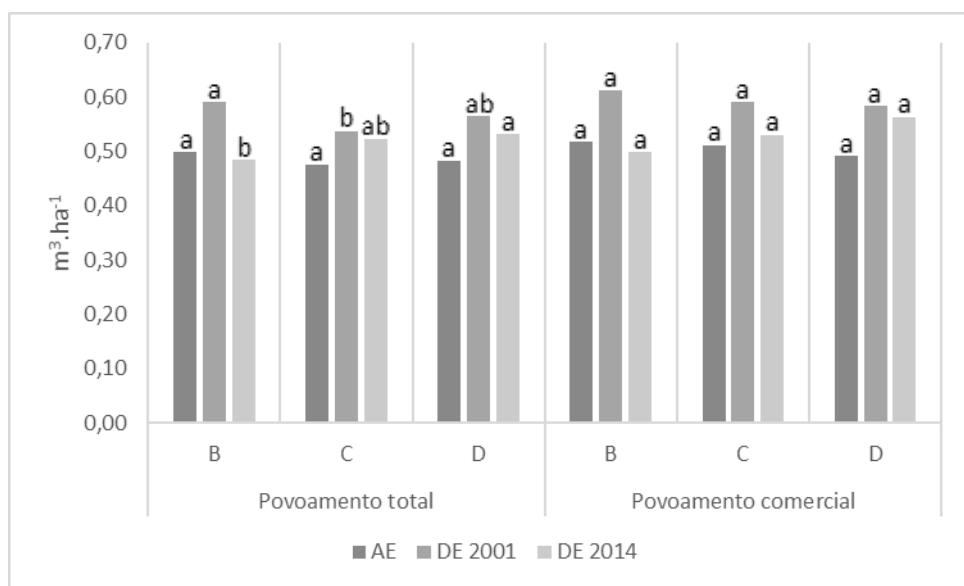
A área basal média, do povoamento como um todo, conseguiu recuperar-se ao nível pré-exploratório em aproximadamente 17 anos pós exploração. Oliveira (2005) estudando os efeitos da exploração madeireira sobre a dinâmica da vegetação na Floresta Nacional do Tapajós, observou que as classes de 5 a 45 cm (estoque para as próximas colheitas) ultrapassaram em 20% o valor inicial

observado antes da exploração, 21 anos depois, para o tratamento onde houve apenas exploração de espécies comerciais com DAP  $\geq 45$  cm.

Diferentemente do esperado, o comportamento do volume ao longo do período de acompanhamento, não seguiu a mesma tendência da área basal. Entre o primeiro e o segundo ano de medição houve aumento na média do volume por hectare em todos os compartimentos, para o povoamento total e comercial.

Antes da exploração não existia diferença significativa entre os compartimentos para o volume, pelo teste F ( $p = 0,0564$ ), ao nível de povoamento total e comercial/potencial. Cerca de 4 anos após a intervenção na floresta (remediação de 2001), o compartimento B tornou-se estatisticamente superior ao compartimento C, entretanto, em 2014, o mesmo apresentou o menor volume em comparação aos outros dois compartimentos (Figura 8).

O comportamento do volume foi influenciado diretamente pelo comportamento do diâmetro em cada um dos compartimentos. Em 2001 o compartimento B apresentou a maior média de diâmetro (9,67cm) enquanto que o compartimento C apresentou a menor média (9,18 cm) (ver Figura 5), por outro lado o C apresentou a maior média de indivíduos por hectare e o B a menor.



**Figura 8.** Volume médio por hectare para os compartimentos B, C e D, considerando o povoamento Total e o povoamento comercial, antes e após a exploração, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Letras iguais para um mesmo período, em diferentes compartimentos, indica que não há diferença estatística de acordo com o Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

Em 2014 o diâmetro médio no compartimento B caiu acentuadamente, passou de 9,67 cm para 8,69 cm, fazendo com que a média de volume por hectare do mesmo fosse estatisticamente inferior, mesmo sendo o que mais recrutou indivíduos no período 2001-2014.

Diferentemente do observado neste trabalho, Souza et al. (2017), Azevedo (2006) e Oliveira (2005) observaram redução do volume total e comercial logo após a exploração e posterior recuperação, sendo a recuperação do volume mais lenta que a de área basal. Cabe ressaltar que os trabalhos citados acima levam em consideração, também, o povoamento adulto e o volume explorado, podendo ser estes fatores os responsáveis pela diferença no comportamento do volume entre este trabalho e os demais citados.

Considerando a primeira e a última medição para o povoamento total, o volume médio por hectare sofreu redução apenas no compartimento B (4%), os compartimentos C e D tiveram um aumento de 11% e 10% respectivamente. Para o povoamento comercial/potencial o volume médio teve o maior percentual de crescimento no compartimento D (14%), o B reduziu 4% e o C aumentou 4% em relação ao existente antes da exploração.

**Tabela 12.** Valor do Test t aplicado à variação média do volume por hectare total e comercial, antes (A.E.) e após a exploração (D.E.) nos compartimentos B, C e D, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

Compartimentos	Períodos analisados	Povoamento total	Povoamento comercial
B	A.E. x D.E. 1998	-2,9685 **	-2,8211 **
	A.E. x D.E. 2001	-6,7094 ***	-4,6837 ***
	A.E. x D.E. 2014	1,3005 ns	1,2169 ns
C	A.E. x D.E. 2001	-5,1712 ***	-2,9552 **
	A.E. x D.E. 2014	-3,2598 **	-0,8016 ns
D	A.E. x D.E. 2001	-6,1323 ***	-6,3336 ***
	A.E. x D.E. 2014	-3,6234 **	-4,3488 **

(\*\*) Significativo a 1% de probabilidade, (\*\*\* ) Altamente significativo, (ns) Não significativo.

De maneira geral, o volume do povoamento total, na última medição, superou o existente na primeira nos compartimentos C ( $p = 0,0041$ ) e D ( $p = 0,0012$ ). Para o B, mesmo que tenha havido uma redução em relação a primeira, a mesma não foi considerada significativa ( $p = 0,2048$ ) (Tabela 12). Da mesma

maneira os resultados positivos foram observados nas espécies de valor comercial/potencial.

## 6.3 DINÂMICA

### 6.3.1 Mortalidade

A mortalidade em número de arvoretas por hectare e as taxas anuais de mortalidade, dos indivíduos estudados em cada um dos compartimentos, são apresentadas na Tabela 13. Nota-se que as maiores taxas de mortalidade foram observadas no período que inclui a exploração, em todos os compartimentos, com o maior percentual registrado no compartimento B ( $8,94\%.ano^{-1}$ , considerando o povoamento total).

Essa taxa elevada deve-se principalmente ao processo de extração das árvores comerciais, que acarretaram danos as remanescentes. Lopes (1993) e Oliveira (2005) comentam que a alta taxa de mortalidade de árvores, logo após a exploração, é causada principalmente pelo corte e pelos danos resultantes da operação de arraste.

**Tabela 13.** Mortalidade em número de arvoretas por hectare para o povoamento total e comercial, nos períodos que incluem a exploração e após a exploração, nos compartimentos B, C e D, em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de manejo florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. O número entre parênteses ( $\%.ano^{-1}$ ) indica a taxa de mortalidade ao final de cada período, em relação ao número inicial de arvoretas presentes no período, dividido pelo número de anos de cada período.

Compartimentos	Períodos analisados	Povoamento total	Povoamento comercial
B	I.E. (2 anos)	107,86 (8,94)	35,71 (8,32)
	D.E. (3 anos)	47,50 (3,31)	13,21 (2,51)
	D.E. (13 anos)	63,93 (1,13)	21,07 (1,01)
C	I.E. (4 anos)	125 (4,11)	38,46 (3,84)
	D.E. (13 anos)	120,77 (1,47)	37,69 (1,38)
D	I.E. (3 anos)	133,21 (7,03)	42,86 (6,12)
	D.E. (13 anos)	84,64 (1,33)	31,67 (1,35)

I.E. = incluindo a exploração; D.E. = Após a exploração.

Souza (2015) estudando a dinâmica e a produção de uma floresta submetida a manejo florestal sustentável na mesma área, para indivíduos com DAP  $\geq 15\text{cm}$ ,

obteve dados semelhantes sendo que a maior taxa de mortalidade também foi atribuída ao compartimento B ( $9,49\%.ano^{-1}$ ).

Ao observar a Tabela 3 percebe-se que o referido compartimento foi o que teve o maior número de árvores exploradas por hectare. Esse fato corrobora o argumento de que maiores taxas de mortalidade estão relacionadas a maiores intensidades de exploração, ou seja, quanto maior o número de indivíduos colhidos maior será o dano ao povoamento remanescente e consequentemente maiores serão as taxas de mortalidade.

No período de pós exploração o número de indivíduos mortos diminui acentuadamente nos três compartimentos, tanto para o povoamento comercial quanto total, passando de taxas de  $8\%.ano^{-1}$  para cerca de  $1\%.ano^{-1}$ , o que é normal pois as taxas de mortalidades tendem a reduzir de maneira significativa nos primeiros anos após a exploração podendo atingir taxas de mortalidade muito parecidas com a de florestas não perturbadas já após os 10 anos pós exploração (DE GRAAF, 1986).

Percebe-se, em relação ao povoamento comercial, que as taxas de mortalidade anual são ligeiramente inferiores às do povoamento total. Levando em consideração a menor proporção de espécies comerciais/potenciais juntamente com uma menor taxa de mortalidade pode-se sugerir, através destes indícios, que as espécies comerciais da regeneração natural estabelecida ( $5\text{ cm} \leq \text{DAP} < 15\text{ cm}$ ) são menos afetadas que as não comerciais.

É importante notar que mesmo que o presente estudo esteja pautado na avaliação de indivíduos jovens ( $5\text{ cm} \leq \text{DAP} < 15\text{ cm}$ ), as taxas de mortalidade obtidas aqui estão de acordo com as taxas de mortalidades esperadas em uma floresta tropical sem intervenção, que é de 1% a 3% (MANOKARAN E KOCHUMMEN, 1987).

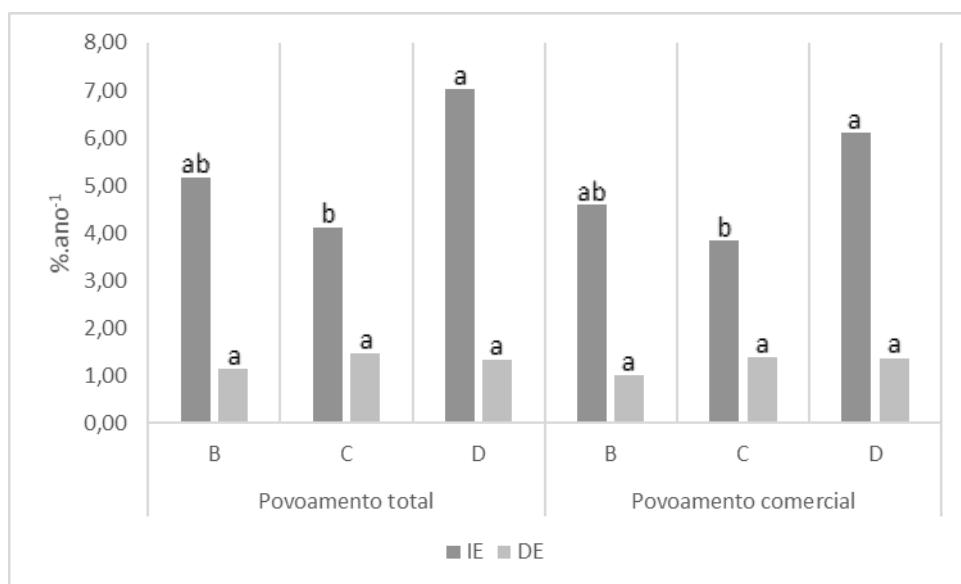
Oliveira (2005) estudando o efeito da exploração de madeira e tratamentos silviculturais sobre a dinâmica da vegetação da Floresta Nacional do Tapajós, para indivíduos com  $\text{DAP} \geq 5\text{ cm}$ , obteve para o tratamento sem intervenção silvicultural posterior, após 22 anos, taxa de mortalidade de  $2,1\%.ano^{-1}$ . Oliveira e Braz (2006) estudando a dinâmica da floresta manejada na Amazônia Ocidental, 4 anos após a exploração, para indivíduos com  $\text{DAP} \geq 5\text{ cm}$ , obteve uma taxa de mortalidade anual de 3,2%. As menores taxas obtidas no presente estudo podem estar relacionadas ao fato de que não se está levando em consideração os indivíduos com  $\text{DAP} \geq 15\text{ cm}$ .

