

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

**DINÂMICA DO CARBONO NA REGENERAÇÃO NATURAL EM UMA FLORESTA
MANEJADA NA AMAZÔNIA: ESTUDO DE CASO MIL MADEIRAS PRECIOSAS**

ELIFRAN ROQUE LUNA

MANAUS – AM
2021

ELIFRAN ROQUE LUNA

**DINÂMICA DO CARBONO NA REGENERAÇÃO NATURAL EM UMA FLORESTA
MANEJADA NA AMAZÔNIA: ESTUDO DE CASO MIL MADEIRAS PRECIOSAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais.

Orientador: Celso Paulo de Azevedo, D. Sc.
Coorientadora: Cintia Rodrigues de Souza, D. Sc.

MANAUS – AM
2021

Ficha Catalográfica

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

L961d Luna, Elifran Roque
Dinâmica do carbono na regeneração natural em uma floresta
manejada na Amazônia: Estudo de caso Mil Madeiras Preciosas /
Elifran Roque Luna, Celso Paulo de Azevedo. 2021
63 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. Amazônia. 2. manejo florestal. 3. regeneração natural. 4.
Dinâmica. 5. carbono. I. Azevedo, Celso Paulo de. II. Universidade
Federal do Amazonas III. Título



Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

Ata da Defesa Pública da Dissertação de Mestrado do Sr. **ELIFRAN ROQUE LUNA**, mestrando(a) do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais - PPGCIFA, Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, área de concentração em Ciências Florestais e Ambientais (CIFA), realizada no dia 05 de fevereiro de 2021.

Aos quinto dias do mês de fevereiro de 2021, às 09:00 Horas, por meio da plataforma google meets disponibilizada gratuitamente para reuniões ao vivo por vídeoconferência, realizou-se a Defesa de Mestrado, intitulada: "**DINÂMICA DO CARBONO NA REGENERAÇÃO NATURAL EM UMA FLORESTA MANEJADA NA AMAZÔNIA: ESTUDO DE CASO MIL MADEIRAS PRECIOSAS**" do discente **ELIFRAN ROQUE LUNA**, como parte dos requisitos para obtenção do título de **MESTRE "Magister Scientia"** e em **CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS (CIFA)**. A Banca Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: **DOUTOR CELSO PAULO DE AZEVEDO** (Orientador/Presidente - EMBRAPA), **DOUTOR LUÍS ANTÔNIO DE ARAÚJO PINTO** (Membro Externo - UEA) e o **DOUTOR ALBERTO CARLOS MARTINS PINTO** (Membro Externo - UFAM). Após o fim da apresentação e arguição pelos membros da Banca Examinadora, esta se reuniu para deliberação, emitindo o seguinte parecer:

Celso Paulo de Azevedo - EMBRAPA	Aprovado (x)	Não Aprovado ()	Suspensão da Sessão ()
Luís Antônio de Araújo Pinto - UEA	Aprovado (x)	Não Aprovado ()	Suspensão da Sessão ()
Alberto Carlos Martins Pinto - UFAM	Aprovado (x)	Não Aprovado ()	Suspensão da Sessão ()

Como resultado final da avaliação, a Banca Examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da Dissertação de mestrado do ELIFRAN ROQUE LUNA, que tem até 30 (trinta) dias corridos a partir desta data para enviar a coordenação a versão final da dissertação, conforme as recomendações da Banca. A sessão foi encerrada e eu, Gillieny de Souza Rodrigues, secretária do PPG-CIFA, lavrei esta ata que depois de lida será assinada pelos membros da Banca Examinadora.

em Manaus, 05 de fevereiro de 2021.

Assinaturas eletrônicas da Banca Examinadora e Ciência do Discente

Celso Paulo de Azevedo - EMBRAPA

Luís Antônio de Araújo Pinto - UEA

Alberto Carlos Martins Pinto- UFAM

Elifran Roque Luna- Ciência do Discente



Documento assinado eletronicamente por **Celso Paulo de Azevedo, Usuário Externo**, em 08/02/2021, às 10:40, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luís Antônio de Araújo Pinto, Usuário Externo**, em 09/02/2021, às 13:39, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alberto Carlos Martins Pinto, Professor do Magistério Superior**, em 10/02/2021, às 18:04, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Elifran Roque Luna, Usuário Externo**, em 11/02/2021, às 13:11, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0432229** e o código CRC **F31DF3C6**.

Av. General Rodrigo Octávio, 6200 - Bairro Coroado I Campus Universitário
Senador Arthur Virgílio Filho, Setor Sul, Bloco FCA/ICB (Pós-Graduação), 2º
andar - Telefone: (92) 99128-6254
CEP 69080-900, Manaus/AM, ppgcifa@ufam.edu.br

Referência: Processo nº 23105.002187/2021-46

SEI nº 0432229

A DEUS;

A minha mãe Eliege Luna e ao meu pai Francisco Luna;

Aos meus irmãos Franquieli Luna e Franceline Luna;

A minha filha Sofia Luna;

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me dar forças nos momentos mais difíceis;

A Embrapa Amazônia Ocidental, pela disponibilização de recursos humanos, físicos e financeiros para a realização desta pesquisa.;

A Universidade Federal do Amazonas, pela oportunidade da Pós-Graduação e o apoio institucional;

Ao Dr. Celso Paulo de Azevedo e Dra. Cíntia Rodrigues de Souza, pela orientação, sugestões, e conhecimentos compartilhados durante esse período;

Aos professores e colaboradores do curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais pelos ensinamentos durante o curso;

A FAPEAM, pela concessão de bolsa de estudo;

A empresa Mil Madeiras Preciosas LTDA (Precious Woods Amazon), pelo apoio logístico e disponibilidade dos dados;

Aos meus pais Francisco Batista Luna e Eliege Roque Luna, minhas maiores inspirações;

Aos meus irmãos Franquieli Luna e Franceline Luna pelo apoio;

Ao meu amigo Gelson Mendes da Costa pelo apoio;

A minha companheira Jessica de Souza Nascimento, por estar ao meu lado nesse momento;

Aos funcionários da Mil Madeiras Preciosas pelo apoio;

Aos estagiários da Universidade do Estado do Amazonas – UEA pelo apoio;

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a execução do trabalho.

AGRADEÇO

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da Fazenda Dois Mil, com a divisão das três Unidades de Produção Anual (UPA B, C e D), pertencente à Empresa Mil Madeiras Preciosa Ltda. Itacoatiara-AM.....	29
Figura 2. Mapa de distribuição das parcelas permanentes nas Unidades de Produção Anual B, C e D da Fazenda Dois Mil.....	32
Figura 3. Representação da parcela e das subparcelas sorteadas para inventariar a regeneração natural das parcelas B, C e D da Fazenda Dois Mil.....	33
Figura 4. Plaqueta de alumínio utilizada para identificação dos indivíduos que foram inventariados na regeneração natural.....	33
Figura 5. Identificação botânica dos indivíduos que foram inventariados na regeneração natural nas UPAS B, C e D da fazenda Dois Mil.....	34
Figura 6. Medição do diâmetro utilizando a fita diamétrica para os indivíduos com $5\text{ cm} \leq \text{DAP} < 15\text{ cm}$ presentes nas UPAS B, C e D.....	34
Figura 7. Classe de identificação do fuste das árvores de acordo com o estado em que foram encontrados.....	35
Figura 8. Estoque médio em carbono da regeneração natural referente aos diferentes períodos de monitoramento nas UPAS.....	49
Figura 9. IPAc em carbono da regeneração natural referente aos diferentes períodos de monitoramento nas UPAS.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Informações sobre as explorações realizadas nos anos 96, 97 e 98 nas UPAS B, C e D na Fazenda Dois mil, pertencente à empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda. (Precious Woods Amazon).....	31
Tabela 2. Número de famílias, espécies e indivíduos por UPA (Unidade de Produção Anual) encontrados na Fazenda Dois mil, pertencente à empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda. (Precious Woods Amazon).....	42
Tabela 3. Tabela Valores médios (\bar{X}) e Desvio Padrão ($s \pm$) de estoque de carbono para cada Unidade de Produção Anual (UPA) e ano de medição. Ano de exploração: B-1997, C-1997 e D -1998.....	43
Tabela 4. Incremento Periódico Anual em carbono (IPAc) na regeneração natural para cada Unidade de Produção Anual (UPA).....	44
Tabela 5. Ingresso e mortalidade em carbono na regeneração natural para cada Unidade de Produção Anual (UPA) e para cada período de medição.....	45
Tabela 6. Resultado do teste de Tukey para as médias (\bar{X}) do estoque de carbono das UPAS B, C e D na medição anterior a exploração (UPA B ano 1998, UPA C ano 1997 e UPA D ano 1998).....	46
Tabela 7. Resultado do teste de Tukey para as médias (\bar{X}) do estoque de carbono das UPAS B (ano 1998), do estoque de carbono C e D (ano 2001) após a exploração.....	46
Tabela 8. Resultado do teste de Tukey para as médias (\bar{X}) do estoque de carbono das UPAS B, C e D (ano 2014) após a exploração.....	46
Tabela 9. Resultado do teste de t para amostras independentes nas UPAS B, C e D no ano anterior a exploração (UPA B ano 1996, C ano 1997 e D ano 1998) e na primeira medição após a exploração (UPA B ano 1998, C e D ano 2001).....	47
Tabela 10. Estimativa da diferença entre as médias para amostras independentes no ano anterior a exploração (UPA B ano 1996, C ano 1997 e D ano 1998) e na primeira medição após a exploração (UPA B ano 1998, C e D ano 2001).....	47
Tabela 11. Resultado do teste de t para amostras independentes nas UPAS B, C e D referentes a primeira (UPA B ano 1998, C e D ano 2001) e a segunda medição após a exploração (UPA B, C e D ano 2014).....	48
Tabela 12. Estimativa da diferença entre as médias para amostras independentes na primeira (UPA B ano 1998, C e D ano 2001) e na segunda medição após a exploração (UPA B, C e D ano 2014) nas UPAS B, C e D.....	48
Tabela 13. Resultado do teste de t para amostras pareadas (IPAc) nas UPAS B, C e D na primeira (UPA B ano 1998, C e D ano 2001) e na segunda medição após a exploração (UPA B, C e D ano 2014).....	48

Tabela 14. Estimativa da diferença para para o IPAc (amostras pareadas) na primeira (UPA B ano 1998, C e D ano 2001) e na segunda medição após a exploração (UPA B, C e D ano 2014).....48

Tabela 15. MANOVA da consequência do tempo para o estoque em carbono total, interação tempo x UPA considerando o ingresso e a mortalidade nas medições realizadas antes da exploração (1996 para UPA B, 1997 para UPA C e 1998 para UPA D), a primeira medição após a exploração (1998 para UPA B, 2001 para UPAS C e D) e a segunda medição após a exploração (2014 para UPAS B, C e D).....50