**Tabela 14.** Valor do Teste t aplicado para comparar a taxa de mortalidade anual total e comercial, para o período que inclui a exploração (I.E.) e após a exploração (D.E.), nos compartimentos B, C e D, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

Compartimentos	Períodos analisados	Povoamento total	Povoamento comercial
<b>B</b>	I.E. x D.E. (3 anos)	4,9255 ***	4,2086 **
	I.E. x D.E. (13 anos)	7,011***	5,506 ***
<b>C</b>	I.E. x D.E. (13 anos)	4,4437 **	4,3742 **
<b>D</b>	I.E. x D.E. (13 anos)	8,8675 ***	6,3328 ***

(\*\*) Significativo a 1% de probabilidade, (\*\*\* ) Altamente significativo.

Na Tabela 14 pode-se observar que as taxas de mortalidade anual decresceram significativamente, quando comparado o período incluindo a exploração e o período após a exploração, tanto para o povoamento comercial quanto para total. Nota-se que mesmo apenas 3 anos após, para o compartimento B, único medido 4 vezes, a redução na taxa de mortalidade já é altamente significativa para o povoamento total ( $p = 0,0001$ ) e para as espécies de valor comercial ( $p = 0,0008$ ).



**Figura 9.** Taxa de mortalidade anual para o povoamento total e comercial, para o período que inclui a exploração e após a exploração, nos compartimentos B, C e D, em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Letras iguais para um mesmo período em diferentes compartimentos indica que não há diferença estatística de acordo com o Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

Analisou-se a variação das taxas de mortalidade entre os compartimentos no período que inclui a exploração até 2001 e no período após a exploração (2001-2014). Observou-se diferença significativa, pelo teste F, somente no período que inclui a exploração tanto para o povoamento total quanto para o comercial potencial ( $p = 0,0028$  e  $p = 0,0470$ , respectivamente) (Figura 9).

A diferença significativa entre os compartimentos, no período que inclui a exploração, se deve principalmente ao tempo decorrido entre a primeira medição e a de 2001, e também à intensidade da exploração em cada um dos compartimentos.

O período em anos entre a primeira e a segunda medição no compartimento D corresponde a 3 anos, sendo o menor entre os três, logo sua taxa de mortalidade tende a ser maior que a dos demais, além disso, somasse o fato do mesmo ter a segunda maior redução de indivíduos por hectare e uma das maiores reduções em área basal por hectare (Ver Tabela 3).

Considerando a primeira medição e a terceira (2001) do compartimento B, observa-se que este é o que possui o maior intervalo de tempo, 5 anos, portanto esperava-se que este tivesse a menor taxa de mortalidade, uma vez que esta tende a reduzir com o passar do tempo, entretanto, a mortalidade neste compartimento superou a do compartimento C, que possui um intervalo de 4 anos. Tal fato pode ser explicado pela intensidade de exploração ter sido a maior no compartimento B e a menor no C (Tabela 3). As mesmas justificativas se aplicam as espécies comerciais/potenciais.

### 6.3.2 Recrutamento

O recrutamento em número de arvoretas por hectare e as taxas anuais de recrutamento dos compartimentos estudados são apresentadas na Tabela 15. As maiores taxas de recrutamento foram observadas no período após a exploração, em todos os compartimentos, com o maior percentual registrado no compartimento B,  $6,65\%.ano^{-1}$  considerando o povoamento total e  $5,06\%.ano^{-1}$  para as espécies de valor comercial/potencial.

Observa-se que a taxa de recrutamento foi baixa considerando o período que inclui a exploração, sendo nula nos compartimentos C e D. Essa mesma tendência foi observada por Souza (2015) na mesma área, mas analisando a dinâmica de indivíduos com DAP a partir de 15cm, onde a taxa de ingresso foi baixa

no primeiro período em todos os compartimentos, sendo o compartimento D o possuidor da maior taxa de recrutamento deste período com 0,81%.ano<sup>-1</sup> e o compartimento C a menor com 0,40%.ano<sup>-1</sup>.

**Tabela 15.** Recrutamento em número de arvoretas por hectare para o povoamento total e comercial, nos períodos que incluem a exploração e após a exploração, nos compartimentos B, C e D, em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. O número entre parênteses (%.ano<sup>-1</sup>) indica a taxa de recrutamento ao final de cada período, em relação ao número inicial de arvoretas presentes no período, dividido pelo número de anos de cada período.

Compartimentos	Períodos analisados	Povoamento total	Povoamento comercial
B	I.E. (2 anos)	13,21 (1,07)	7,14 (1,99)
	D.E. (3 anos)	20,36 (1,46)	11,43 (2,61)
	D.E. (13 anos)	366,79 (6,65)	104,29 (5,06)
C	I.E. (4 anos)	0 (0,00)	0 (0,00)
	D.E. (13 anos)	280 (3,59)	90,77 (3,63)
D	I.E. (3 anos)	0 (0,00)	0 (0,00)
	D.E. (13 anos)	288,57 (4,82)	88,21 (3,89)

I.E. = Incluindo a exploração; D.E. = Após a exploração.

Por outro lado Oliveira (2005) obteve 39,6 árvores por hectare e uma taxa de recrutamento de 3,5%.ano<sup>-1</sup> no tratamento sem aplicação de desbaste, considerando indivíduos com DAP  $\geq$  5 cm, para o período de um ano antes e um ano depois da exploração, sendo superior ao encontrado neste trabalho, no entanto cabe ressaltar que o tratamento T1 foi o que sofreu a exploração mais intensa, sendo retirada cerca de 13 arvores.ha<sup>-1</sup>.

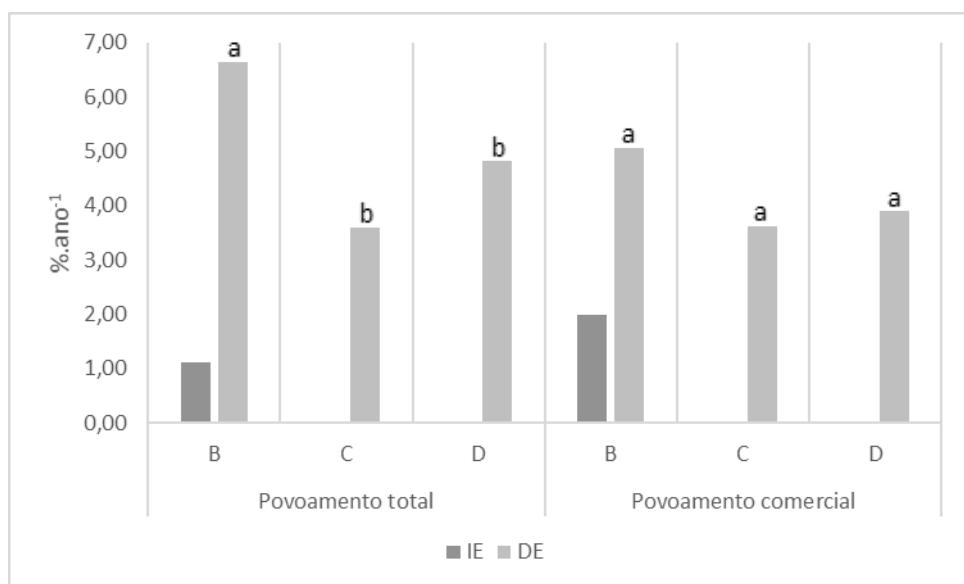
Neste sentido pode-se explicar o porquê apenas o compartimento B recrutou indivíduos no período que inclui a exploração, uma vez que este foi o que teve a maior intensidade exploratória (Ver Tabela 3).

Em seu estudo Oliveira (2005) afirma que as maiores taxas de recrutamento são obtidas entre 1 e 5 anos após a exploração e a partir daí tendem a decrescer até atingir níveis normais de florestas não perturbadas. No presente estudo observou-se que com cerca de 4 anos após a exploração, considerando um período de 13 anos, são obtidas as maiores taxas de recrutamento tanto para o povoamento total quanto para as espécies comerciais e potenciais.

As taxas de recrutamento entre os compartimentos no período após a exploração (2001-2014) foram avaliadas pelo teste F onde se observou diferença

significativa para o povoamento total ( $p = 0,0007$ ) (Figura 10), sendo o compartimento B superior aos demais.

Cabe-se mais uma vez ressaltar que tal fato tem relação direta com a intensidade de exploração, pois quanto mais intensa a exploração maior será a área basal retirada e, portanto, maior será a quantidade de clareiras abertas no dossel da floresta, o que implica numa maior disponibilidade de luz para os indivíduos do sub-bosque, resultando num maior crescimento tanto em diâmetro quanto em altura, o que implica em uma maior taxa de recrutamento observada.

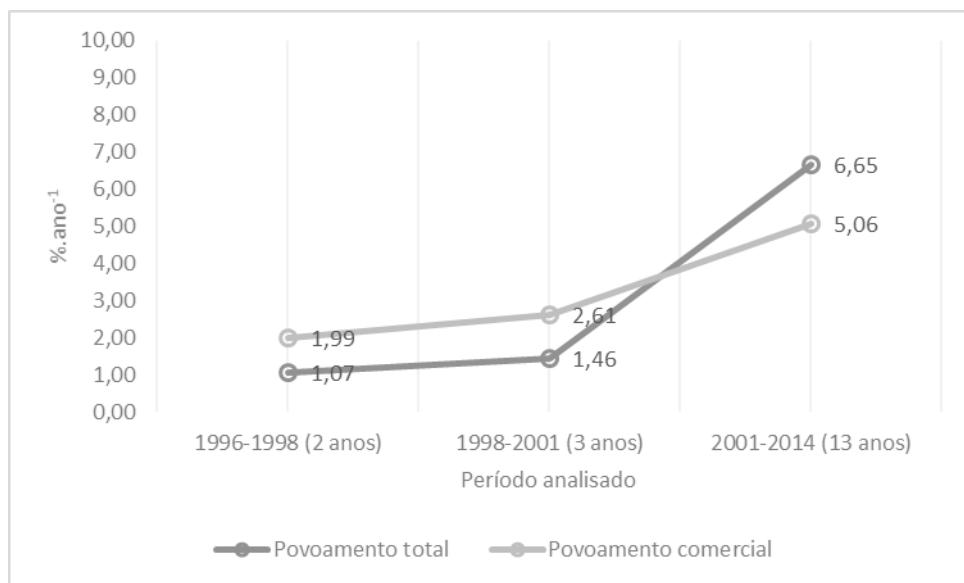


**Figura 10.** Taxa de recrutamento anual para o povoamento total e comercial, para o período que inclui a exploração e após a exploração, nos compartimentos B, C e D, em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Letras iguais para um mesmo período em diferentes compartimentos indica que não há diferença estatística de acordo como Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

Observou-se para o povoamento comercial/potencial a mesma tendência do povoamento total, tendo o compartimento B a maior taxa de recrutamento em relação aos compartimentos C e D, entretanto não foi detectada diferença significativa entre eles pelo teste F ( $p = 0,0595$ ).

Sendo o compartimento B o único a recrutar no período que inclui a exploração é apresentado, na Figura 11, as taxas de recrutamento anual para cada um dos períodos observados. É interessante notar que nos dois primeiros períodos logo após a exploração as taxas de recrutamento das espécies consideradas

comerciais ou com potencial para o comércio madeireiro é superior as taxas de recrutamento do povoamento total, uma das possíveis explicações para isso é que em uma floresta madura a regeneração natural estabelecida é composta por indivíduos provenientes do banco de plântulas os quais em geral são de espécies secundárias e clímax.



**Figura 11.** Taxa de recrutamento anual do povoamento total e comercial do compartimento B para os três períodos avaliados em 2,8 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

Haja visto que a grande maioria das espécies de valor comercial ou com potencial para o mercado madeireiro pertencem a esses grupos ecológicos (secundárias e clímax) e, que o diâmetro do povoamento comercial do compartimento B era superior ao do povoamento total antes da exploração (Figura 5), pode-se afirmar com certa segurança que os indivíduos comerciais levam vantagem logo após a exploração por já estarem estabelecidos no sub-bosque.

Entretanto 5 anos após a exploração o cenário se inverte uma vez que espécies como *Croton lanjouwensis*, *Protium sagotianum*, *Trattinnickia burserifolia*, *Inga alba* e outras do gênero Guatteria consideradas pioneiras ou secundárias iniciais começam a recrutar um grande número de indivíduos.