Tabela 16. ANOVA para medidas repetidas no tempo para o estoque em carbono total (considerando o ingresso e a mortalidade) nas medições realizadas antes da exploração (1996 para UPA B, 1997 para UPA C e 1998 para UPA D), a primeira medição após a exploração (1998 para UPA B, 2001 para UPAS C e D) e a segunda medição após a exploração (2014 para UPAS B, C e D).....50

Tabela 17. MANOVA da consequência tempo para o estoque em carbono dos indivíduos vivos na primeira medição realizada antes da exploração (1996 para UPA B, 1997 para UPA C e 1998 para UPA D) e permaneceram vivos nas demais medições após a exploração (primeira medição após a exploração - 1998 para UPA B, 2001 para UPAS C e D; segunda medição após a exploração - 2014 para UPAS B, C e D), interação tempo x UPA desconsiderando o ingresso e a mortalidade.....51

Tabela 18. ANOVA de medidas repetidas no tempo para o estoque em carbono dos indivíduos vivos na primeira medição realizada antes da exploração (1996 para UPA B, 1997 para UPA C e 1998 para UPA D) e permaneceram vivos nas demais medições após a exploração (primeira medição após a exploração - 1998 para UPA B, 2001 para UPAS C e D; segunda medição após a exploração - 2014 para UPAS B, C e D), interação tempo x UPA desconsiderando o ingresso e a mortalidade.....51

Tabela 19. MANOVA da consequência do tempo para o IPAc total, interação tempo x UPA considerando o ingresso e a mortalidade nas medições realizadas após a exploração (primeira medição - 1998 para UPA B, 2001 para UPAS C e D; segunda medição - 2014 para UPAS B, C e D).....52

Tabela 20. ANOVA para medidas repetidas no tempo para o IPAc total considerando o ingresso e a mortalidade nas medições realizadas após a exploração (primeira medição - 1998 para UPA B, 2001 para UPAS C e D; segunda medição - 2014 para UPAS B, C e D).....53

Tabela 21. MANOVA da consequência tempo para o IPAc dos indivíduos vivos na primeira medição realizada antes da exploração (1996 para UPA B, 1997 para UPA C e 1998 para UPA D) e permaneceram vivos nas demais medições após a exploração (primeira medição após a exploração - 1998 para UPA B, 2001 para UPAS C e D; segunda medição após a exploração - 2014 para UPAS B, C e D), interação tempo x UPA desconsiderando o ingresso e a mortalidade.....53

Tabela 22. ANOVA para medidas repetidas no tempo para o IPAc dos indivíduos vivos na primeira medição realizada antes da exploração (1996 para UPA B, 1997 para UPA C e 1998 para UPA D) e permaneceram vivos nas demais medições após a exploração (primeira medição

após a exploração - 1998 para UPA B, 2001 para UPAS C e D; segunda medição após a exploração - 2014 para UPAS B, C e D), interação tempo x UPA desconsiderando o ingresso e a mortalidade.....53

RESUMO

O futuro da Floresta Amazônica e as consequências que o desmatamento pode causar a mudança climática têm sido cada vez mais discutidos pela sociedade. Dessa forma, conhecer as consequências que as operações florestais irão trazer para a dinâmica das florestas manejadas é de extrema importância, mas precisamente nos termos da floresta está agindo como fonte ou sumidouro de carbono. Por esse motivo é importante estudar o ciclo do carbono na regeneração natural, já que a maior parte dos estudos de biomassa e carbono em florestas nativas se concentra na avaliação do estrato superior. Este trabalho utilizou dados de inventários florestais contínuos realizados na Fazenda Dois Mil, pertencente à empresa Mil Madeiras Preciosas, localizada no município de Itacoatiara-AM. O objetivo deste trabalho foi quantificar o estoque de carbono presente na regeneração natural de uma floresta manejada, assim como estudar a dinâmica do carbono e avaliar em diferentes períodos de monitoramento como a regeneração está se comportando após a exploração florestal. Os inventários foram realizados nos anos de 1996, 1997, 1998, 2001, 2014 e 2019. Foi considerado regeneração natural da floresta os indivíduos com $5 \text{ cm} \geq \text{DAP} < 15 \text{ cm}$. O carbono estimado para área de estudo foi de $13,0178 \pm 2,1009 \text{ t.ha}^{-1}$. O Incremento Periódico Anual em carbono apresentou variações entre 0,1814 a $0,5868 \text{ t.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$. As taxas de ingresso e mortalidade foram de 18,02% e 32,52. As UPAS B, C e D não apresentaram diferença estatística significativa em relação ao estoque, incremento, ingresso e mortalidade. Vale lembrar que elas tiveram diferença na intensidade de corte. O fator preponderante que influenciou diretamente na variação do carbono nos diferentes períodos de acompanhamento foi o tempo. A floresta manejada recuperou o estoque de carbono quando foram comparados os valores da medição anterior à exploração com os valores das duas últimas medições após a exploração, mostrando assim a capacidade de se recuperar após a atividade de manejo florestal.

Palavras-chave: Amazônia, manejo florestal, regeneração natural, dinâmica, carbono.

ABSTRACT

The future of the Amazon Forest and the consequences that deforestation can cause to climate change have been increasingly discussed by society. Thus, knowing the consequences that forest operations will bring to the dynamics of managed forests is extremely important, but precisely in terms of the forest it is acting as a carbon source or sink. For this reason, it is important to study the carbon cycle in natural regeneration, since most studies of biomass and carbon in native forests focus on the assessment of the upper strata. This work used data from continuous forest inventories carried out at Fazenda Dois Mil, owned by the company Mil Madeiras Preciosas, located in the municipality of Itacoatiara-AM. The objective of this work was to quantify the carbon stock present in the natural regeneration of a managed forest, as well as to study the carbon dynamics and to evaluate in different monitoring periods how the regeneration is behaving after the forest exploration. The inventories were carried out in the years 1996, 1997, 1998, 2001, 2014 and 2019. Individuals with $5 \text{ cm} \geq \text{DBH} < 15 \text{ cm}$ were considered natural regeneration of the forest. The estimated carbon for the study area was $13.0178 \pm 2.2009 \text{ t.ha}^{-1}$. The Annual Periodic Increment in carbon varied between 0.1814 to $0.5868 \text{ t.ha}^{-1}\text{year}^{-1}$. The entry and mortality rates were 18.02% and 32.52. UPAS B, C and D showed no statistically significant difference in relation to stock, increase, income and mortality. It is worth remembering that they had a difference in cutting intensity. The predominant factor that directly influenced the variation in carbon in the different monitoring periods was time. The managed forest recovered the carbon stock when the values of the measurement prior to logging were compared with the values of the last two measurements after logging, thus showing the ability to recover after forest management activity.

Key-words: Amazon, forest management, natural regeneration, dynamics, carbon.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 GERAL.....	17
2.2 ESPECÍFICOS.....	17
3 HIPÓTESE	17
4 REVISÃO DE LITERATURA	18
4.1 A FLORESTA AMAZÔNICA E A MUDANÇA CLIMÁTICA GLOBAL	18
4.2 MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL	19
4.3 EXPLORAÇÃO FLORESTAL.....	21
4.4 REGENERAÇÃO NATURAL	23
4.5 DINÂMICA DE FLORESTAS	24
4.6 ESTOQUE E DINÂMICA DO CARBONO NA REGENERAÇÃO NATURAL	26
5 MATERIAL E MÉTODOS	29
5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	29
5.1.1 <i>Vegetação</i>	29
5.1.2 <i>Clima</i>	30
5.1.3 <i>Solos</i>	30
5.1.4 <i>Topografia</i>	30
5.2 MONITORAMENTO DA FLORESTA	30
5.2.1 <i>Histórico da Empresa e do Empreendimento</i>	30
5.2.2 <i>Histórico da exploração nas UPAS B, C e D</i>	31
5.2.3 <i>Instalação das parcelas permanentes</i>	31
5.2.4 <i>Medição da regeneração natural</i>	32
5.2.4.1 <i>Numeração e identificação botânica da regeneração natural</i>	33
5.2.4.2 <i>Diâmetro das árvores presentes na regeneração natural (arvoreta)</i>	34
5.2.4.3 <i>Classe de identificação do fuste das árvores</i>	35
5.3 DINÂMICA DO CARBONO NA REGENERAÇÃO.....	36
5.3.1 <i>Biomassa e estoque de carbono na regeneração natural</i>	36
5.3.2 <i>Incremento Periódico Anual em Carbono na Regeneração Natural (IPAc)</i>	37
5.3.3 <i>Ingresso e mortalidade em carbono na regeneração</i>	38
5.3.4 <i>Testes estatísticos</i>	38
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
6.1 ESTOQUE DO CARBONO PRESENTE NA REGENERAÇÃO NATURAL	42
6.2 INCREMENTO PERIÓDICO ANUAL EM CARBONO (IPAC) NA REGENERAÇÃO NATURAL.....	44
6.3 INGRESSO E MORTALIDADE EM CARBONO NA REGENERAÇÃO NATURAL.....	45
6.4 ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA O ESTOQUE DE CARBONO.....	45
6.5 TESTE T DE STUDENT PARA O ESTOQUE DE CARBONO E IPAC	47
6.6 ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) COM MEDIDAS REPETIDAS NO TEMPO PARA O ESTOQUE DE CARBONO E IPAC	49
7 CONCLUSÃO	55
8 REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações da sociedade nas últimas décadas está relacionada às questões ambientais, devido às altas emissões de gases causadores do efeito estufa na atmosfera, sobretudo na consequência que isso trará no futuro por influenciar diretamente a mudança do clima na Terra.

Em 2018, o Relatório Especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) de 2018 sobre Aquecimento Global de 1,5° C, projeta que os impactos causados pelas emissões de gases do efeito estufa atuais serão irreversíveis, causando consequências calamitosas para os seres humanos, meio ambiente e economia. As ações antrópicas estão diretamente ligadas ao aumento da emissão de gases do efeito estufa, principalmente pelo aumento do desmatamento.

Para Carvalho (2012), a floresta Amazônica é de extrema importância para o desenvolvimento local, além disso, o desmatamento é considerado o problema e seu controle é a solução para frear a mudança do clima no planeta. Dessa forma, a Amazônia desempenha importante papel no ciclo do carbono, mesmo assim é uma das florestas mais ameaçadas pelos impactos que a mudança do clima pode causar a essa região (FEARNSIDE, 2008).

A Amazônia possui uma significativa cobertura vegetal e cada vez mais tem sido comprovada sua importância no controle da mudança climática global, mais precisamente por sua capacidade de emitir gases do efeito estufa para a atmosfera, por meio do desmatamento, assim como de absorver carbono da atmosfera durante o crescimento do povoamento florestal (SOUZA, 2012). O futuro da floresta Amazônica tem gerado muito debate em diferentes segmentos da sociedade, onde reconhecem o potencial florestal da região e consideram possível o seu desenvolvimento, mas ao mesmo tempo acham necessário garantir à conservação do meio ambiente (AZEVEDO, 2006). Diante disso, conhecer as consequências que as operações florestais irão trazer para a dinâmica das florestas manejadas é de extrema importância, inclusive nos termos de biomassa (SOUZA, 2017).

Intervir de forma positiva com técnicas adequadas de manejo é um fator que pode acelerar o processo de regeneração, auxiliar no processo de sucessão e assim evitar a perda da biodiversidade. Para isso é necessário entender o comportamento da floresta em relação a sua capacidade de se regenerar nas categorias de floresta natural e explorada e assim definir o tempo necessário para o ciclo de corte, volume a ser explorado e as técnicas silviculturais responsáveis por estimular a regeneração natural (SILVA, 2004). No entanto, as intervenções devem ser

planejadas com base nos diagnósticos do comportamento, características ecológicas e silviculturais de cada espécie, já que em florestas naturais, cada espécie tem função diferenciada no processo de regeneração (VIEIRA; GANDOLFI, 2006).

O manejo adequado das florestas é essencial para transformá-la em sumidouro de carbono ao invés de fonte geradora de carbono, conseqüentemente essa é uma das melhores opções para as áreas remanescentes da Floresta Amazônica (SANTOS, 1996). O manejo florestal pode ser visto como uma das alternativas para a mitigação dos problemas causados pelas altas taxas de emissão do carbono para a atmosfera, apresentando duas alternativas, onde a primeira é a floresta remanescente estocar carbono enquanto se desenvolve novamente e a segunda é reduzir a emissão de carbono, visto que a exploração convencional causa maior impacto quando comparada a exploração no manejo (SILVA, 2015).

Dentro desse contexto, é fundamental estudar o ciclo do carbono na regeneração natural, sendo que a maior parte dos estudos de biomassa em florestas nativas se concentra na avaliação do estrato superior. Sem o diagnóstico do estrato inferior da floresta não é possível fazer uma avaliação sobre sua capacidade real em ser fonte ou sumidouro de carbono (SILVA, 2007).

Em vista disso, tem-se a necessidade de responder as perguntas voltadas à reação da floresta quando submetidas ao manejo florestal, nos diferentes aspectos, entre eles o ciclo do carbono na regeneração natural.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a contribuição da regeneração natural na dinâmica do carbono de uma floresta manejada no Amazonas.

2.2 Específicos

- ✓ Quantificar o estoque de carbono da parte aérea presente na regeneração natural;
- ✓ Quantificar a dinâmica do carbono (incremento, ingresso e mortalidade na regeneração natural);
- ✓ Avaliar ao longo dos anos de monitoramento, o ciclo do carbono na regeneração natural e identificar o potencial de recuperação da floresta.

3 HIPÓTESE

- ✓ A quantificação do carbono na regeneração natural proporciona estimativas mais precisas quanto a floresta ser fonte ou sumidouro de carbono.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A Floresta Amazônica e a Mudança Climática Global

A mudança climática está ligada ao aumento de emissão de gases do efeito estufa, as queimadas, desmatamento, formação de ilhas urbanas, entre outros. No ciclo do carbono global a Amazônia exerce importante papel, sendo considerada uma região de grande risco em relação às influências da mudança climática (NOBRE, 2007).

Nos debates científicos e em políticas sobre mudança climática, as florestas tropicais são essenciais em razão das contribuições significativas que o desmatamento, queimadas e o uso da terra causam às alterações no clima. O Protocolo de Kyoto foi elaborado em 1997, e passou a vigorar em 2005, tendo em vista mitigar a emissão de gases do efeito estufa, reduzindo no período de 2008 a 2012 em 5,2% abaixo das taxas de 1990, ano em que foi realizado o inventário de emissão dos gases. O prazo do acordo chegou ao fim em 2012, onde foram feitas várias tentativas para que os compromissos firmados fossem mantidos, no entanto não se chegou a um novo acordo, devido às discordâncias nas responsabilidades que os países desenvolvidos e os países em desenvolvimento iriam exercer com o prosseguimento do acordo (RIBEIRO et al., 2010).

No Relatório Especial do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC) de 2018 sobre Aquecimento Global de 1,5° C, projeta que os impactos causados pelas emissões de gases do efeito estufa atuais serão irreversíveis, causando consequências calamitosas para os seres humanos, meio ambiente e economia. De acordo com as estimativas, o aumento da temperatura deverá ser entre 1 e 4°C até o ano de 2100, devendo ficar próximo ao valor de 3°C caso as fontes emissoras de gases do efeito estufa não sejam controladas, mais especificamente a queima de combustíveis fósseis e outras atividades causadoras de desmatamento (SOUZA, 2012).

Fearnside (2008), afirma que o desmatamento na Amazônia colabora significativamente com o aumento das emissões de gases do efeito estufa e outras partículas emitidas para atmosfera. Para o Brasil mitigar o efeito estufa é imprescindível diminuir o desmatamento, aumentar as fontes renováveis de energia usada na geração de eletricidade e investir em tecnologias que irão reduzir a quantidade de carbono emitida para a atmosfera. Logo, as taxas de emissão do país podem diminuir e se mostrar baixas quando comparado a outros países (GOUVELLO, 2010).

No relatório de 2007, o IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima) anunciou quatro opções para mitigar os efeitos da mudança climática nas áreas florestais. As

alternativas são o manejo florestal, a redução do desmatamento, o florestamento e o reflorestamento (SILVA et al., 2015). Segundo o IPCC 2007, a mitigação mediante o manejo florestal e o desmatamento evitado são melhores quando comparados ao florestamento e reflorestamento.

Para Silva (2015), o manejo florestal oferece dois tipos de benefícios quando relacionados ao sequestro de carbono da atmosfera para mitigar os efeitos do aquecimento global. Sendo assim é possível estocar carbono em produtos de madeira durante o ciclo de recuperação da floresta e a outra forma é a mudança nas práticas de exploração que podem reduzir os impactos causados a floresta remanescente, tendo como consequência a redução na emissão de carbono.

4.2 Manejo Florestal Sustentável

O manejo florestal é uma técnica relativamente recente, principalmente para os países com florestas tropicais. As primeiras experiências silviculturais voltadas a essa atividade foram realizadas na metade do século XIX, na Índia e Brimânia (HIGUCHI, 1994).

O Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Oriunda do Projeto de Lei nº 1.876/99) estabelece normas e procedimentos para exploração. Para Azevedo (2006), o conceito sobre manejo florestal tem mudado nos últimos anos e deixou de ser um conceito extremamente técnico para abranger outras linhas envolvidas (as questões socioambientais).

De acordo com a Lei nº 11.284 de 02/03/2006, Decreto nº 5.975 de 30/11/2006 e IN 05 de 11/12/2006, que regulamentam a exploração de florestas na Amazônia, manejo florestal sustentável é a administração da floresta para 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, de múltiplos produtos e subprodutos não-madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços florestais.

O Manejo Florestal Sustentável conduz um povoamento florestal, aplicando técnicas para melhor aproveitar o que é capaz de produzir ao longo de um determinado período de tempo, sem danificar a sua estrutura natural (HIGUCHI, 1994). A International Tropical Timber Organization - ITTO (2006), define Manejo Florestal Sustentável como método de manipular a floresta para atingir um ou mais objetivos específicos, citando como principal a produção de fluxo contínuo de produtos e serviços florestais desejados, sem reduzir seus valores essenciais,

assim como a produtividade futura, sem causar consequências indesejáveis na questão ambiental e social.

Com o passar dos anos e o constante aumento do desmatamento ilegal na Amazônia, tem se intensificado a tentativa de introduzir técnicas que minimizem os impactos causados durante a exploração madeireira à floresta remanescente. O código florestal brasileiro de 1965 definiu que as florestas primárias da Amazônia só poderiam ser utilizadas por meio de planos técnicos de manejo (BARRETO et al., 2005). Os órgãos licenciadores e fiscalizadores definem normas que reduzem o impacto durante o manejo florestal, porém essas diretrizes necessitam de maiores evidências de que os procedimentos especificados na legislação tornam essa atividade realmente sustentável (BRAZ E MATTOS, 2015).

O Manejo Florestal é visto como uma ferramenta para reduzir o desmatamento ilegal na Amazônia, agregando valores sociais, econômicos e ambientais, proporcionando dessa maneira o uso dos produtos florestais e ao mesmo tempo a conservação do meio ambiente (JUNIOR. et al., 2005). O futuro da floresta Amazônica tem gerado muito debate em diferentes segmentos da sociedade, onde reconhecem o potencial florestal da região e considera possível o seu desenvolvimento, mas ao mesmo tempo acham necessário garantir a conservação do meio ambiente (AZEVEDO, 2006).

Os sistemas silviculturais são de extrema relevância para garantir a sustentabilidade do Manejo Florestal. Os sistemas aplicados são divididos em duas categorias: sistemas monocíclicos e policíclicos. O monocíclico se caracteriza pela retirada total da madeira comercial de uma só vez e a próxima colheita é garantida pelas mudas de espécies comerciais presentes na regeneração. Os ciclos de corte têm um grande espaço de tempo, variando de 70 a 100 anos, sendo esse um dos motivos pelo qual esse sistema tem sido utilizado cada vez menos (LAMPRECHT, 1990). Já no sistema policíclico (sistema utilizado no Brasil), parte das árvores que atingiram o tamanho mínimo de corte são exploradas e as árvores de tamanho intermediário permanecem na floresta garantindo o estoque para o próximo corte. Isso faz com que os ciclos de corte tenham menor tempo, variando entre 20 e 40 anos, reduzindo o impacto a floresta e tornando a atividade no sentido econômico mais viável (AZEVEDO, 2006).

Os impactos causados pela extração de madeira (danos às árvores remanescentes e ao solo, processos hidrológicos, erosão, fogo e estoque de carbono) são reduzidos quando realizados por meio do manejo florestal, ressaltando que é economicamente viável (MILLER et al., 2011; DAVIDSON et al., 2012; MACPHERSON et al., 2012). Nos últimos anos, as pesquisas voltadas ao manejo têm avançado, porém ainda são insuficientes para uma melhor

concepção dos aspectos ecológicos, essenciais para definir melhor os prazos das operações de manejo em florestas tropicais na Amazônia (HIGUCHI, 1987; SILVA, 1989; SOUZA, 1989; SOUZA E JARDIM, 1993; HIGUCHI, 1994; EMBRAPA, 1997).