Neste mesmo sentido, Avila et al. (2017) afirmam que o alto recrutamento e taxas de crescimento são determinados, principalmente, por espécies pioneiras de longa vida, de modo que futuros ciclos de corte serão compostos por um grupo

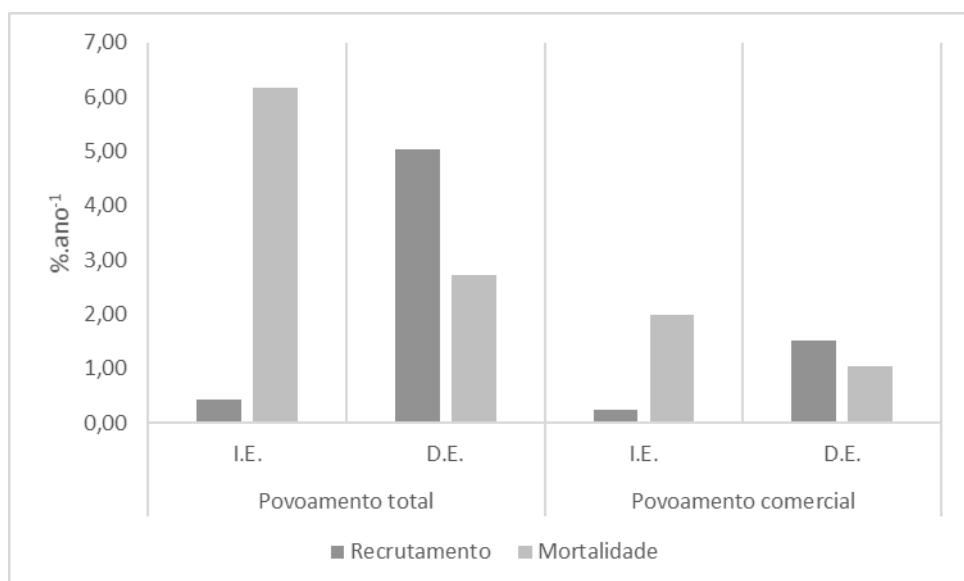
diferente de espécies comerciais, assim como Phillips et al (2004) que dizem que a composição de espécies de madeira tende em direção a espécies de madeiras leves em vez de madeiras duras.

Em relação ao compartimento B o teste t aplicado para verificar a existência de diferenças significativas entre o período que inclui a exploração e os dois pós exploração acusou diferença apenas entre o primeiro e o último período,  $p < 0,0001$  e  $p = 0,0069$ , para o povoamento total e comercial, respectivamente.

### 6.3.3 Balanço dinâmico

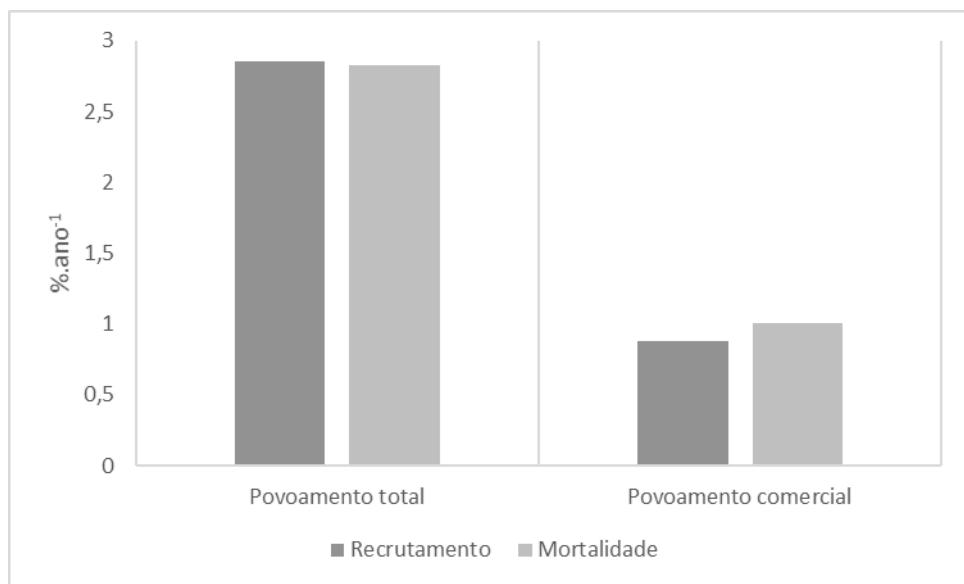
O balanço do ingresso e mortalidade de todas as espécies e das espécies comerciais, considerando a média dos três compartimentos (8,2 hectares amostrados), está representado na Figura 12. Como o esperado, notou-se que no período que inclui a exploração a taxa de mortalidade anual é bastante elevada, entretanto há uma redução acentuada cerca de 4 anos após.

Em relação ao ingresso, verificou-se um comportamento inverso, com pequena taxa logo após a colheita de madeira e aumento acentuado cerca de 4 anos decorridos da exploração.



**Figura 12.** Balanço dinâmico do povoamento geral considerando período que inclui a exploração (I.E.) e o período após a exploração (D.E.), para todas as espécies e para as espécies comerciais/potenciais em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

O mesmo comportamento foi observado por Souza (2015) em indivíduos adultos na mesma área e, Oliveira (2005), considerando 22 anos de acompanhamento de uma área na floresta nacional do Tapajós, observou balanço positivo para todos os tratamentos e comportamento semelhante ao observado a partir do quinto ano de observação. Isso implica dizer que as intervenções realizadas na floresta aumentam a mortalidade, mas também estimulam o crescimento e o recrutamento de novos indivíduos.



**Figura 13.** Balanço dinâmico do povoamento geral considerando um tempo médio de 17 anos, para todas as espécies e para as espécies comerciais/potenciais em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

Ao analisar o balanço dinâmico para cada compartimento percebeu-se que apenas o compartimento B teve um balanço positivo, onde a taxa de recrutamento superou a de mortalidade, considerando o período total (18 anos), tanto para o povoamento total quanto para o povoamento comercial e os compartimentos C e D tiveram balanço negativo para o povoamento total e comercial.

De maneira geral o povoamento total teve um balanço que pode ser considerado positivo, onde a taxa de recrutamento ( $2,85\%.ano^{-1}$ ) foi ligeiramente superior a taxa de mortalidade ( $2,83\%.ano^{-1}$ ), considerando o recrutamento e a mortalidade para um período médio de 17 anos do povoamento geral (os três compartimentos juntos).

Já o povoamento comercial/potencial, considerando o povoamento geral, teve balanço negativo, a taxa de mortalidade ( $1,01\%.ano^{-1}$ ) das espécies comerciais para o período médio de 17 anos ainda são superiores às de recrutamento ( $0,88\%.ano^{-1}$ ) (Figura 13).

#### 6.3.4 Incremento periódico anual em diâmetro, Área basal e Volume

Os valores do incremento periódico anual para os compartimentos B, C e D em termos de DAP, área basal e volume, para todas as espécies e para o grupo de espécies comerciais, nos períodos que incluem a exploração (I.E.) e nos períodos após a exploração (D.E.) e para o período total do povoamento geral, são apresentados na Tabela 16.

O incremento periódico anual em diâmetro, considerando o período total de acompanhamento para todas as espécies, não diferiu estatisticamente, pelo teste de F ( $p = 0,0923$ ), entre os compartimentos analisados. As médias de incremento em diâmetro, do período total, para os compartimentos B, C e D são respectivamente  $0,1139\text{cm.ano}^{-1}$ ;  $0,1191\text{cm.ano}^{-1}$  e  $0,1327\text{cm.ano}^{-1}$ , sendo 18, 17 e 16 anos os períodos de avaliação respectivos a cada compartimento.

Os valores encontrados neste estudo são inferiores ao encontrados por Oliveira (2005), após 22 anos, para o tratamento T1 onde houve apenas a exploração, onde o valor foi de  $0,19\text{cm.ano}^{-1}$ . Essa diferença se deve majoritariamente pelo fato de que no estudo feito por Oliveira (2005) são considerados todos os indivíduos com  $DAP \geq 5\text{cm}$  e neste são contemplados apenas indivíduos com  $5\text{cm} \leq DAP < 15\text{cm}$ . Ainda segundo a autora supracitada, as taxas de incremento diminuem ao longo do tempo, principalmente nas classes menores (de 5cm até 25cm de DAP).

As médias do incremento periódico anual em diâmetro dos compartimentos B, C e D, considerando apenas as espécies de valor comercial e com potencial madeireiro, para o período total de medição são apresentadas respectivamente a seguir:  $0,1326\text{cm.ano}^{-1}$ ;  $0,1368\text{ cm.ano}^{-1}$  e  $0,1553\text{cm.ano}^{-1}$ .

O Teste F aplicado acusou diferença significativa ( $p = 0,0458$ ), sendo o compartimento D superior aos demais. Essa diferença pode ser explicada pelo fato de que o referido compartimento possui o menor tempo de avaliação (16 anos),

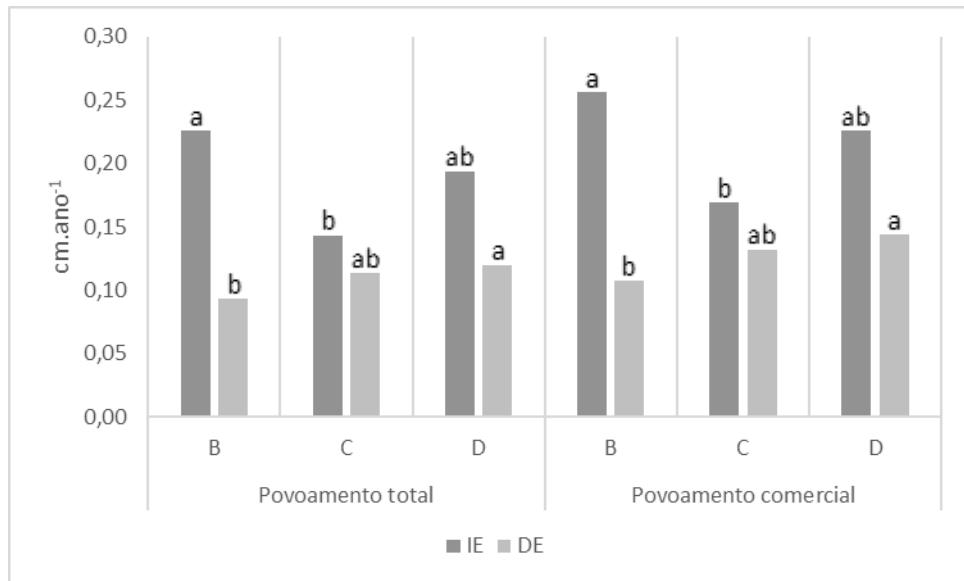
onde por tanto os efeitos positivos da abertura do dossel podem ainda estar influenciando este melhor desempenho.

**Tabela 16.** Incremento Periódico Anual em Diâmetro (DAP), Área basal (G) e Volume (V), para os compartimentos B, C e D, na área amostral de 8,2 hectares de uma Floresta Ombrófila Densa pertencente a área de Manejo Florestal da Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

<b>Povoamento total</b>			
<b>Compartimentos</b>	$IPA_{DAP}$ (cm.ano <sup>-1</sup> )	$IPA_G$ (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	$IPA_V$ (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )
I.E. (2 anos)	0,2194	0,0016	0,0241
<b>B</b>	D.E. (3 anos)	0,2329	0,0266
	D.E. (13 anos)	0,0935	0,0109
<b>C</b>	I.E. (4 anos)	0,1434	0,0150
	D.E. (13 anos)	0,1136	0,0128
<b>D</b>	I.E. (3 anos)	0,1932	0,0210
	D.E. (13 anos)	0,1196	0,0129
<b>Período total (B+C+D)</b>	<b>0,1203</b>	<b>0,0009</b>	<b>0,0129</b>
<b>Povoamento comercial</b>			
<b>Compartimentos</b>	$IPA_{DAP}$ (cm.ano <sup>-1</sup> )	$IPA_G$ (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	$IPA_V$ (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )
I.E. (2 anos)	0,2483	0,0019	0,0279
<b>B</b>	D.E. (3 anos)	0,2678	0,0311
	D.E. (13 anos)	0,1074	0,0125
<b>C</b>	I.E. (4 anos)	0,1694	0,0184
	D.E. (13 anos)	0,1319	0,0152
<b>D</b>	I.E. (3 anos)	0,2263	0,0251
	D.E. (13 anos)	0,1444	0,0163
<b>Período total (B+C+D)</b>	<b>0,1403</b>	<b>0,0010</b>	<b>0,0153</b>

I.E. = Incluindo a exploração; D.E. = Após a exploração.

Foram observadas diferenças significativas, tanto para o povoamento total quanto para o comercial/potencial, quando se analisou períodos mais curtos, ou seja, os intervalos entre cada medição (Figura 14). Os incrementos anuais em diâmetro do primeiro período, que inclui a exploração, são superiores aos do segundo período em todos os compartimentos e para os dois povoamentos, total e comercial. Maiores taxas de incremento em DAP nos primeiros 5 anos após a exploração também foram observados por Oliveira (2005) para classes de DAP de 5 até 25cm.



**Figura 14.** Incremento periódico anual em diâmetro para o povoamento total e comercial, para o período que inclui a exploração e após a exploração, nos compartimentos B, C e D, em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Letras iguais para um mesmo período em diferentes compartimentos indica que não há diferença estatística de acordo como Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

Esse comportamento já era esperado uma vez que é nos primeiros anos que se tem os efeitos positivos da redução da competição e maior porcentagem de iluminação chegando ao sub-bosque da floresta, fazendo assim com que os indivíduos ali presentes cresçam de maneira mais acelerada do que normalmente crescem em uma floresta não perturbada.

O compartimento B apresentou a maior média de incremento periódico em diâmetro ( $IPA_{DAP}$ ) no primeiro período para o povoamento total, e o C a menor, sendo, portanto, considerados estatisticamente diferentes pelo Teste F ( $p = 0,0021$ ). Considerando o crescimento somente das espécies de valor comercial/potencial percebe-se o mesmo comportamento, ( $p = 0,0056$ ) (Figura 14).

Considerando o período após a exploração houve diferença significativa entre os compartimentos tanto a nível de povoamento total quanto comercial ( $p = 0,0088$  e  $p = 0,0022$ , respectivamente), porém, o compartimento B que no primeiro período apresentou o maior incremento anual em diâmetro, teve o pior desempenho entre os três compartimentos (Figura 14).

Os resultados das análises utilizadas para verificar o comportamento do incremento periódico anual em diâmetro ocorrido dentro de cada compartimento são apresentados na Tabela 17.

**Tabela 17.** Valor do Test t aplicado para comparar o incremento periódico anual em diâmetro total e comercial, para o período que inclui a exploração (I.E.) e após a exploração (D.E.), nos compartimentos B, C e D, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

Compartimentos	Períodos analisados	Povoamento total	Povoamento comercial
<b>B</b>	I.E. x D.E. (3 anos)	-0,3602 ns	-0,4353 ns
	I.E. x D.E. (13 anos)	3,6717 **	3,4240 **
<b>C</b>	I.E. x D.E. (13 anos)	2,4741 *	2,7537 **
<b>D</b>	I.E. x D.E. (13 anos)	7,7485 ***	6,1542 ***

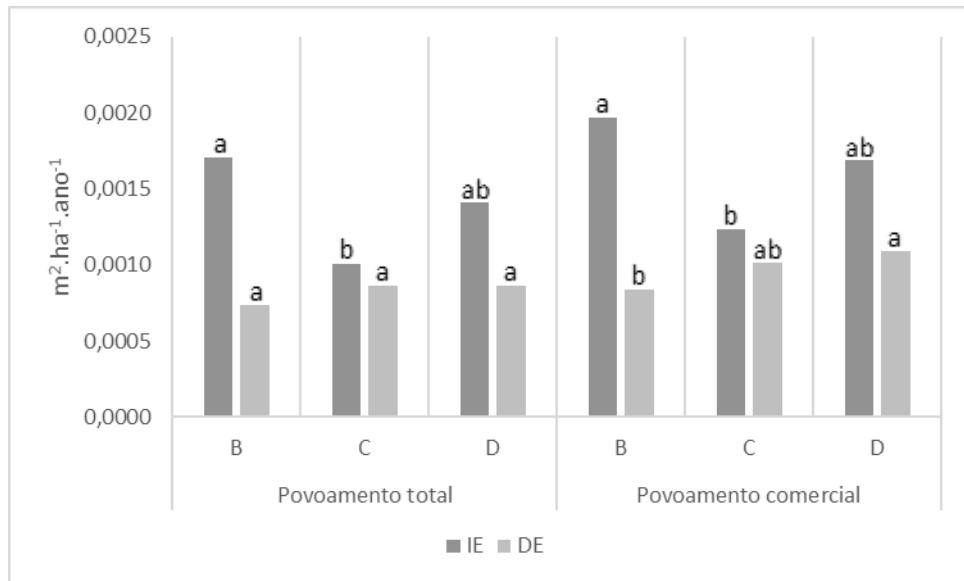
(\*) Significativo a 5% de probabilidade, (\*\*) Significativo a 1% de probabilidade, (\*\*\* Altamente significativo, (ns) Não significativo.

O compartimento B é o único com quatro medições e, portanto, o único que possui três períodos de incremento, ao comparar o primeiro período (1996-1998) com o segundo (1998-2001) percebe-se que houve um leve aumento no incremento anual em DAP, tanto para o povoamento total quanto comercial/potencial, entretanto não foi suficiente para ser considerado estatisticamente diferente.

Ao se comparar o primeiro e o último período, de 13 anos, nota-se que todos os compartimentos apresentaram queda significativa do incremento periódico anual em diâmetro (Tabelas 16 e 17).

O incremento periódico anual em área basal e volume, considerando o período total de acompanhamento para o povoamento total ( $p = 0,4515$  e  $p = 0,4518$ , respectivamente) e comercial ( $p = 0,1834$  e  $p = 0,1836$ , respectivamente), não diferiu estatisticamente pelo teste F, entre os compartimentos analisados.

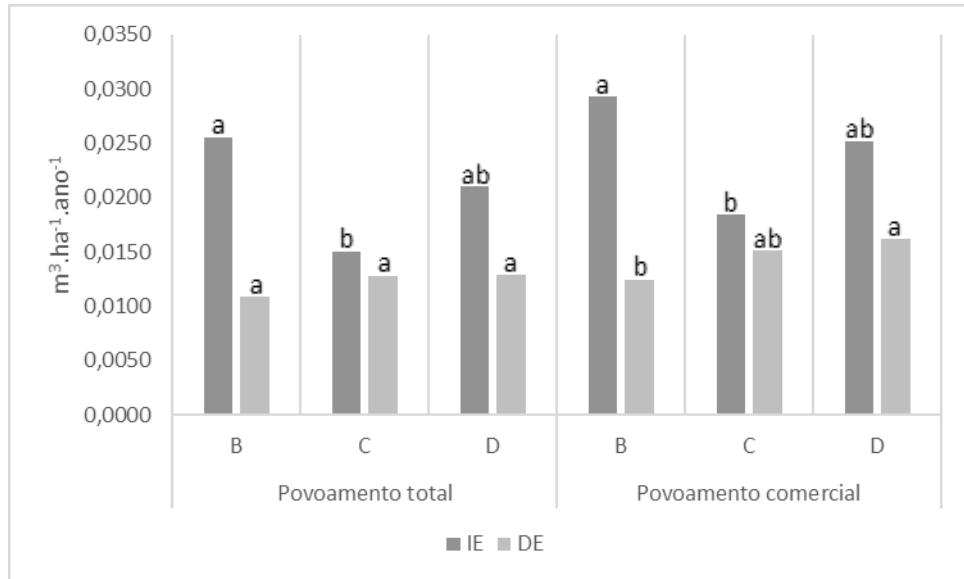
Ao analisar períodos mais curtos verificou-se que havia diferença significativa tanto para o incremento anual em área basal ( $p = 0,0011$  e  $p = 0,0075$ ) quanto para o volume ( $p = 0,0011$  e  $p = 0,0074$ ), entre os compartimentos no primeiro período o qual inclui a exploração, para o povoamento total bem como para o povoamento comercial/potencial, respectivamente (ver Figuras 15 e 16).



**Figura 15.** Incremento periódico anual em área basal para o povoamento total e comercial, para o período que inclui a exploração e após a exploração, nos compartimentos B, C e D, em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Letras iguais para um mesmo período em diferentes compartimentos indica que não há diferença estatística de acordo como Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

Os incrementos anuais em área basal e volume do segundo período (3 a 5 anos após a exploração), levando em consideração o povoamento total, não apresentou diferença significativa entre os compartimentos, entretanto ao considerar apenas as espécies de valor comercial e potencial madeireiro percebe-se que o compartimento D é estatisticamente superior ao B, tanto em IPA<sub>G</sub> ( $p = 0,0138$ ) quanto em IPA<sub>V</sub> ( $p = 0,0139$ ).

Um dos principais fatores que podem estar ocasionando essa diferença entre os compartimentos pode ser o tempo decorrido de exploração, uma vez que para o compartimento D o segundo período de avaliação iniciasse 3 anos após a exploração enquanto que no B o segundo período tem início 5 anos depois da exploração e, portanto, todo o efeito positivo oriundo da exploração já teria passado no compartimento B no entanto ainda estaria ativo no D.



**Figura 16.** Incremento periódico anual em volume para o povoamento total e comercial, para o período que inclui a exploração e após a exploração, nos compartimentos B, C e D, em 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Letras iguais para um mesmo período em diferentes compartimentos indica que não há diferença estatística de acordo como Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

Para avaliar o efeito do tempo sobre o incremento anual em área basal dentro de cada compartimento, considerando o período que inclui a exploração e os períodos que não a incluem utilizou-se o teste t para as comparações. Considerando apenas o primeiro período (I.E.) e o último (D.E. 13 anos) percebe-se que houve queda no incremento anual em área basal em todos os compartimentos com o decorrer do tempo, entretanto, apenas os decréscimos dos compartimentos B e D foram significativos (Tabela 16 e 18).

**Tabela 18.** Valor do Test t aplicado para comparar o incremento periódico anual em área basal total e comercial, para o período que inclui a exploração (I.E.) e após a exploração (D.E.), nos compartimentos B, C e D, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

Compartimentos	Períodos analisados	Povoamento total	Povoamento comercial
B	I.E. x D.E. (3 anos)	-0,5574 ns	-0,5844 ns
	I.E. x D.E. (13 anos)	3,1903 **	3,062 **
C	I.E. x D.E. (13 anos)	1,7063 ns	2,021 ns
D	I.E. x D.E. (13 anos)	5,5718 ***	4,5282 ***

(\*\*) Significativo a 1% de probabilidade, (\*\*\*) Altamente significativo, (ns) Não significativo.

O compartimento C apresentou uma leve queda, referente ao IPA<sub>G</sub>, entre o primeiro e o segundo período, porém esta não foi significativa. Dentre as possíveis causas que podem justificar tal comportamento destaca-se a intensidade de exploração mais leve, em comparação aos outros compartimentos, realizada no mesmo, um maior número de indivíduos aliado a menor taxa de mortalidade encontrada para os três compartimentos no período que inclui a exploração florestal.

O comportamento do incremento periódico anual em volume, em cada compartimento, em relação ao tempo decorrido após a exploração foi semelhante ao ocorrido no incremento anual em área basal, com decréscimos significativos apenas para os compartimentos B e D (Tabela 19).

**Tabela 19.** Valor do Test t aplicado para comparar o incremento periódico anual em volume total e comercial, para o período que inclui a exploração (I.E.) e após a exploração (I.E.), nos compartimentos B, C e D, nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

Compartimentos	Períodos analisados	Povoamento total	Povoamento comercial
B	I.E. x D.E. (3 anos)	-0,5572 ns	-0,5843 ns
	I.E. x D.E. (13 anos)	3,1908 **	3,0624 **
C	I.E. x D.E. (13 anos)	1,707 ns	2,0218 ns
D	I.E. x D.E. (13 anos)	5,5722 ***	4,5299 ***

(\*\*) Significativo a 1% de probabilidade, (\*\*\* Altamente significativo, (ns) Não significativo.

Aviala et al. (2017) afirma que o incremento volumétrico de árvores para colheita futura ( $15 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 50 \text{ cm}$ ) aumenta temporariamente após as intervenções silviculturais e depois decresce novamente, além disso, o volume para colheita ( $\text{DAP} \geq 50 \text{ cm}$ ) ao longo de 30 anos só é alcançado se incluídas espécies que atualmente possuem potencial madeireiro e que não foram colhidas anteriormente.

De maneira geral pode-se afirmar que os incrementos anuais em área basal e volume são fortemente influenciados pelas taxas de mortalidade e considerando o período total (antes da exploração até o último levantamento), o compartimento que apresentou as melhores taxas de IPA<sub>G</sub> e IPA<sub>V</sub>, para as espécies consideradas comerciais, foi o compartimento D com  $0,0011 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  e  $0,0167 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , respectivamente.