De acordo com Good et al. (1993), manejar florestas nativas é desenvolver sistemas que garantam o crescimento das árvores e de produtos florestais desejáveis, conciliando com a conservação dos recursos hídricos e florísticos. A preocupação em direcionar a utilização dos recursos de forma sustentável se dá principalmente pelos fatores negativos que os impactos causados pela exploração e pelas ações antrópicas estão causando à floresta. Pensando nisso foi sancionada a Lei 11.284/06 pelo Presidente da República que regulamenta a gestão de florestas em áreas públicas (domínio da União, dos estados e dos municípios), para a produção sustentável. A mesma lei cria o Serviço Florestal Brasileiro (SFB), como órgão regulador da gestão das florestas públicas e promotor do desenvolvimento florestal sustentável no Brasil (SANTOS, SILVA, RIBEIRO, MARTINS, 2009). A criação da Lei de Gestão de Florestas Públicas gerou perspectiva para o progresso do setor florestal brasileiro e para o aumento da área florestal manejada na Amazônia. Isso ocorreu pela designação de modalidades da gestão das florestas públicas para fins de produção sustentável, deste modo, a conservação dos recursos naturais e a geração de benefícios socioambientais estariam sendo nivelados (BALIEIRO et al, 2010).

A concessão de florestas públicas tem como objetivo fundamental conservar as florestas brasileiras, proporcionando melhoria na qualidade de vida dos povos tradicionais que vivem em seu entorno, assim como estimular a economia florestal. Por consequência, as florestas públicas podem ser manejadas por empresas privadas e comunidades tradicionais para obtenção de produtos oriundos da floresta (BONFIM, 2016). Para Campos (2011), as concessões florestais têm como objetivo desenvolver o setor madeireiro, aumentar a oferta de produtos florestais para suprir a demanda por madeira, gerar novos empregos e promover o desenvolvimento social, reduzindo os impactos durante a exploração florestal ao incentivar o uso de técnicas mitigadoras e conseqüentemente auxiliar no combate ao desmatamento.

4.3 Exploração Florestal

A exploração é definida como um conjunto de operações, iniciando com a abertura de acesso à floresta e terminando com o transporte das toras para as unidades de processamento. Durante essa atividade, vários elementos do ecossistema podem sofrer impacto, como a compactação do solo, erosão e perturbação a vegetação, transformando o meio físico em diferentes escalas de intensidade (MARTINS et al., 2003).

Para Barros e Uhl (1995), a Amazônia tem sofrido com explorações madeireiras desde o século XVI. Durante a maior parte desse período, essa atividade limitou-se as espécies presentes nas florestas de várzea, especialmente na região do estuário entre os anos de 1950 e 1970. Com a abertura das Rodovias BR-010 (Belém-Brasília) e a BR-163 (Cuiabá-Santarém) a exploração florestal se expandiu para as florestas de terra firme.

De acordo com Lentini et al. (2003), uma das principais causadoras da expansão de ações antrópicas na Amazônia é a exploração madeireira, já que se faz necessário a abertura de estradas de acesso para chegar ao local da atividade. Com o passar dos anos, os exploradores de madeira têm intensificado os impactos causado a floresta pela abertura de milhares de quilômetros de estradas em terras públicas e privadas. Isso influencia diretamente no aumento da ocupação humana em áreas que ainda não tinham sofrido nenhuma ação antrópica (GREENPEACE, 2001; BRANDÃO, SOUZA, 2006).

A exploração madeireira por muito tempo foi realizada de maneira empírica, desconsiderando os conceitos de manejo florestal. Atualmente, apenas uma parte não significativa da floresta é manejada utilizando os princípios de sustentabilidade no manejo florestal e em menor quantidade ainda quando levamos em consideração fatores que diversificam as espécies exploráveis (BRAZ, MATOS, 2010).

A forma predatória com que se extraem produtos madeireiros da floresta ainda é muito utilizada na Amazônia. Esse tipo de operação se caracteriza por não haver planejamento nem preocupação com a manutenção das espécies de interesse comercial após a exploração (ALDER, SILVA, 2001). O planejamento da exploração reduz os danos causados à floresta, além de reduzir os gastos quando comparada a exploração convencional. As técnicas utilizadas na exploração começam com o corte de cipós e seguem com o mapeamento das árvores, derrubada direcional, planejamento de trilhas de arraste e pátios de estocagem. Esse método reduz de forma significativa os impactos causados pela extração de madeira (DAVIDSON et al., 2012; MACPHERSON et al., 2012; MILLER et al., 2011). O planejamento junto com as técnicas de abate e extração das toras na floresta são de extrema importância para garantir a produtividade e sustentabilidade da floresta Amazônica (GRAAF, 1986).

A EIR (Exploração de Impacto Reduzido) é definida como uma série de técnicas aplicadas num sistema silvicultural policíclico com o objetivo de produzir madeira, reduzindo os impactos negativos causados a floresta remanescente, garantindo assim a manutenção das espécies que serão colhidas nos próximos ciclos (SCHWARTZ et al., 2017).

Para Johns (1998), a Exploração de Impacto Reduzido (EIR), chamada também de exploração planejada, pode ser dividida em três fases de acordo com os procedimentos realizados antes, durante e após a exploração. A primeira fase consiste no Inventário Florestal, remoção de cipós, planejamento das estradas, pátios e mapeamento logístico. A segunda fase ocorre durante a exploração, é o momento que gera os maiores impactos a floresta. Nessa etapa é realizado o corte das árvores selecionadas para abate, a abertura das estradas e pátios, e por fim o arraste das toras. A última fase é o momento em que são realizadas as atividades pós-exploratórias, tais como a limpeza dos materiais deixados durante a exploração, inventário da vegetação remanescente e os tratamentos silviculturais.

De acordo com Boltz et al. (2003), a exploração florestal convencional ainda é realizada na Amazônia, reduzindo a produtividade da floresta, causando impacto negativo direto no estoque das espécies nativas. Por outro lado, a exploração planejada tem reduzido de forma significativa os impactos causados às áreas manejadas por meio do planejamento da atividade quando comparada a exploração convencional.

4.4 Regeneração Natural

A regeneração natural é um processo de sucessão secundária de uma floresta que sofreu algum tipo de alteração, de forma antrópica ou natural (CHAZDON, 2012). Em áreas alteradas pela exploração, incêndios florestais e eventos naturais o processo de regeneração natural é um indicador de recuperação da floresta, de forma contínua com fluxos de entradas e saídas dos seres vivos no ecossistema (GAMA et al., 2002). A regeneração natural é considerada um indicador da recuperação de áreas após alterações provocadas pela exploração, incêndios florestais e outros eventos naturais.

As intervenções utilizando técnicas adequadas durante o manejo florestal em áreas florestais podem auxiliar no processo de sucessão e acelerar o desenvolvimento da regeneração, isso impedirá a perda da biodiversidade (VIEIRA; GANDOLFI, 2006). As intervenções nas florestas devem ser planejadas com base no comportamento, nas características ecológicas e silviculturais de cada espécie, uma vez que em florestas naturais, as espécies têm participação distinta no processo de regeneração (AGUIAR, CARVALHO, RUSCHEL, RAMOS, ROCHA, CASTRO, SILVA, 2019).

No período da abertura das clareiras, sejam elas de origem natural ou antrópicas, é o momento determinante para o estabelecimento de plântulas. Nesse período é definido a composição do banco de sementes e plântulas disponíveis para se desenvolver na clareira (DALLING et al., 1998). A exploração lógica de um ecossistema pode ser planejada a partir da

análise de sua dinâmica biológica. Quando se refere a florestas, tem-se a necessidade de conhecer o processo de regeneração natural perante as alterações por ações antrópicas (PEREIRA et al., 2001). A exploração planejada possibilita a recuperação da floresta durante o ciclo de corte, já que são deixadas árvores em pé e é realizado o planejamento para reduzir os impactos à vegetação, inclusive à regeneração natural (HIRAI et al., 2012).

Em uma floresta não explorada no Pará a estrutura da regeneração natural foi analisada a partir de dados coletados em indivíduos que tinham altura igual ou superior à de 10 cm e com até $DAP < 15$ cm (CARVALHO, 1982). Segundo Finol (1971) é considerado regeneração natural todos os indivíduos arbóreos presentes no solo florestal com $9,9 \text{ cm} \leq DAP$, já os indivíduos com valores superiores, seriam considerados como já estabelecidos e adultos. Em uma floresta de terra firme não explorada na região do Rio Urucu no Amazonas, foi considerado regeneração natural todos os indivíduos com altura igual ou maior a 10 cm até 3,0 m e $DAP < 10$ cm (LIMA FILHO et al., 2002). Para Silveira (2019), em uma floresta manejada na Amazônia Central foi considerado regeneração natural os indivíduos com $5 \text{ cm} \leq DAP < 15$ cm, os quais foram classificados como arvoretas.

Para Mendes (2016) nos estudos relacionados à regeneração natural são utilizados diferentes critérios para a medição desse item, fator que dificulta a comparação entre esses estudos. Segundo Hosokawa (1984), a análise da regeneração natural é de suma importância, pois, a futura floresta vai depender do manejo desses indivíduos e assim obter florestas mais ricas de espécies comerciais, manter o equilíbrio ecológico por intermédio do manejo florestal. Para Chazdon (2012), os estágios de sucessão da floresta são definidos por meio da biomassa total acima do solo, tamanho da população ou idade e composição florística. Essas características são responsáveis por determinar as taxas de medida na regeneração natural.

A regeneração de uma floresta depende do comportamento dos seus mecanismos (banco de sementes e plântulas) de entrada e estabelecimento de novos indivíduos e espécies. Por meio do banco de sementes, chuva de sementes, meios de dispersão e banco de plântulas, as florestas têm a capacidade de se regenerar e se estabelecer após intervenções antrópicas ou mudanças naturais. A renovação da composição florística das florestas e a manutenção das espécies nativas de uma determinada região depende da regeneração natural (HÜLLER et al., 2011).

4.5 Dinâmica de Florestas

A dinâmica da floresta leva em consideração o entendimento do comportamento da floresta, das taxas de crescimento, incremento, ingresso e mortalidade, em condições naturais

e sob manejo florestal. Essas informações são fundamentais para definir o ciclo de corte do manejo, intensidade de corte e para determinar os tratamentos silviculturas que serão utilizados, assim como a intensidade dos tratamentos nas florestas manejadas (AZEVEDO et al., 2008).

Para Souza et al. (2013), os estudos da dinâmica florestal avaliam as mudanças na arquitetura, estrutura e composição florística da floresta, bem como os impactos antrópicos, após uma determinada área ter sido submetida à exploração florestal. Para tanto, a dinâmica leva em consideração as estimativas de incremento e crescimento, taxas de ingresso e mortalidade. As informações referentes às taxas de incremento, ingresso e mortalidade são essenciais para o planejamento da produção e determinação dos ciclos de corte das florestas tropicais, tais taxas quando analisadas mostram indicativos de que a floresta possui características favoráveis ao manejo florestal (OLIVEIRA, 2005).