## 6.4 CRESCIMENTO EM DIÂMETRO - $IPA_{DAP}$ DE ESPÉCIES COMERCIAIS/POTENCIAIS

O objetivo neste tópico é a classificação e o agrupamento, não subjetivo, baseado no incremento em diâmetro das espécies comerciais e com potencial de mercado. A Tabela 20 mostra o número de indivíduos comerciais/potenciais medidos em cada compartimento durante todo o período analisado, incluindo os recrutados, egressos e mortos, além do número de  $IPA_{DAP}$  por períodos e total para cada compartimento.

**Tabela 20.** Número de indivíduos comerciais/potenciais para os compartimentos B, C e D e número de incrementos periódicos anuais por período e por compartimentos, utilizados para a análise discriminante dos grupos de crescimento anual diâmetro.

Compartimentos	Número de indivíduos comerciais/potenciais	$IPA_{DAP}/Períodos$			$IPA_{DAP}$ total
<b>B</b>	914	459	418	287	1164
<b>C</b>	877	522	309	831	
<b>D</b>	879	495	317	812	
<b>Total Geral</b>	2670	1476	418	913	2807

Cabe-se ressaltar que dos 2670 indivíduos comerciais monitorados, apenas 1453 apresentaram pelo menos uma medida de incremento em diâmetro. Das 67 espécies consideradas comercial ou que tem potencial de mercado pela empresa Mil Madeiras em Itacoatiara, foram observadas somente a ocorrência de 51, sendo que, 3 espécies não foram medidas e, portanto, não possuem medidas de incremento.

Considerando os três compartimentos e todos os períodos de incremento para cada um deles, observou-se um número de 48 espécies comerciais/potenciais com pelo menos uma medida de incremento em diâmetro, entretanto, apenas 44 foram usadas no processo de classificação e agrupamento em função do crescimento em diâmetro, pelo fato de que quatro delas apresentavam apenas uma medida de incremento.

As espécies que foram retiradas são: *Brosimum parinarioides*, *Hymenaea courbaril*, *Manilkara huberi* e *Roupala montana*. Na Tabela 21 são apresentadas todas as 48 espécies utilizadas, bem como seus nomes vulgares e o código utilizado para indicar cada uma delas no processo de agrupamento em função de seus

incrementos periódicos anuais em diâmetro médios e o resultado discriminante pelo teste de Scott-Knott ao nível  $\alpha = 0,05$ .

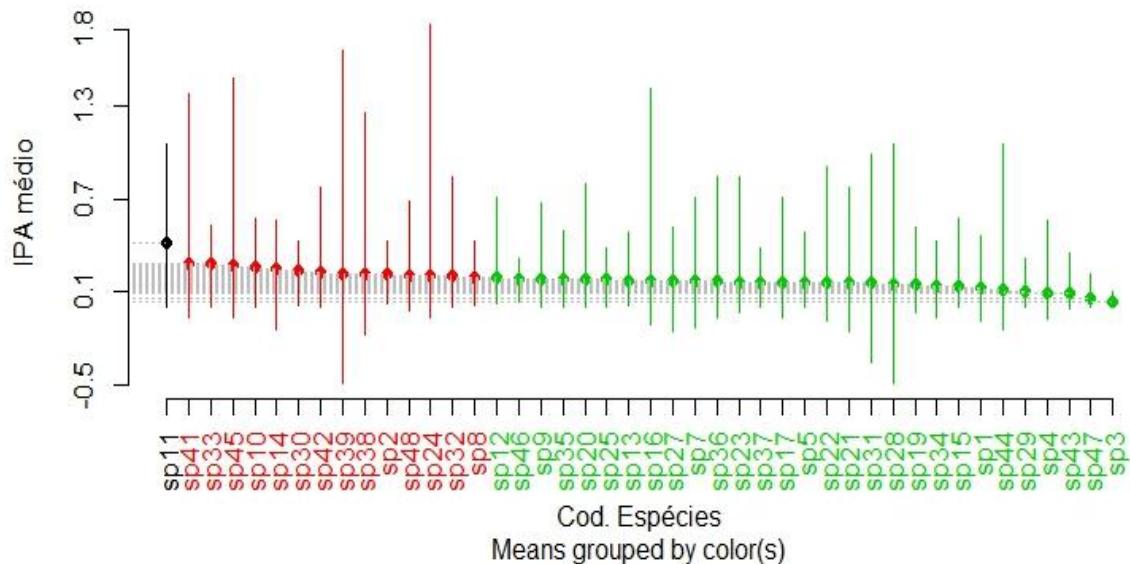
**Tabela 21.** Lista das 48 espécies identificadas nos compartimentos B, C e D com pelo menos uma medida de incremento periódico em diâmetro nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa sob regime de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

Código	Nome vulgar	Nome científico	IPA <sub>DAP</sub> médio	Grupos
Sp1	Sucupira vermelha	<i>Andira parviflora</i>	0.12919137	c
Sp2	Preciosa	<i>Aniba canellila</i>	0.21308020	b
Sp3	Louro branco	<i>Aniba megaphylla</i>	0.03419803	c
Sp4	Piquia marfim	<i>Aspidosperma desmanthum</i>	0.09114541	c
Sp5	Muiracatiara	<i>Astronium lecointei</i>	0.15821224	c
Sp6	Amapá	<i>Brosimum parinarioides</i>	0,234783	\$
Sp7	Muirapiranga	<i>Brosimum rubescens</i>	0.16791382	c
Sp8	Tanimbuca	<i>Buchenavia capitata</i>	0.19804035	b
Sp9	Jacareuba	<i>Calophyllum angulare</i>	0.18592901	c
Sp10	Piquiarana	<i>Caryocar glabrum</i>	0.26450859	b
Sp11	Guariuba	<i>Clarisia racemosa</i>	0.41485041	a
Sp12	Sucupira preta	<i>Diplostropis triloba</i>	0.19131701	c
Sp13	Cumaru	<i>Dipteryx odorata</i>	0.17571687	c
Sp14	Uxi liso	<i>Endopleura uchi</i>	0.25392466	b
Sp15	Sucupira amarela	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	0.13413554	c
Sp16	Matamatá preto	<i>Eschweilera coriacea</i>	0.17437595	c
Sp17	Cupiúba	<i>Gouania glabra</i>	0.16129582	c
Sp18	Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	0	\$
Sp19	Angelim pedra	<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	0.14479755	c
Sp20	Arura vermelho	<i>Iryanthera grandis</i>	0.17861704	c
Sp21	Jarana	<i>Lecythis poiteaui</i>	0.15537423	c
Sp22	Castanhara	<i>Lecythis prancei</i>	0.15635524	c
Sp23	Louro Aritu	<i>Licaria chrysophylla</i>	0.16317806	c
Sp24	Louro amarelo	<i>Licaria rigidia</i>	0.20379825	b
Sp25	Maparajuba	<i>Manilkara bidentata</i>	0.17846786	c
Sp26	Maçaranduba	<i>Manilkara huberi</i>	0,705882	\$
Sp27	Jutaí pororoca	<i>Martiodendron elatum</i>	0.16793864	c
Sp28	Itaúba	<i>Mezilaurus itauba</i>	0.15008008	c
Sp29	Louro Itaúba	<i>Mezilaurus synandra</i>	0.09946380	c
Sp30	Acariquara	<i>Minquartia guianensis</i>	0.23265186	b
Sp31	Loro preto	<i>Ocotea fragrantissima</i>	0.15462055	c
Sp32	Tento	<i>Ormosia paraensis</i>	0.19862056	b
Sp33	Paricarana	<i>Parkia paraensis</i>	0.27777593	b
Sp34	Violeta	<i>Peltogyne catingae</i>	0.13752284	c
Sp35	Favinha	<i>Piptadenia suaveolens</i>	0.17979791	c

Código	Nome vulgar	Nome científico	IPA <sub>DAP</sub> médio	Grupos
<b>Sp36</b>	Angelim Rajado	<i>Pithecellobium racemosum</i>	0.16557861	c
<b>Sp37</b>	Abiurana	<i>Pouteria hispida</i>	0.16178297	c
<b>Sp38</b>	Breu Branco	<i>Protium paniculatum</i>	0.21651386	b
<b>Sp39</b>	Breu vermelho	<i>Protium puncticulatum</i>	0.21888243	b
<b>Sp40</b>	Louro faia	<i>Roupala montana</i>	0,208696	\$
<b>Sp41</b>	Cedrinho/Cardeiro	<i>Scleronema micranthum</i>	0.28089102	b
<b>Sp42</b>	Louro gamela	<i>Sextonia rubra</i>	0.22149765	b
<b>Sp43</b>	Marupa	<i>Simarouba amara</i>	0.09027402	c
<b>Sp44</b>	Coração de negro	<i>Swartzia corrugata</i>	0.11806454	c
<b>Sp45</b>	Tachi	<i>Tachigali goeldianum</i>	0.26924979	b
<b>Sp46</b>	Fava	<i>Vataireopsis sp</i>	0.18634028	c
<b>Sp47</b>	Fava amargosa	<i>Vatairea guianensis</i>	0.05467926	c
<b>Sp48</b>	Ucuuba	<i>Virola duckei</i>	0.20439682	b

(\$) = espécies sem repetição do incremento periódico anual em diâmetro.

A Figura 17 mostra em detalhes os três grupos formados.



**Figura 17.** Agrupamento das 44 espécies analisadas. Espécies com a mesma cor fazem parte do mesmo grupo de crescimento.

Azevedo et al. (2008) afirmam que métodos de agrupamento de espécies são essenciais no desenvolvimento de planos de manejo e na projeção do crescimento em florestas tropicais. Isso se deve ao fato de existir um número muito baixo de espécies que podem ser modeladas individualmente, sendo que as espécies de interesse comercial são representadas por poucos indivíduos.

O procedimento de Scott e Knott (1974) é uma técnica que utiliza o teste da razão de verossimilhança para agrupar  $n$  tratamentos em  $k$  grupos, portanto, as 44 espécies foram agrupadas em três grupos, *a*, *b* e *c*, de acordo com o incremento médio em diâmetro. Dado o agrupamento resultante, os grupos foram classificados como:

Grupo *a* – crescimento rápido: Apenas a espécie *Clarisia racemosa* apresentou média superior as demais, possuindo  $IPA_{DAP}$  médio de  $0.4149 \text{ cm.ano}^{-1}$ . Tal valor originou-se a partir de 8 incrementos observados para essa espécie, os quais variavam de 0 a  $1,0588 \text{ cm.ano}^{-1}$ .

Grupo *b* – crescimento médio: Um total de 14 espécies foram agrupadas aqui, sendo que a espécie *Scleronema micranthum* apresentou o maior  $IPA_{DAP}$  médio ( $0.2809 \text{ cm.ano}^{-1}$ ) e a espécie *Buchenavia capitata* o menor ( $0.1980 \text{ cm.ano}^{-1}$ ) do grupo em questão. O incremento periódico anual médio para este grupo é de  $0,2324 \text{ cm.ano}^{-1}$ .

Grupo *c* – crescimento lento: As 29 espécies restantes foram agrupadas neste grupo, possuindo estas os menores incrementos médios em diâmetro. O maior incremento neste grupo foi representado pela espécie *Diplotropis triloba* com  $0.1913 \text{ cm.ano}^{-1}$  e, o menor pela espécie *Aniba megaphylla* com  $0.0342 \text{ cm.ano}^{-1}$ . O incremento periódico anual médio para este grupo é de  $0,1543 \text{ cm.ano}^{-1}$ .

Azevedo et al. (2008) comentam que embora os incrementos absolutos possam variar com o passar do tempo, mudanças na posição das espécies são improváveis.

## 6.5 CLASSES DE FLORESTA

As florestas, em especial as tropicais, são dinâmicas e estão sempre em processos de renovação de quotas, mesmo florestas não perturbadas apresentam um certo ritmo de mudança em sua composição. Florestas submetidas a algum tipo de manejo apresentam uma dinâmica mais acentuada e uma das formas de avaliar essas mudanças é com a utilização de uma variável categórica com codificação

numérica usada para definir as principais fases de desenvolvimento da floresta, isto é, a fase de clareira, a fase de floresta em construção e a fase de floresta madura (Whitmore, 1990).

Para avaliar as mudanças no estágio sucessional da floresta, antes e após a exploração, foi comparado o percentual de ocorrência de três classes em 820 subparcelas de 100 m<sup>2</sup>, o que corresponde a 20% dos 41 hectares, os resultados são apresentados na Tabela 22.

**Tabela 22.** Percentual das classes de floresta, antes e após a exploração, nos 8,2 hectares amostrados de uma floresta Ombrófila Densa pertencente a área de manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM.

Período	Classe de floresta	% B	% C	% D	% Média
A.E.	1-Floresta madura	46,43	38,85	51,43	45,57
	2-Floresta em construção	53,57	51,15	45,36	50,03
	3-Clareira	0,00	10,00	3,21	4,40
D.E.2001	1-Floresta madura	45,36	38,08	52,50	45,31
	2-Floresta em construção	54,64	54,62	46,43	51,90
	3-Clareira	0,00	7,31	1,07	2,79
D.E.2014	1-Floresta madura	40,00	35,00	44,64	39,88
	2-Floresta em construção	58,93	61,15	52,50	57,53
	3-Clareira	1,07	3,85	2,86	2,59

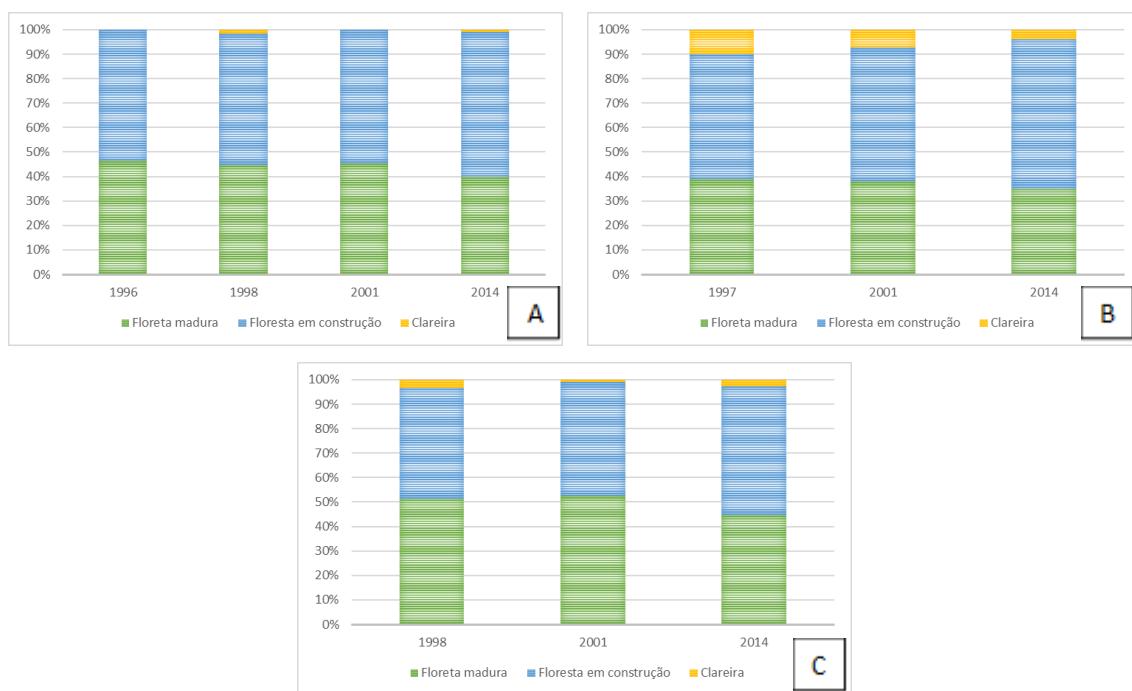
Anteriormente a intervenção, a floresta estudada apresentava 45,57% das amostras em estágio de floresta madura, 50,03% em estágio de floresta em construção e 4,40% em estágio de clareira, certamente oriundas da queda de indivíduos por ação climática e ambientais ou morte natural.

Os valores obtidos neste trabalho diferem dos observado por Souza (2015), para antes da intervenção, onde foi observado que 79,9% da amostra se encontrava em estágio de floresta madura, 16,4% em estágio de floresta em construção e apenas 3,7% das amostras estavam em fase de clareira e em 2001 (3 a 5 anos após a exploração) quando foi observada a redução da área de floresta madura para 72,8%, aumentando as áreas de floresta em construção (20,2%) e de clareiras (6,9%).

Segundo Souza (2015) a redução na fase de floresta madura ocorreu devido a abertura do dossel da floresta decorrente da extração das árvores de maior porte. A Figura 19 mostra o percentual de participação das fases de floresta para cada compartimento, antes da intervenção e após.

Percebe-se que o compartimento C, mesmo antes da exploração possuía um percentual elevado de clareiras, indicando uma perturbação de ordem não antrópica nessa área. Essa maior quantidade de clareiras pode explicar o melhor desempenho do compartimento em número de espécies, número de indivíduos e área basal em relação aos outros dois antes da exploração florestal.

Na Figura 19 (A), referente ao compartimento B, percebe-se que mesmo tendo sido este o compartimento mais intensamente explorado, no que diz respeito a quantidade de árvores por hectare retirada ( $5,31 \text{ N.ha}^{-1}$ , Ver tabela 3), o percentual de clareira em 1998 foi mínimo, cerca de 1,5%. Indicando que, o sistema de manejo adequado aliado a técnicas de manejo apropriadas a realidade da floresta pode reduzir danos a vegetação remanescente e ainda facilitar e impulsionar um melhor desenvolvimento do estoque dessas populações.



**Figura 18.** Percentual das classes de floresta, antes da exploração (B-1996; C-1997; D-1998) e após a exploração (B-1998, 2001 e 2014; C-2001 e 2014; D-2001 e 2014), nos 8,2 hectares amostrados de uma Floresta Ombrófila Densa pertencente a área de Manejo Florestal da empresa Mil Madeiras, Itacoatiara-AM. Figura A = compartimento B, Figura B = compartimento C, Figura C = compartimento D.

Em 2014 o percentual de clareiras, em relação a 2001, aumentou nos compartimentos B e D mas continuou diminuindo no compartimento C, entretanto, mesmo tendo apresentado uma redução expressiva para a porcentagem de

clareiras, entre 2001 e 2014, o compartimento C é o que apresenta o maior percentual para esta variável em questão, considerando um tempo de 17 anos após a exploração.

Outro fato importante a se destacar é o decréscimo do percentual da variável Floresta madura em todos os compartimentos, considerando a primeira e a última avaliação. O caso mais grave é apresentado no compartimento C, onde apenas 35% das subparcelas apresentam pelo menos uma árvore com diâmetro igual ou maior que 40 cm.

Considerando que o DAP mínimo para explorar é de 50cm atualmente e que resta menos da metade do tempo para o próximo ciclo de corte no compartimento C e que o incremento médio em DAP, para todas as espécies calculado por Souza (2015) é de  $0,27 \text{ cm.ano}^{-1}$ , pode-se sugerir que este comportamento em questão terá dificuldades em apresentar uma boa produção madeireira em  $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$  para o próximo ciclo de corte.

Ainda que em proporções diferentes, Souza (2015) observou a mesma dinâmica de recomposição florestal, caracterizada principalmente pelo aumento da taxa de floresta em construção, que é caracterizada pela presença de pelo menos uma árvore entre 10 e 40cm de DAP e dossel bem formado.

## 7 CONCLUSÕES

O sistema de manejo florestal aplicado nestes compartimentos mostrou-se eficiente em promover a riqueza florística da regeneração natural, entretanto, as espécies de valor comercial/potencial não apresentaram aumento significativo.

O número de indivíduos de espécies comerciais não foi afetado negativamente pela exploração, se mantendo, em todos os compartimentos, estatisticamente igual ao existente antes da exploração.

De maneira geral todas as variáveis referentes ao estoque da regeneração natural responderam de forma positiva, indicando que, 17 anos aproximadamente após a exploração, mesmo com a passagem de vários indivíduos da regeneração natural para o povoamento adulto, o estoque se mantém estatisticamente igual ao existente antes da exploração.

O balanço dinâmico entre recrutamento e mortalidade pode ser considerado positivo para o povoamento total, porém, ao analisar o balanço dinâmico do povoamento comercial percebe-se que, mesmo após 17 anos aproximadamente, as taxas de mortalidade ainda são maiores que as de ingresso, o que não é apropriado aos princípios do manejo florestal sustentável.

Os incrementos periódicos anuais em diâmetro, área basal e volume da regeneração natural são altamente influenciados pela abertura do dossel, seja esta natural ou não, apresentando maiores valores de incremento para os períodos que incluem a exploração.

A distinção entre grupos de espécies pelo teste de Scott-Knott com base no incremento médio em diâmetro reflete as diferenças reais de crescimento dessas espécies.

O constante aumento percentual da variável floresta em construção pode evidenciar a necessidade de aumentar o intervalo entre ciclos de cortes, ou pelo menos corrobora, apresentando dados, para a necessidade de se discutir sobre o assunto e, também, se fazer novas pesquisas que ajudem a consolidar o manejo florestal sustentável em florestas naturais.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AVILA, A. L.; ARAUJO, M. M.; GASPARIN, E.; LONGHI, S. J. Mecanismos de regeneração natural em remanescente de floresta ombrófila mista, RS, Brasil. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 4, p. 621-628, out./dez. 2013.
- AVILA, A. L.; ARAUJO, M. M.; LONGHI, S. J.; SCHNEIDER, P. R.; CARVALHO, J. O. P. Estrutura populacional e regeneração de espécies arbóreas na floresta nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 825-838, jul.-set., 2016.
- AVILA, A. L.; RUSCHEL, A. R.; CARVALHO, J. O. P.; MAZZEI, L.; SILVA, J. N. M.; LOPES, J. C.; ARAUJO, M. M.; DORMANN, C. F.; BAUHUS, J. Medium-term dynamics of tree species composition in response to silvicultural intervention intensities in a tropical rain forest. **Biological Conservation** 191, 577–586. 2015.
- AVILA, A. L.; SCHWARTZ, G.; RUSCHEL, A. R.; LOPES, J. C.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; DORMANN, C. F.; MAZZEI, L.; SOARES, M. H. M. BAUHUS, J. Recruitment, growth and recovery of commercial tree species over 30 years following logging and thinning in a tropical rain forest. **Forest Ecology and Management** 385, 225–235. 2017.
- AZEVEDO, C. P. **Dinâmica de florestas submetidas a manejo na Amazônia oriental: experimentação e simulação**. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Paraná, PR. 2006.
- AZEVEDO, C. P.; SANQUETTA, C. R. SILVA, J. N. M.; MACHADO, S. A. Efeito da exploração de madeira e dos tratamentos silviculturais no agrupamento ecológico de espécies. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 38, n. 1, jan./mar. 2008.
- CARNEIRO, V.M.C. **Composição florística e estrutural da regeneração natural em uma floresta manejada no município de Itacoatiara (AM)**. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus 174 pp, 2010.
- CARVALHO, J.O.P.de. **Análise estrutural da regeneração natural em floresta tropical densa na região do Tapajós no Estado do Pará**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná. 63 pp, 1982.
- CARVALHO, J.O.P. de; SILVA, J.N.M.; LOPES, J.do C.A. Growth rate of a “terra firme” rain Forest in brazilian amazonia over an eight-year period in response to logging. **Acta Amazonica**, 34(2): 209-217, 2004.
- DARRIGO, M. R.; VENTICINQUE, E. M.; SANTOS, F. A. M. Effects of reduced impact logging on the forest regeneration in the central Amazonia. **Forest Ecology and Management** 360 52–59, 2016.
- De GRAAF, N. R. **A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname**. Wageningen: Agricultural University, 1986. 250 p.

GAMA, J.R.V.; BOTELHO, S.A.; BENTES-GAMA, M.M. Composição florística e estrutura da regeneração natural de floresta secundária de várzea baixa no estuário Amazônico. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.26, n.5, p.559- 566, 2002.

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

HIGUCHI, N. Utilização e manejo dos recursos madeireiros das florestas tropicais úmidas. **Acta Amazonica**, 24(3/4):275-288, 1994.

HIGUCHI, N.; JARDIM, F.C.S.; SANTOS, J.; ALENCAR, J.C. Bacia 3 – Inventário diagnóstico da regeneração natural. **Acta Amazonica**, 15(1-2): 199-233, 1985.

HUMMEL, A.C. et al. **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e Mercados**. Serviço Florestal Brasileiro (SFB); Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon) – Belém, PA. 2010.

JARDIM, F.C. da S. Taxa de regeneração natural na floresta tropical úmida. **Acta Amazonica**, 16/17 (nº único): 401-410, 1987.

JARDIM, F. C. da S. Natural regeneration in tropical forests. **Revista de Ciências Agrarias**, Belém, v. 58, n. 1, p. 105-113, jan./mar. 2015

JOHNS, A. G. **Timber production and biodiversity conservation in tropical rain forests**. United Kingdom: Cambridge University Press, p. 210, 1997.