A dinâmica florestal é avaliada utilizando o Inventário Florestal Contínuo (IFC), onde em diferentes espaços de tempo é realizada a medição da floresta. Diante disto, a mortalidade, ingresso e incremento das árvores influenciam na quantidade de carbono presente na vegetação (AZEVEDO, 2006). O incremento de uma floresta é determinado pela diferença entre duas taxas de crescimento, que é obtido a partir de duas medições, uma no início do período e outra no final do período estabelecido. O incremento pode ser medido utilizando os parâmetros de DAP, altura, área basal, volume, estoque em carbono, entre outros (SOUZA, 2012). Poucos estudos relacionados à capacidade de sobrevivência de plântulas (regeneração natural) e a dinâmica de crescimento das espécies em ambientes de florestas são realizados, isso dificulta a compreensão da dinâmica na regeneração (SOARES, SILVA, FERNANDES, LAGO, 2010).

Para Souza (2011), o ingresso (recrutamento) é o processo pelo qual as árvores aparecem ao longo de um determinado período e atingem um diâmetro mínimo para ter os dados coletados nos inventários florestais. A entrada desses indivíduos no levantamento florestal corresponde à quantidade de árvores que na primeira medição não atingiu o tamanho mínimo para ser inventariada, mas que durante o período de monitoramento alcançou o tamanho mínimo estabelecido no início do levantamento (ROSSI et al., 2007).

De acordo com Silva (2015), as florestas são sistemas dinâmicos, onde ocorrem alterações em todos os níveis possíveis através dos processos sucessionais, como mortalidade e ingresso, onde as árvores mortas são ocupadas por outras da regeneração natural, dessa forma a floresta alcança um possível equilíbrio. Segundo Francez et al. (2013) a exploração florestal quando realizada de forma predatória (exploração não planejada) causa mudanças na dinâmica

de crescimento e no processo sucessional das florestas tropicais. Dessa maneira a intervenção irá dificultar o processo de regeneração e manutenção da floresta.

As taxas de ingresso em florestas tropicais têm grande importância do ponto de vista silvicultural, já que essas informações tornam possível analisar de forma quantitativa e qualitativa as espécies florestais (SILVA, 1989). Segundo Clark et al. (1999), a entrada desses novos indivíduos representa um importante papel na avaliação da capacidade das espécies comerciais se recuperar, seja na distribuição espacial ou na composição florística após o ciclo estabelecido para uma nova exploração.

Carey et al. (1994), enfatizam a importância das taxas de mortalidade para conhecer melhor os sistemas naturais, sendo que as informações sobre a mortalidade na vegetação dos ecossistemas oferecem um estudo mais detalhado sobre as pressões antrópicas causados pela poluição e outras atividades como a exploração florestal que causa impacto a floresta.

O padrão de mortalidade natural nas florestas tropicais está intensamente relacionado à máxima longevidade das árvores, distribuição em classes de tamanho, densidade relativa das espécies, tamanho e número de clareiras (SOUZA, 2017). De acordo com Silva (2004), áreas que tiveram exploração planejada tiveram uma taxa de recrutamento 44% superior quando comparada à mortalidade, enquanto que para a exploração convencional essa taxa foi de apenas de 4%.

4.6 Estoque e Dinâmica do carbono na regeneração natural

As florestas tropicais são fundamentais para o controle da mudança climática global por ser fonte (via desmatamento e queimadas) ou sumidouro de gases do efeito estufa. A perspectiva é que as florestas tropicais não sobrevivam às mudanças previstas no clima no caso da não mitigação dos impactos causados por ações humanas. Com esse aspecto de que as florestas continuarão sofrendo com as ações antrópicas de forma descontrolada, as mudanças do clima ameaçam não somente a biodiversidade das florestas, mas os povos tradicionais e outros que dependem da mesma para seu sustento (FEARNSIDE, 2008).

As árvores agem como um sumidouro ao fixar carbono durante a fotossíntese e estocar o carbono excessivo como biomassa. A dinâmica líquida, em longo prazo, de fixação/emissão de carbono das florestas pode tornar-se positiva. De forma distinta, ações antrópicas nas florestas podem afetar a dinâmica de carbono por fatores como a utilização de combustíveis fósseis e a extração da biomassa. Entretanto, de forma geral, aumentando o número de árvores pode-se reduzir o acúmulo de carbono na atmosfera (NOWAK; CRANE, 2002).

As florestas jovens estocam menores quantidades de carbono quando comparada às florestas maduras, porém sequestram mais carbono da atmosfera ao longo do tempo. Já as florestas maduras estocam maiores quantidades de carbono ao longo do tempo, mas sua capacidade de capturar carbono da atmosfera é inferior quando comparada a regeneração natural (SEDJO, 2001). Para Arevalo et al. (2002), as árvores têm a capacidade de absorção e fixação de carbono em função da espécie, taxa de crescimento, longevidade, tipo de sítio, clima, período de rotação, entre outros. Mesmo assim, as florestas secundárias e as plantações jovens fixam mais carbono que as florestas maduras.

A maioria dos estudos de predição do estoque de carbono nas florestas é feita utilizando a aplicação de modelos de crescimento e produção. Com base nos dados de crescimento e produção do inventário florestal contínuo de parcelas permanentes os modelos são ajustados para uma possível precisão do estoque de carbono no futuro (SOUZA; SOARES, 2013). Vários trabalhos utilizam modelos para estimar biomassa e carbono em áreas florestais que usam dados de inventário florestal, aplicando equações de biomassa e carbono que transformam dados de diâmetro, altura, ou volume em tais estimativas (SOMOGYI et al., 2006).

Para estimar as taxas de sequestro de carbono de uma floresta é necessário inicialmente conhecer o histórico de ocupação da área e definir se a floresta é primária ou secundária, partindo do conceito que a quantidade estocada de carbono é maior em florestas primárias (ALVES et al., 1997). O processo de fixação do carbono acontece com maior intensidade nas florestas em formação ou recuperação, por esse motivo é importante conhecer a idade da regeneração para fazer estimativas das taxas anuais de fixação de carbono (ZAMPAR, 2009).

O carbono só é sequestrado da atmosfera quando as árvores estão no processo de crescimento, por meio da regeneração natural, fator que aumenta consideravelmente a biomassa e o estoque de carbono nas florestas (BARBOSA et al., 2013). Em cinco diferentes áreas analisadas na Venezuela, o carbono estocado nas árvores com $DAP \geq 10$ cm, varia desde 70 $tC \cdot ha^{-1}$ nas áreas florestais muito secas, até 179,0 $tC \cdot ha^{-1}$ em áreas florestais com altas taxas de umidade. Já para as árvores com $DAP < 10$ cm os valores tiveram uma variação de 0,7 $tC \cdot ha^{-1}$ a 1,0 $tC \cdot ha^{-1}$, representando 1,5% do carbono estocado nas árvores com $DAP \geq 10$ cm (DELANEY et al., 1997).

Na Indonésia, Stas et al. (2017) estimaram a biomassa para a regeneração da floresta e chegou a valores médios de 33,00 $t \cdot ha^{-1}$ para indivíduos com $DAP < 10$ cm. Além de criar o modelo para estimar a biomassa os autores ainda o compararam a outros modelos da região, assim como com o modelo de Chave (2014). Para Higuchi (2015), em um trabalho realizado

para avaliar a dinâmica da floresta em sete (07) sub-regiões do Amazonas foi encontrado valor médio para biomassa de $34,7 \pm 3,6 \text{ t.ha}^{-1}$ para indivíduos com $5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 10 \text{ cm}$.

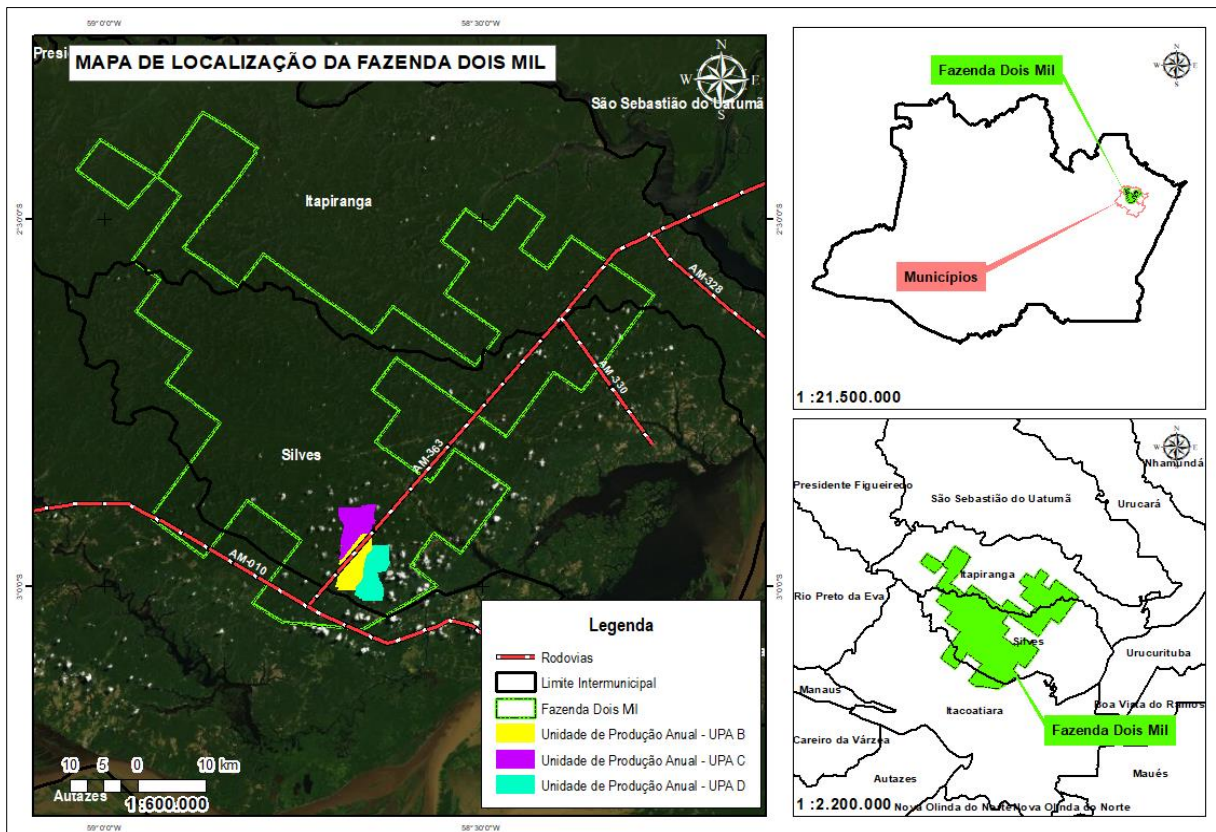
Em um trabalho realizado por Lima (2012), a floresta Amazônica apresentou valores médios de $10,57 \pm 2,25 \text{ t.ha}^{-1}$ biomassa para os indivíduos com $5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 15 \text{ cm}$. Lopes (2018), na floresta tropical seca da Caatinga encontrou valores médios de biomassa na vegetação remanescente de uma área explorada, os valores apresentados para os 5 anos foram de $16,16 \pm 6,19 \text{ t.ha}^{-1}$, já aos 8 anos $32,10 \pm 6,70 \text{ t.ha}^{-1}$, aos 11 anos $38,33 \pm 11,86 \text{ t.ha}^{-1}$ e aos 15 anos de regeneração apresentou $51,03 \pm 16,02 \text{ t.ha}^{-1}$. Schongart et al. (2004) estimando o estoque e sequestro de carbono na biomassa lenhosa para floresta de várzea na Amazônia, e comparando seis diferentes modelos alométricos de terra-firme que utilizam de 1 a 3 variáveis independentes, puderam concluir que as estimativas de biomassa lenhosa variaram entre 15,0 a $251,0 \text{ t.ha}^{-1}$ dependendo do estágio sucessional da floresta.