LEAL, P.F. **Colonização dirigida na Amazônia: os malabarismos do dirigismo estatal e os parceleiros em descompasso com a lei – o caso do Projeto de Assentamento Rio Juma (AM)**. VIII Congresso Latino americano de Sociologia Rural. Anais...p.1-20. Porto de Galinhas, Pernambuco.2010.

LEAL FILHO, N. Dinâmica inicial da regeneração natural de florestas exploradas na Amazônia brasileira. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo. 157 pp, 2000.

LIMA, A. J. N. L. **Avaliação de um sistema de Inventário Florestal Contínuo em áreas manejadas e não manejadas do Estado do Amazonas (AM)**. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA/UFAM, Manaus, Amazonas, 2010.

LIMA, A. P.; LIMA, O. P. de; MAGNUSSON, W. E.; HIGUCHI, N.; REIS, F. Q. Regeneration of five commercially-valuable tree species after experimental logging in an Amazonian forest. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 567-571, 2002.

LIMA FILHO, D. de A.; REVILLA, J.; COÊLHO, L. de S.; RAMOS, J.F.; SANTOS, J.L. dos; OLIVEIRA, J.G. de. Regeneração natural de três hectares de floresta ombrófila densa de terra firme na região do Rio Urucu – AM, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 32, n. 4, p. 555-569, 2002.

LOPES, J. C. A. **Demografia e flutuações temporais da regeneração natural após uma exploração florestal: FLONA do Tapajós- PA.** Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 1993.

MACIEL, M. de N.M.; WATZLAWICK, L.F.; SCHOENINGER, E.R.; YAMAJI, F.M. Efeito da radiação solar na dinâmica de uma floresta. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 4, n. 1, p. 101-114. 2002.

MACIEL, M. de N.M.; WATZLAWICK, L.F.; SCHOENINGER, E.R.; YAMAJI, F.M. Classificação ecológica das espécies arbóreas. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.1, n.2, p. 69-78, abr./jun. 2003.

MAGNUSSON, W.E.; LIMA, O.P.; REIS, F.Q.; HIGUCHI, N.; RAMOS, J.F. Logging activity and tree regeneration in an Amazonian forest. **Forest Ecology and Management**, 113: 67-74, 1999.

MANOKARAN, N.; KOCHUMMEN, K. M. Recruitment, growth and mortality of three species in a lowland dipterocarp forest in Peninsular Malaysia. **Journal of Tropical Ecology**, 3: 315-330. 1987.

MARTINS, S.V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração.** Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 207p. 2ª. Edição, 2013.

MAZZEI, L.; RUSCHEL, A. **Estoque comercial para o segundo ciclo de corte na floresta nacional do tapajós – área experimental km67 – EMBRAPA.** Seminário de Pesquisas Científicas da Floresta Nacional do Tapajós (2011, Santarém, PA) Anais/II Seminário de Pesquisas Científicas da Floresta Nacional do Tapajós – Santarém - PA: Floresta Nacional do Tapajós/ICMBio, 302 p. ISSN: 2237-7212, 2014.

MENDES F. da S. **Dinâmica de espécies arbóreas e arbustivas sob manejo florestal madeireiro, durante 27 anos, em uma floresta ombrófila densa no estado do amapá, Brasil.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná. 118 pp, 2016

OLIVEIRA, A. N. de; AMARAL, I. L. do. Aspectos florísticos, fitossociológicos e ecológicos de um sub-bosque de terra firme na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 35, n. 1, p. 1-16, 2005.

OLIVEIRA, L. C. **Efeito da exploração da madeira e de diferentes intensidades de desbastes sobre a dinâmica da vegetação de uma área de 136ha na floresta nacional do tapajós.** Tese de Doutorado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. SP. 2005

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

PHILLIPS, P.D.; AZEVEDO, C.P.; DEGENC, B.; THOMPSON, I.S.; SILVA, J.N.M., VAN GARDINGEN, P.R. An individual-based spatially explicit simulation model for strategic forest management planning in the eastern Amazon. **Ecological Modelling**, 173, 335–354. 2004

PINTO, A.C.M.; SOUZA, A.L. de; SOUZA, A.P. de; MACHADO, C.C.; MINETTE, L.J.; VALE, A.B. do. Análise de danos de colheita de madeira em floresta tropical úmida sob regime de manejo florestal sustentado na Amazônia Ocidental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 459-466, 2002.

PMFS/Mil Madeiras. **Plano de Manejo Florestal Sustentável da Mil Madeiras Preciosas/PWA. VI Reformulação**. Itacoatiara, Amazonas, 2013.

POKORNY, B.; SABOGAL, C.; SILVA, J.N.M.; BERNARDO, P.; SOUZA, L.; ZWEED, J. Compliance with reduced-impact harvesting guidelines by timber enterprises in terra firme forests of the Brazilian Amazon. **International Forestry Review**, v. 7, n.1, p. 9-20, 2005.

RANKIN, J. M. **Forestry in the Brazilian Amazon**. In Amazonia, edited by G. Prance and T. Lovejoy, Pergamon Press, Oxford. pp. 369-392, 1985.

RAYOL, B. P.; ALVINO, F. DE O.; DA SILVA, M. F. F. Estrutura e composição florística da regeneração natural de duas florestas secundárias em Capitão Poço, Pará, Brasil. Amazônia: Ci. & Desenv., Belém, v. 4, n. 7, jul./dez. 2008.

RODRIGUES R. R.; GANDOLFI S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da USP: Fapesp, p. 235-247, 2004.

SABOGAL, C.; SILVA, J.N.M.; ZWEED, J.; PEREIRA JÚNIOR, R.; BARRETO, P.; GUERREIRO, C.A. **Diretrizes técnicas para a exploração de impacto reduzido em operações florestais de terra firme na Amazônia brasileira**. Belém, PA. Embrapa – CPATU, 2000, 24 p. (EMBRAPA – CPATU, Documentos, 64).

SANQUETTA, C. R.; BRENA, D. A.; ANGELO, H.; MENDES, J. B. Matriz de transição para simulação da dinâmica de florestas naturais sob diferentes intensidades de corte. **Ciência Florestal**. v. 6 n. 1, p. 65-78, 1996.

SCHORN, L. A.; GALVÃO, F. Dinâmica da regeneração natural em três estágios sucessionais de uma floresta ombrófila densa em Blumenau, SC. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 36, n. 1, jan./abr. 2006.

SCHWARTZ, G.; FALKOWSKI, V.; PEÑA-CLAROS, M. Natural regeneration of tree species in the Eastern Amazon: Short-term responses after reduced-impact logging. **Forest Ecology and Management** 385 97–103, 2017.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**. Washington, v. 30, p. 507 - 512, Sept. 1974.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). Serviço Florestal Brasileiro. Florestas do Brasil em resumo, 2013. **Ministério do Meio Ambiente**. 188pp. 2013.

SILVA, J. N. M. e LOPES, J. C. A. **Inventário Florestal Contínuo em florestas tropicais: a metodologia utilizada pela EMBRAPA-CPATU na Amazônia brasileira**. Belém: EMBRAPA, 36 p. 1984.

SILVA E. J. V. **Dinâmica de florestas manejadas e sob exploração convencional na Amazônia Oriental**. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2004.

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. **Diretrizes para a instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia Brasileira**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará. 2005.

SOUZA, C. R. **Dinâmica de carbono em floresta explorada e em floresta nativa não explorada na Amazônia-Manaus**. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA/UFAM), Manaus, Amazonas. 2012.

SOUZA, M. A. S. **Dinâmica e produção de uma floresta sob regime de manejo sustentável na Amazônia central**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Amazonas, AM. 2015.

SOUZA, M. A. S.; AZEVEDO, C. P.; SOUZA, C. R.; FRANÇA, M.; NETO, E. L. V. Dinâmica e produção de uma floresta sob regime de manejo sustentável na Amazônia central. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 47, n. 1, p. 55 - 63, jan. / mar. 2017.

TAKEDA, W. M. **Análise da exploração florestal de espécies nativas na Amazônia Ocidental**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Amazonas, AM. 2015.

VENTUROLI, F.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W. Avaliação temporal da regeneração natural em uma floresta estacional semidecídua secundária, em Pirenópolis, Goiás. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.3, p.473-483, 2011

VERÍSSIMO, A.; LIMA, E. & LENTINI, M. **Pólos madeireiros do Estado do Pará**. Belém: Imazon. 75 p. 2002.

VIEIRA, G. Dynamics of the remaining plant population in gaps after logging in the Amazon. In: MALIK, A. R. A.; NIK, A. R.; MOHAMAD, A.; SEE, L. S.; HOY, A. W. H.; CHOON, K. K. (Eds.). **Forestry and Forest Products Research: proceeding of the third conference**. Malaysia: Forest Research Institute Malaysia, p. 54-67, 1995.

VIEIRA, G.; HOSOKAWA, R. T. Composição florística da vegetação da regeneração natural 1 ano após diferentes níveis de exploração de uma floresta tropical úmida. **Acta Amazonica**, Manaus, v.19, p. 401-413, 1989.

WHITMORE, T. C. **An introduction to tropical rain forests**. Oxford: Clarendon, 1990.

## APÊNDICES

## APÊNDICE 1 - ESTOQUE

**Apêndice 1.1** Médias dos compartimentos por anos de remediação para as variáveis do estoque, valores do teste de normalidade de Shapiro-Wilk ( $W$ ), homogeneidade de variâncias de Bartlett ( $\chi^2$ ) e ANOVA ( $F$ ), considerando somente as espécies comerciais/potenciais e considerando o povoamento total.

Número de indivíduos - Povoamento total									
	Médias dos compartimentos			Normalidade		Homogeneidade		ANOVA	
	B	C	D	W	$p$ -valor	$\chi^2$	$p$ -valor	F	$p$ -valor
<b>A.E</b>	593,21 b	763,46 a	637,5 b	0,98	0,78	0,03	0,99	20,77***	8,05.10 <sup>-7</sup>
<b>D.E 2001</b>	442,86 b	613,08 a	481,79 b	0,97	0,43	1,28	0,53	16,52***	6,87.10 <sup>-6</sup>
<b>D.E 2014</b>	676,79 a	689,62 a	627,5 a	0,98	0,57	0,36	0,83	2,56 <sup>ns</sup>	0,09
Número de indivíduos - Povoamento comercial									
<b>A.E</b>	204,64 a	248,85 a	227,5 a	0,98	0,81	2,59	0,27	2,34 <sup>ns</sup>	0,11
<b>D.E 2001</b>	163,21 a	201,92 a	176,79 a	0,98	0,65	4,34	0,11	2,87 <sup>ns</sup>	0,07
<b>D.E 2014</b>	213,57 a	215,77 a	205,36 a	0,99	0,93	1,75	0,41	0,18 <sup>ns</sup>	0,83
Número médio de espécies por parcela - Povoamento total									
	Médias dos compartimentos			Normalidade		Homogeneidade		ANOVA	
	B	C	D	W	$p$ -valor	$\chi^2$	$p$ -valor	F	$p$ -valor
<b>A.E</b>	40,43 a	43,23 a	40,86 a	0,95	0,05	0,75	0,69	1,01 <sup>ns</sup>	0,38
<b>D.E 2001</b>	36,36 a	39,31 a	36,21 a	0,95	0,06	0,36	0,84	1,43 <sup>ns</sup>	0,25
<b>D.E 2014</b>	46,43 a	44,54 a	49,21 a	0,95	0,08	1	0,61	2,01 <sup>ns</sup>	0,15
Número médio de espécies por parcela - Povoamento comercial									
<b>A.E</b>	16,5 a	15,54 a	15,36 a	0,98	0,54	0,31	0,86	0,53 <sup>ns</sup>	0,6
<b>D.E 2001</b>	14,57 a	14,54 a	13,79 a	0,98	0,52	2,5	0,29	0,34 <sup>ns</sup>	0,71
<b>D.E 2014</b>	15,71 a	14,46 a	16,64 a	0,98	0,66	0,27	0,88	2,22 <sup>ns</sup>	0,12
DAP médio por parcela - Povoamento total									
	Médias dos compartimentos			Normalidade		Homogeneidade		ANOVA	
	B	C	D	W	$p$ -valor	$\chi^2$	$p$ -valor	F	$p$ -valor
<b>A.E</b>	8,84 a	8,56 b	8,66 ab	0,98	0,52	0,12	0,94	3,90*	0,03
<b>D.E 2001</b>	9,67 a	9,18 b	9,45 ab	0,99	0,86	0,53	0,77	6,04**	0,01
<b>D.E 2014</b>	8,69 b	9,08 a	9,14 a	0,96	0,12	1,4	0,5	5,32**	0,01
DAP médio por parcela - Povoamento comercial									
<b>A.E</b>	9,05 a	8,91 a	8,75 a	0,97	0,38	4,34	0,11	1,4 <sup>ns</sup>	0,26
<b>D.E 2001</b>	9,82 a	9,65 a	9,66 a	0,95	0,05	1,72	0,42	0,63 <sup>ns</sup>	0,54
<b>D.E 2014</b>	8,8 b	9,13 ab	9,37 a	0,98	0,66	1,84	0,4	4,9*	0,01
Volume médio por hectare - Povoamento total									
	Médias dos compartimentos			Normalidade		Homogeneidade		ANOVA	
	B	C	D	W	$p$ -valor	$\chi^2$	$p$ -valor	F	$p$ -valor
<b>A.E</b>	0,5 a	0,47 a	0,48 a	0,97	0,43	0,04	0,98	3,1ns	0,06
<b>D.E 2001</b>	0,59 a	0,54 b	0,56 ab	0,99	0,85	0,63	0,73	5,97**	0,01
<b>D.E 2014</b>	0,48 b	0,52 ab	0,53 a	0,97	0,41	1,42	0,49	5,12*	0,01
Volume médio por hectare - Povoamento comercial									
<b>A.E</b>	0,52 a	0,51 a	0,49 a	0,95	0,07	4,61	0,09	1,28 <sup>ns</sup>	0,29
<b>D.E 2001</b>	0,61 a	0,59 a	0,59 a	0,92	0,01	3,24	0,2	0,78 <sup>ns</sup>	0,47
<b>D.E 2014</b>	0,5 b	0,53 ab	0,56 a	0,99	0,99	1,14	0,56	6,13**	0,01

Área basal média por hectare - Povoamento total									
	Médias dos compartimentos			Normalidade		Homogeneidade		ANOVA	
	B	C	D	W	$p$ -valor	$\chi^2$	$p$ -valor	F	$p$ -valor
<b>A.E</b>	3,97 b	4,85 a	4,11 b	0,98	0,63	0,52	0,77	10,71***	2,05.10 <sup>-4</sup>
<b>D.E 2001</b>	3,51 b	4,41 a	3,65 b	0,97	0,45	0,16	0,92	7,57**	1,71.10 <sup>-3</sup>
<b>D.E 2014</b>	4,38 a	4,79 a	4,37 a	0,98	0,52	2,43	0,3	3,14 <sup>ns</sup>	0,06
Área basal média por hectare - Povoamento comercial									
<b>A.E</b>	1,44 a	1,7 a	1,5 a	0,98	0,8	2,74	0,25	1,56 <sup>ns</sup>	0,22
<b>D.E 2001</b>	1,33 a	1,59 a	1,4 a	0,97	0,25	4,23	0,12	1,81 <sup>ns</sup>	0,18
<b>D.E 2014</b>	1,42 a	1,53 a	1,51 a	0,97	0,36	0,42	0,81	0,39 <sup>ns</sup>	0,68

(\*) Significativo a 5% de probabilidade, (\*\*) Significativo a 1% de probabilidade, (\*\*\*) Altamente significativo, (ns) Não significativo. Letras iguais para um mesmo período (mesma linha), em diferentes compartimentos, indica que não há diferença estatística de acordo como Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

## APÊNDICE 2 – DINÂMICA

**Apêndice 2.1** Médias dos compartimentos por anos de remediação para as variáveis de dinâmica, valores do teste de normalidade de Shapiro-Wilk ( $W$ ), homogeneidade de variâncias de Bartlett ( $\chi^2$ ) e ANOVA ( $F$ ), considerando somente as espécies comerciais/potenciais e considerando o povoamento total. I.E = período que inclui a exploração (antes da exploração até 2001), D.E = período após a exploração (2001 até 2014). As medições foram realizadas antes da exploração no ano de 1996 para o compartimento B, 1997 para o compartimento C e 1998 para o compartimento D.

Incremento periódico anual médio em DAP - Povoamento total									
Médias dos compartimentos			Normalidade		Homogeneidade		ANOVA		
	B	C	D	W	$p$ -valor	$\chi^2$	$p$ -valor	F	$p$ -valor
<b>I.E</b>	0,23 a	0,14 b	0,19 ab	0,91	$3,90.10^{-3}$	16,82	$2,23.10^{-4}$	7,29**	$2,10.10^{-3}$
<b>D.E</b>	0,09 b	0,11 ab	0,12 a	0,96	0,2	1,15	0,56	5,37**	0,01
Incremento periódico anual médio em DAP - Povoamento comercial									
<b>I.E</b>	0,26 a	0,17 b	0,23 ab	0,98	0,58	12,64	$1,80.10^{-3}$	5,96**	0,01
<b>D.E</b>	0,11 b	0,13 ab	0,14 a	0,98	0,8	0,04	0,98	7,24**	$2,16.10^{-3}$
Incremento periódico anual médio em Volume - Povoamento total									
Médias dos compartimentos			Normalidade		Homogeneidade		ANOVA		
	B	C	D	W	$p$ -valor	$\chi^2$	$p$ -valor	F	$p$ -valor
<b>I.E</b>	0,0255 a	0,015 b	0,021 ab	0,89	$1,02.10^{-3}$	18,62	$9,03.10^{-5}$	8,21**	$1,09.10^{-3}$
<b>D.E</b>	0,0109 a	0,0128 a	0,0129 a	0,91	$3,28.10^{-3}$	4,52	0,1	1,73 <sup>ns</sup>	0,19
Incremento periódico anual médio em Volume - Povoamento comercial									
<b>I.E</b>	0,0293 a	0,0184 b	0,0251 ab	0,96	0,15	11	$4,10.10^{-3}$	5,59**	0,01
<b>D.E</b>	0,0125 b	0,0152 ab	0,0163 a	0,98	0,7	2,76	0,25	4,79*	0,01
Incremento periódico anual médio em Área basal - Povoamento total									
Médias dos compartimentos			Normalidade		Homogeneidade		ANOVA		
	B	C	D	W	$p$ -valor	$\chi^2$	$p$ -valor	F	$p$ -valor
<b>I.E</b>	0,0017 a	0,0010 b	0,0014 ab	0,89	$1,02.10^{-3}$	18,63	$9,02.10^{-5}$	8,21**	$1,09.10^{-3}$
<b>D.E</b>	0,0007 a	0,0009 a	0,0009 a	0,91	$3,31.10^{-3}$	4,52	0,1	1,73 <sup>ns</sup>	0,19
Incremento periódico anual médio em Área basal - Povoamento comercial									
<b>I.E</b>	0,002 a	0,0012 b	0,0017 ab	0,96	0,15	11	$4,10.10^{-3}$	5,59**	0,01
<b>D.E</b>	0,0008 b	0,001 ab	0,0011 a	0,98	0,7	2,76	0,25	4,80*	0,01
Taxa de recrutamento anual média - Povoamento total									
Médias dos compartimentos			Normalidade		Homogeneidade		ANOVA		
	B	C	D	W	$p$ -valor	$\chi^2$	$p$ -valor	F	$p$ -valor
<b>I.E</b>	1,11	0	0	-	-	-	-	-	-
<b>D.E</b>	6,65 a	3,59 b	4,82 b	0,98	0,56	8,07	0,02	8,87***	$6,91.10^{-4}$
Taxa de recrutamento anual média - Povoamento comercial									
<b>I.E</b>	2	0	0	-	-	-	-	-	-
<b>D.E</b>	5,06 a	3,63 a	3,89 a	0,97	0,36	6,59	0,04	3,04 <sup>ns</sup>	0,06
Taxa de mortalidade anual média - Povoamento total									
Médias dos compartimentos			Normalidade		Homogeneidade		ANOVA		
	B	C	D	W	$p$ -valor	$\chi^2$	$p$ -valor	F	$p$ -valor
<b>I.E</b>	5,16 ab	4,11 b	7,03 a	0,97	0,29	0,94	0,62	6,88**	$2,82.10^{-3}$
<b>D.E</b>	1,13 a	1,47 a	1,33 a	0,98	0,71	1,13	0,57	1,62 <sup>ns</sup>	0,21

<b>Taxa de mortalidade anual média - Povoamento comercial</b>									
<b>I.E</b>	4,58 ab	3,84 b	6,12 a	0,97	0,35	1,63	0,44	3,32*	0,05
<b>D.E</b>	1,01 a	1,38 a	1,35 a	0,97	0,3	2,3	0,32	2,14 <sup>ns</sup>	0,13

(\*) Significativo a 5% de probabilidade, (\*\*) Significativo a 1% de probabilidade, (\*\*\*) Altamente significativo, (ns) Não significativo. Letras iguais para um mesmo período (mesma linha), em diferentes compartimentos, indica que não há diferença estatística de acordo como Teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

### APÊNDICE 3 – AGRUPAMENTO DAS ESPÉCIES COMERCIAIS/POTENCIAIS

**Apêndice 3.1** Programação computacional no programa R para obtenção dos grupos de crescimento em diâmetro, empregando o teste de Skott-Knott, para as espécies de valor comercial/potencial.

```

> getwd()

[1] "C:/Users/HP/Documents/Rteste/Mestrado/Resultados-ScottKnott"

> test<-read.csv("sk2.csv", header = T, sep = ";", dec = ",")

> summary(test)

  cod          especie      ipa
sp38  : 484  Protium_paniculatum : 484  Min.  :-0.49412
sp31  : 323  Ocotea_fragrantissima: 323  1st Qu.: 0.05217
sp24  : 274  Licaria_rigida     : 274  Median : 0.14161
sp39  : 272  Protium_puncticulatum: 272  Mean   : 0.19047
sp16  : 173  Eschweilera_coriacea : 173  3rd Qu.: 0.28235
sp28  : 139  Mezilaurus_itauba   : 139  Max.   : 1.83529
(Other):1138 (Other)           :1138

> attach(test)

> test2<-aov(ipa~cod)

> summary(test2)

   Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
cod      43  5.1 0.11871 3.101 7.44e-11 ***
Residuals 2759 105.6 0.03828
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> require(ScottKnott)

> test3<- SK(x=test, y=test$ipa, which="cod", model="y~cod")

Warning messages:
1: In if ((lam < valchisq) | (ord1 == k)) { :
  the condition has length > 1 and only the first element will be used
2: In if ((lam < valchisq) | (ord1 == k)) { :
  the condition has length > 1 and only the first element will be used
3: In if (lam > valchisq) { :
  the condition has length > 1 and only the first element will be used
4: In if (lam < valchisq) { :
  the condition has length > 1 and only the first element will be used
5: In if ((lam < valchisq) | (ord1 == k)) { :
  the condition has length > 1 and only the first element will be used
6: In if (lam > valchisq) { :
  the condition has length > 1 and only the first element will be used
7: In if (lam < valchisq) { :
  the condition has length > 1 and only the first element will be used
8: In if ((lam < valchisq) | (ord1 == k)) { :
  the condition has length > 1 and only the first element will be used
9: In if (lam > valchisq) { :
  the condition has length > 1 and only the first element will be used
10: In if (lam < valchisq) { :
  the condition has length > 1 and only the first element will be used

> summary(test3)

```

Levels	Means	SK(5%)
sp11	0.41485041	a
sp41	0.28089102	b
sp33	0.27777593	b
sp45	0.26924979	b
sp10	0.26450859	b
sp14	0.25392466	b
sp30	0.23265186	b
sp42	0.22149765	b
sp39	0.21888243	b
sp38	0.21651386	b
sp2	0.21308020	b
sp48	0.20439682	b
sp24	0.20379825	b
sp32	0.19862056	b
sp8	0.19804035	b
sp12	0.19131701	c
sp46	0.18634028	c
sp9	0.18592901	c
sp35	0.17979791	c
sp20	0.17861704	c
sp25	0.17846786	c
sp13	0.17571687	c
sp16	0.17437595	c
sp27	0.16793864	c
sp7	0.16791382	c
sp36	0.16557861	c
sp23	0.16317806	c
sp37	0.16178297	c
sp17	0.16129582	c
sp5	0.15821224	c
sp22	0.15635524	c
sp21	0.15537423	c
sp31	0.15462055	c
sp28	0.15008008	c
sp19	0.14479755	c
sp34	0.13752284	c
sp15	0.13413554	c
sp1	0.12919137	c
sp44	0.11806454	c
sp29	0.09946380	c
sp4	0.09114541	c
sp43	0.09027402	c
sp47	0.05467926	c
sp3	0.03419803	c

```
> plot(test3, main="Incremento Periódico Anual em DAP", xlab="Cod. Espécies", ylab="IPA médio", las=2)
```