Os indivíduos presentes na regeneração natural das florestas manejadas após a exploração contribuem para o sequestro de carbono da atmosfera, sendo que na idade mais jovem as árvores irão repor o carbono emitido da floresta durante a exploração, isso irá ocorrer pelo fato dos indivíduos da regeneração natural apresentar um crescimento mais rápido quando comparado aos indivíduos maiores (ROMERO, 2018).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e caracterização da área

Foram utilizados dados de parcelas permanentes da Propriedade Fazenda Dois mil, pertencente à empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda. (Precious Woods Amazon), localizada no município de Itacoatiara-AM, a 227 km de Manaus. A área está localizada nas coordenadas geográficas 02° 30' S; 59° 00' W e 03° 00' S; 58°30' W (Figura 1).



FONTE: Produção do próprio autor (2020).

Figura 1. Mapa de localização da Fazenda Dois Mil, com a divisão das três Unidades de Produção Anual (UPA B, C e D), pertencente à Empresa Mil Madeiras Preciosa Ltda. Itacoatiara-AM

5.1.1 Vegetação

A área do projeto caracteriza-se como floresta tropical fechada de terras baixas, sub-região de baixos platôs da Bacia Amazônica (RADAMBRASIL, 1978). A tipologia acima mencionada tem como característica um clima quente e um elevado índice de precipitações com platôs de origem terciária e sobre terraços de recentes ou mais velhos. Ressalta-se que a cobertura vegetal está presente em diferentes estratos, formados por plantas herbáceas ou lenhosas, subarbustos e por árvores que variam de médio a grande porte, com uma média de altura de 40m (RIBEIRO et al., 1999).

5.1.2 Clima

O clima da área é classificado como chuvoso, do tipo Amw (chuvas do tipo monções), correspondendo uma variedade Am, diferindo apenas por apresentar as maiores quedas pluviométricas durante o outono. A precipitação pluviométrica é de 2.200 mm, diminuindo bastante nos meses de agosto e outubro. A temperatura média anual é de 26°C e a umidade relativa do ar é de 80% durante o ano (RADAMBRASIL, 1978).

5.1.3 Solos

O solo predominante da região é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico, de acordo com o mapa geral de solos do Brasil. A área de estudo está inserida na microrregião Médio Amazonas, apresentando assim baixa fertilidade natural, alta toxidez de alumínio e solos de textura argilosa (RADAMBRASIL, 1978).

5.1.4 Topografia

A topografia da área apresenta platôs ligeiramente inclinados, com algumas encostas bastante íngremes, apresentando de 5 a 20 m de profundidade, com declives de 100 a 400, sendo o ponto mais alto da área com 128 m e o mais baixo com 40 m, com distância em linha reta entre esses pontos de 40 km. A formação vegetal típica da região é a floresta tropical densa, composta de platôs bem drenados e abriga uma floresta significativamente mais densa do que nos declives e nos igapós (RADAMBRASIL, 1978).

5.2 Monitoramento da Floresta

O monitoramento das florestas exploradas pela empresa Mil Madeiras Preciosas é realizado por meio do Inventário Florestal Contínuo (IFC), onde são instaladas parcelas permanentes que são inventariadas em intervalos de tempo.

5.2.1 Histórico da Empresa e do Empreendimento

Segundo o Plano de Manejo Florestal - PMFS/Mil Madeiras (2019), o Grupo Suíço Precious Woods (PW), empresa de capital aberto listada na bolsa de valores de Zurique-Suíça, organizada sob o formato de holding, iniciou suas atividades florestais em 1989, com um projeto de reflorestamento de espécies nativas e exóticas na região de Guanacaste, na Costa Rica. Este grupo foi estabelecido tendo como uma de suas metas, o desafio de provar que é possível investir em projetos sustentáveis, tendo retorno econômico, e respeitando o meio ambiental e social.

Em 1994, o grupo iniciou suas atividades no Brasil, por meio da Mil Madeiras Preciosas, com a aquisição da empresa MIL Madeireira Itacoatiara Ltda., localizada no

município de Itacoatiara, no Estado do Amazonas, aonde implantou no imóvel desta empresa, denominado Fazenda Dois Mil, na época, com uma área total de 80.729,5 ha, um projeto pioneiro para extração de produtos florestais madeireiros, a partir da utilização de técnicas de manejo florestal de impacto reduzido, buscando com isso, tornar-se referência mundial no uso econômico ambientalmente sustentável de florestas tropicais nativas.

Com o objetivo de confirmar seu compromisso com o manejo florestal de forma sustentável, no ano de 1997 se submeteu ao programa de certificação Smart Wood da Rainforest Alliance, em colaboração com o IMAFLORA – Instituto de Manejo de certificação Florestal e Agrícola. Este programa de certificação tem como objetivo reconhecer bons gestores de florestas através da verificação independente e confiável de suas práticas de manejo, aonde a empresa juntamente com seu programa de manejo florestal, obteve esta certificação, da qual mantém até hoje, passando inclusive em mais 04 reavaliações (5,10, 15 e 20 anos). A Mil Madeiras Preciosas, por tudo o que concretizou, tem suas práticas reconhecidas como um bom exemplo de utilização racional dos recursos naturais pelo ministério do Meio Ambiente, além de grupos ambientalistas internacionais tais como Greenpeace e WWF.

5.2.2 Histórico da exploração nas UPAS B, C e D

As informações sobre as explorações realizadas nos anos 96, 97 e 98 nas UPAS B, C e D estão disponíveis na tabela 1. Esses dados são originários do Plano de Manejo Florestal Sustentável da empresa Mil Madeiras Preciosas.

Tabela 1. Informações sobre as explorações realizadas nos anos 96, 97 e 98 nas UPAS B, C e D na Fazenda Dois mil, pertencente à empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda. (Precious Woods Amazon).

ANO	UPA	AT	APP	NAE	IC	VE
1996	B	2.598,56	460,56	11.693	20,77	44.405,70
1997	C	2.613,11	591,11	7.745	16,66	33.694,60
1998	D	2.776,37	558,27	11.017	22,64	50.216,60

AT=Área total (ha); APP=Área de Preservação Permanente; NA=Número de Árvores Exploradas; IC=Intensidade de Corte ($m^3.ha^{-1}$); VE=Volume Explorado.

5.2.3 Instalação das parcelas permanentes

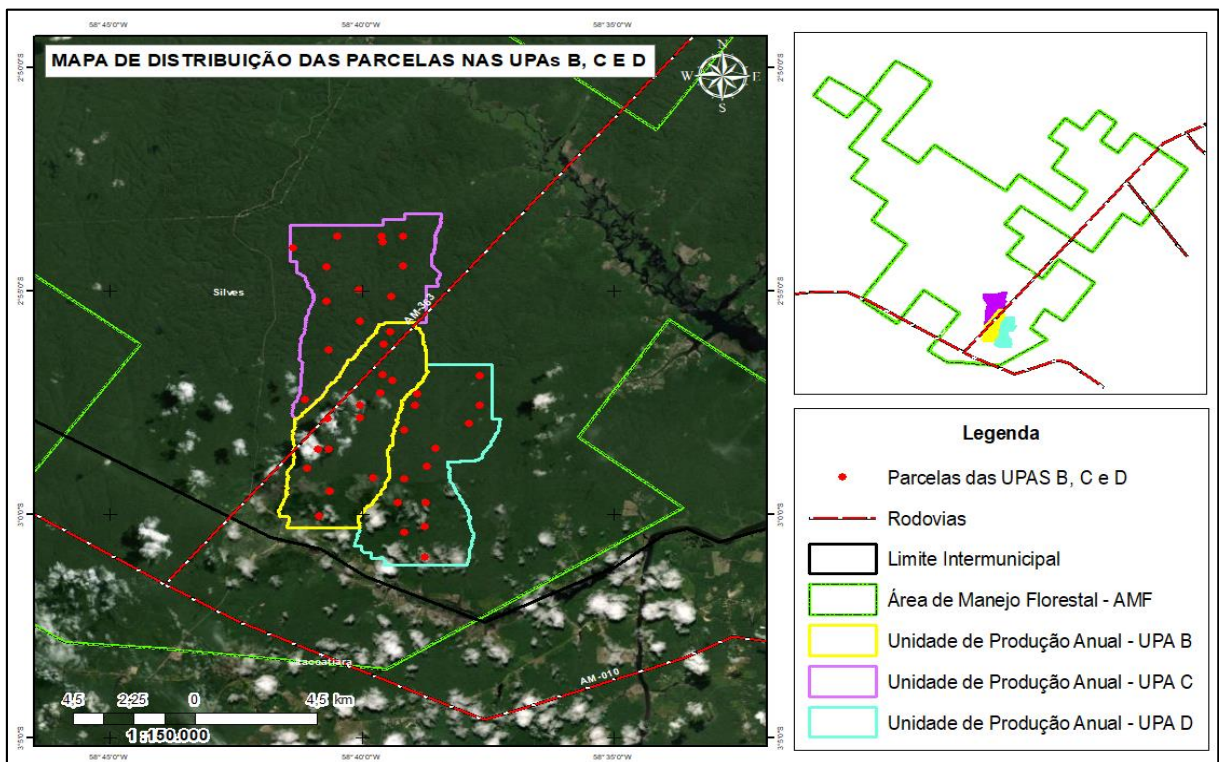
Os dados apresentados nesse projeto são oriundos de parcelas permanentes instaladas nas Unidades de Produção Anual (UPA) B, C e D (Figura 2).

Foram instaladas 41 parcelas divididas em três UPA's, com área de um hectare (100 m x 100 m) conforme a metodologia adotada por Silva e Lopes (1984). Cada parcela foi dividida em 100 subparcelas de 10 m x 10 m (Figura 3).

- ✓ As parcelas da UPA B foram instaladas e inventariadas inicialmente no ano de 1996, e inventariadas novamente nos anos de 1998, 2001, 2014 e 2019;
- ✓ Já na UPA C as parcelas foram instaladas e inventariadas no ano de 1997, e inventariadas outra vez em 2001 e 2014. Não foi possível realizar a última medição na UPA C por questões logísticas e pelas medidas necessárias tomadas para a prevenção da Covid-19;
- ✓ A UPA D teve suas parcelas instaladas e inventariadas pela primeira vez no ano de 1998, e novamente nos anos de 2001, 2014 e 2019.

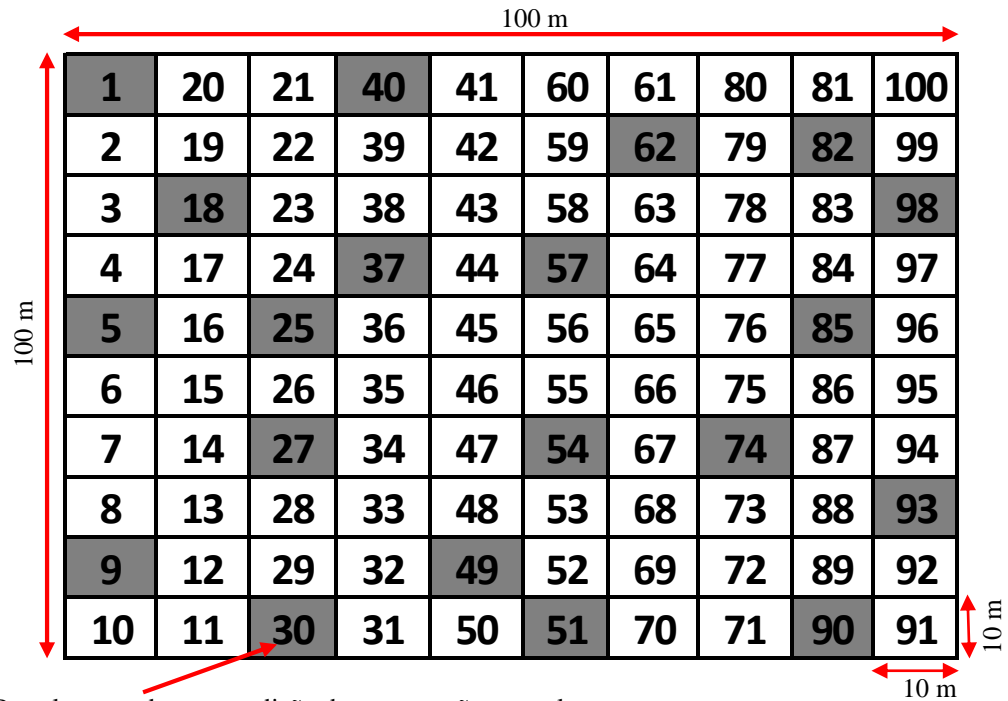
5.2.4 Medição da regeneração natural

O inventário foi realizado em 20 subparcelas sorteadas de forma aleatória dentro de cada uma das parcelas dos blocos B, C e D (Figura 3), representando 20% (820 subparcelas – 8,2 ha) das 41 (4100 subparcelas – 41 ha) parcelas inventariadas.



FONTE: Produção do próprio autor (2020).

Figura 2. Mapa de distribuição das parcelas permanentes nas Unidades de Produção Anual B, C e D da Fazenda Dois Mil.



Parcela sorteada para medição da regeneração natural.

Figura 3. Representação da parcela e das subparcelas sorteadas para inventariar a regeneração natural das parcelas B, C e D da Fazenda Dois Mil.

5.2.4.1 Numeração e identificação botânica da regeneração natural

Cada indivíduo recebeu uma plaqueta com um número composto por dois dígitos (Figura 4), fixada logo acima do Ponto de Medição (PDM). Cada uma das parcelas tem sequência própria de numeração para a regeneração (arvoreta), independente da sequência utilizada para árvores. Por esse motivo os indivíduos recebem placas com dois dígitos ao invés de seis dígitos (árvores).



Figura 4. Plaqueta de alumínio utilizada para identificação dos indivíduos que foram inventariados na regeneração natural.

Os indivíduos foram identificados botanicamente em nível de espécie (Figura 5), e os nomes botânicos apresentados foram conferidos com o banco dados públicos do Missouri Botanical Garden.



Figura 5. Identificação botânica dos indivíduos que foram inventariados na regeneração natural nas UPAS B, C e D da fazenda Dois Mil

5.2.4.2 Diâmetro das árvores presentes na regeneração natural (*arvoreta*)

Foi considerado regeneração natural da floresta os indivíduos com $5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 15 \text{ cm}$ (Figura 6). Dessa forma as arvoretas foram identificadas, medidas e classificadas conforme a Classe de Identificação do Fuste (CIF).

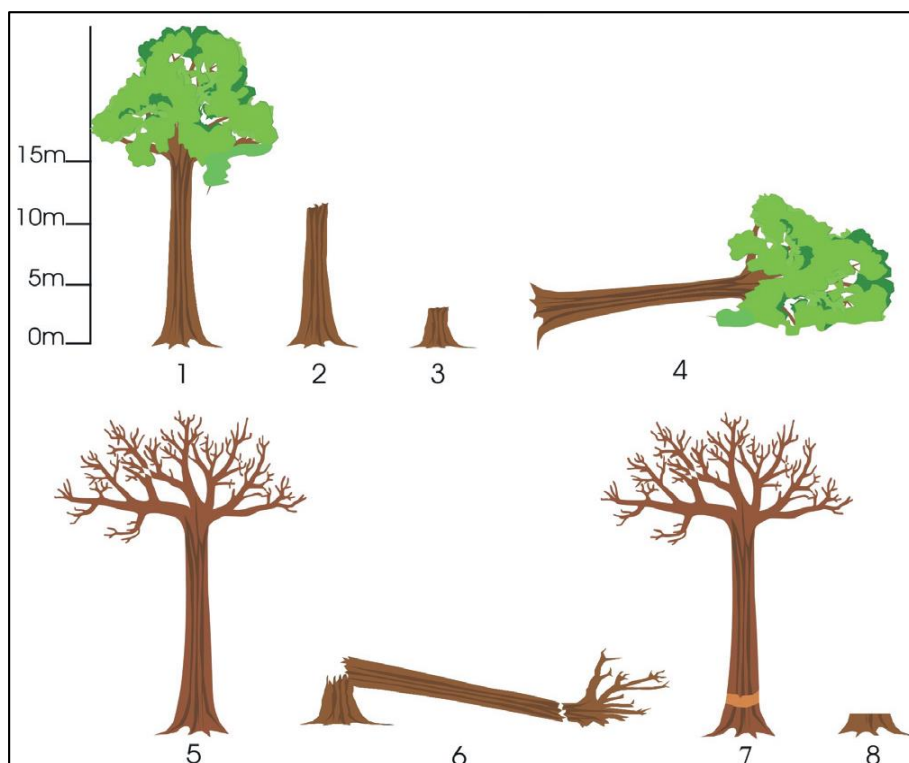


Figura 6. Medição do diâmetro utilizando a fita diamétrica para os indivíduos com $5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 15 \text{ cm}$ presentes nas UPAS B, C e D.

5.2.4.3 Classe de identificação do fuste das árvores

Esta variável descreve os diversos estados em que podem ser encontrados os fustes das árvores em uma floresta. A seguir são apresentados os códigos de classe de identificação do fuste para árvores (Figura 7):

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;
10. Arvoreta morta por causa antrópica desconhecida.



FONTE: EMBRAPA.

Figura 7. Classe de identificação do fuste das árvores de acordo com o estado em que foram encontrados.

5.3 Dinâmica do carbono na regeneração

Este projeto é uma continuidade de projetos anteriores, que tem como objetivo comum avaliar a dinâmica florestal e o estoque de carbono em uma floresta manejada comercialmente na Amazônia e assim produzir uma síntese do conhecimento sobre o funcionamento das florestas após a exploração para melhorar os Planos de Manejo Florestal Sustentável - PMFS.

Participaram destes projetos a Embrapa Amazônia Ocidental, sediada em Manaus/AM, pesquisadores do Centro de Cooperação Internacional em Pesquisa Agronômica para o Desenvolvimento - CIRAD, sediado na França e com unidades na Guiana Francesa e a empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda. (Precious Woods Amazon).

5.3.1 Biomassa e estoque de carbono na regeneração natural

Foi utilizada a equação Proposta por Chave et al. (2014), para determinar a biomassa na regeneração natural. Essa equação é a mesma utilizada pelos projetos mencionados anteriormente para determinar a biomassa dos indivíduos presentes na área de estudo.

$$AGB_{est} = e^{(1,803 - 0,976E + 0,976 \ln(\rho) + 2,673 \ln(D) - 0,0299(\ln(D))^2)}$$

Onde:

AGB_{est} = Biomassa acima do Solo;

ρ = Densidade básica (g/cm^3);

Foram utilizados para a densidade dados obtidos no banco de dados The Global Wood Density (GWD) database, na subseção Tropical South America (CHAVE et al., 2009) e dados do do Laboratório de Produtos Florestais/Serviço Florestal Brasileiro (SFB/SNIF/LPF, 2020).

\ln = Logaritmo na base natural (logaritmo neperiano);

D = DAP em cm;

$E = (0,178 TS - 0,938 CWD - 6,61 PS)10^{-3}$;

TS = Temperatura média do período;

CWD = Déficit Hídrico Climatológico;

PS = Precipitação média do período.

Higuchi e Carvalho (1994) realizaram estudos que afirmam que 50% do peso de uma árvore correspondem ao carbono estocado. Houghton et al. (2000), em estudos realizados na Amazônia Legal constataram que 50% do peso seco das árvores avaliadas são equivalentes ao

total de carbono presentes nas mesmas. Para este trabalho foi considerado que o carbono presente na regeneração natural acima do solo equivale a 50% do teor de biomassa seca.

$$C = AGB_{est} \times 0,5$$

Onde:

C = Carbono acima do solo;

AGB_{est} = Biomassa estimada acima do Solo;

0,5 = Porcentagem correspondente ao estoque de carbono.

5.3.2 Incremento Periódico Anual em Carbono na Regeneração Natural (IPAc)

O IPA foi calculado no total, em destaque para as variações nas mudanças do tempo.

O cálculo do IPA será realizado a partir da seguinte equação:

$$Crescimento_{21} = C_2 - C_1$$

$$Nanos_{21} = Ano_2 - Ano_1$$

$$Nmes_{21} = Mes_2 - Mes_1$$

$$Intervalo_{21} = Nanos_{21} + \frac{Nmes_{21}}{12}$$

$$IPAC_{21} = \frac{Crescimento_{21}}{Intervalo_{21}}$$

Onde:

C_2 e C_1 : Teor de carbono no final e no início do período, respectivamente;

$Crescimento_{21}$: Crescimento em teor de carbono do período;

$Ano_2 - Ano_1$: Anos no final e no início do período, respectivamente;

$Nanos_{21}$: Número de anos no período;

$Mes_2 - Mes_1$: Mês no final e no início do período, respectivamente;

$Intervalo_{21}$: Intervalo em anos no período;

$IPAC_{21}$: Incremento periódico anual em carbono.

5.3.3. Ingresso e mortalidade em carbono na regeneração

As equações utilizadas referentes ao ingresso e mortalidade em carbono na regeneração foram as seguintes:

$$R\% = \frac{\text{Carbono arv. ingressas}}{\text{Carbono arv. total da med. anterior}} \times 100$$

$$M\% = \frac{\text{Carbono arv. mortas}}{\text{Carbono arv. total med. anterior}} \times 100$$

Onde:

$R\%$ = Taxa de recrutamento em carbono;

$M\%$ = Taxa de mortalidade em carbono.

5.3.4 Testes estatísticos

Análise de Variância (ANOVA)

Para verificar se existia diferença significativa entre as médias das UPAS B, C e D para o estoque em carbono antes e após a exploração foi realizado a análise de variância análise de variância (ANOVA). O teste de Tukey a 5% de probabilidade foi aplicado para a comparação das médias.

As seguintes hipóteses foram testadas:

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

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

Onde, μ_B = média do estoque em carbono da UPA B, μ_C = média do estoque em carbono da UPA C e μ_D = média do estoque em carbono da UPA D.

Teste t de Student

Foi realizado o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov para verificar se existia heterocedasticidade (variâncias desiguais). O Teste t de Student foi realizado para verificar a diferença entre as médias do estoque em carbono e IPAc nas UPAS antes e após a exploração. Sendo assim, foi realizado para amostras pareadas e independentes a 95% de probabilidade ($\alpha = 0,05\%$) em relação à primeira medição e a última.

Foram utilizadas as seguintes equações para se obter o Teste t de Student:

Amostras pareadas para o IPAc

a) Diferença das unidades avaliadas: IPAc em duas medições:

$$d = X^2 - X^1$$

b) Média das diferenças (d):

$$\bar{d} = \frac{\sum d}{n}$$

c) Variância das diferenças:

$$s^2 = \frac{\sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n}}{n - 1}$$

d) O valor de t:

$$t = \frac{\bar{d}}{\sqrt{\frac{s^2}{n}}}$$

Amostras Independentes para o estoque de carbono

a) Variância:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n}}{n - 1}$$

- Variância ponderada:

$$s^2 = \frac{(n_x - 1) \cdot s_x^2 + (n_y - 1) \cdot s_y^2}{n_x + n_y - 2}$$

- Variâncias diferentes:

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{s_x^2}{n_x} + \frac{s_y^2}{n_y}}}$$

$$n^* = \frac{\left(\frac{S_x^2}{n_x} + \frac{S_y^2}{n_y}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_x^2}{n_x}\right)^2}{n_x - 1} + \frac{\left(\frac{S_y^2}{n_y}\right)^2}{n_y - 1}}$$

- Variâncias iguais:

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{S^2 \left(\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y}\right)}}$$

$$n^* = n_x + n_y - 2$$

Onde:

X^1 = IPAc na primeira medição após a exploração (UPA B ano 1998; UPA C e D ano 2001);

X^2 = IPAc na segunda medição após a exploração (UPA B, C e D ano 2014);

\bar{Y} = Estoque de carbono acima do nível do solo na primeira medição;

\bar{X} = Estoque de carbono acima do nível do solo na última medição;

S^2 = Variância;

t = valor de t ;

n^* = Graus de liberdade.

Serão testadas as seguintes hipóteses:

H_0 : $\mu_a = \mu_i$

H_1 : $\mu_a \neq \mu_i$

Amostras pareadas

Onde, μ_a = IPAc na primeira medição após a exploração (UPA B ano 1998; UPA C e D ano 2001) e μ_i = IPAc na segunda medição após a exploração (UPA B, C e D ano 2014);

Amostras independentes

Onde, μ_a = média do estoque de carbono na primeira medição e μ_i = média do estoque de carbono na última medição.

Análise de Variância com Medidas Repetidas

A análise de variância com medidas repetidas foi realizada para avaliar se o estoque em carbono e IPAc na regeneração são influenciados pelo manejo florestal nas diferentes UPAS com o passar dos anos. Para realizar essa análise foram consideradas as medições antes da exploração (1996 para UPA B, 1997 para UPA C e 1998 para UPA D), a primeira medição após a exploração (1998 para UPA B, 2001 para UPAS C e D) e a segunda medição após a exploração (2014 para UPAS B, C e D) para o estoque em carbono do povoamento total (ingresso e mortalidade) e estoque de indivíduos que estavam presentes antes e após a exploração na medição de 2014 (desconsiderando ingresso e mortalidade). O modelo utilizado foi o seguinte:

$$X_{ijkl} = \mu + T_j + B_k + TB_{jk} + \varepsilon_{m(jk)}$$

Onde:

T = Tratamento $j = 1, \dots, p$;

B = Tempo (T)..... $k = 1, \dots, q$;

X_{ijkl} = A observação correspondente ao j -ésimo tratamento e k -ésimo tempo;

μ = Média geral comum a todas as observações;

T_j = Efeito do j -ésimo tratamento - fator fixo;

B_k = Efeito so k -ésimo tempo - fator fixo;

ε = Erro aleatório associado à observação X_{ijkl} - fator aleatório.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram inventariados 8.529 indivíduos ao longo de 23 anos, desses não foram identificados 340, os demais estão distribuídos em 48 famílias botânicas e 179 espécies florestais. Considerando somente o último ano de medição as UPAS apresentaram um total de 5.193 indivíduos inventariados, equivalente a 633 ind.ha⁻¹. Na tabela 2 é possível identificar o número de famílias, espécies e indivíduos por UPA.

Tabela 2. Número de famílias, espécies e indivíduos por UPA (Unidade de Produção Anual) encontrados na Fazenda Dois mil, pertencente à empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda. (Precious Woods Amazon).

Classificação botânica	UPA			
	B	C	D	\bar{X}
Famílias	43	40	40	41
Espécies	132	130	127	130
Indivíduos	2926	2713	2890	2843

Silveira (2019), observando espécies comerciais na Amazônia central, encontrou valores de 5.431 indivíduos totais e 662 ind.ha⁻¹ para a regeneração presente na floresta antes da exploração, semelhantes aos encontrados neste estudo. Para Jardim et al. (2013), estudando a regeneração natural em formações florestais de uma Unidade de Conservação no Pará, inventariou 1.926 ind.ha⁻¹ que foram distribuídos em 34 famílias, 59 gêneros e 78 espécies.

6.1 Estoque do carbono presente na regeneração natural

A regeneração natural da área de estudo apresentou uma média de $13,0178 \pm 2,1009$ t.ha⁻¹ acima do nível do solo. Os valores médios do estoque de carbono em cada Unidade de Produção Anual – UPA nos períodos antes e após a exploração estão detalhados na tabela 3.

Os trabalhos direcionados a estimar biomassa e carbono na regeneração de florestas tropicais ainda estão em fase desenvolvimento. Para efeito de comparação foram utilizados estudos que estimaram a biomassa e o carbono acima do nível do solo na regeneração natural de florestas tropicais. Nesses trabalhos os valores encontrados se aproximam dos valores calculados neste estudo.

Tabela 3. Valores médios (\bar{X}) e Desvio Padrão ($s \pm$) de estoque de carbono para cada Unidade de Produção Anual (UPA) e ano de medição. Ano de exploração: B-1997, C-1997 e D -1998.

UPAS	Anos	\bar{X} (C t.ha ⁻¹)	s \pm
B	1996	12,1337	1,8672
	1998	10,8022	2,2014
	2014	13,2197	1,7291
	2019	12,2273	2,0827
C	1997	14,6242	1,2919
	2001	13,8387	1,9258
	2014	14,8590	1,3389
D	1998	12,5082	1,5581
	2001	11,6385	1,7571
	2014	13,9564	1,5054
	2019	13,6937	1,9001

Em uma floresta tropical na Indonésia, Stas et al. (2017) desenvolveram o modelo alométrico para estimar a biomassa e o compararam com modelos já existentes na região, assim como com o modelo de Chave (2014). Os valores médios de carbono foram de 16,50 t.ha⁻¹ para indivíduos com DAP <10 cm e não apresentaram diferença significativa para o modelo de Chave (2014), o mesmo utilizado para estimar a biomassa neste estudo. Os valores de biomassa dos indivíduos presentes no extrato inferior da floresta na maioria dos estudos não são estimados, porém são de extrema importância para avaliar a dinâmica florestal como um todo.

O trabalho realizado por Higuchi (2015), avaliando a dinâmica de volume e biomassa para florestas de terra firme no Amazonas, encontrou valores médios de carbono acima do nível do solo para indivíduos com variação de $21,8 \pm 2,0$ t.ha⁻¹ na CEDAS/Embrapa Amazônia Ocidental – ZF5 (Cidade de Rio Preto da Eva) e $11,95 \pm 1,35$ t.ha⁻¹ em Rebio do Abufari – ABU (Tapauá) para indivíduos com $5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 10 \text{ cm}$. No mesmo trabalho foi encontrado um valor médio de $17,35 \pm 1,8$ t.ha⁻¹ para 7 sub regiões do Amazonas.

Delaney et al. (1997), analisando cinco diferentes áreas na Venezuela, quantificou o carbono para árvores com $5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 10 \text{ cm}$ e com $\text{DAP} > 10 \text{ cm}$. Os valores apresentados para as árvores presentes na regeneração natural, ou seja, com $5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 10$ tiveram uma variação de 0,7 a 1,0 t.ha⁻¹, representando dessa forma 1,5% do carbono total da área estudada. Lopes (2018), em um estudo realizado na floresta tropical seca da Caatinga quantificou valores de biomassa remanescente de uma área explorada em diferentes períodos de tempo. O carbono médio encontrada na regeneração aos 5 anos foi de $8,08 \pm 3,09$ t.ha⁻¹, já aos 8 anos foi de $16,05 \pm 3,35$ t.ha⁻¹, aos 11 anos foi $19,16 \pm 5,93$ t.ha⁻¹ e aos 15 anos de regeneração apresentou $25,51 \pm 8,01$ t.ha⁻¹.

Para Romero (2018), nas áreas de manejo florestal os indivíduos durante a fase de regeneração natural irão contribuir para o sequestro de carbono da atmosfera, além disso, na idade mais jovem as árvores irão repor o carbono retirado da floresta por apresentar um crescimento mais rápido quando comparado aos indivíduos de idade superior. Em um trabalho desenvolvido para estimar biomassa abaixo e acima do nível do solo na floresta Amazônica, Lima (2012), quantificou o carbono médio da região em $5,28 \pm 1,12 \text{ t.ha}^{-1}$ para árvores com $5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 10 \text{ cm}$.

6.2 Incremento Periódico Anual em carbono (IPAc) na regeneração natural

A Fazenda Dois Mil apresentou valores de Incremento Periódico Anual em carbono com variações entre 0,1814 a 0,5868 $\text{t.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$. Os valores podem ser melhor observados na tabela 4.

Tabela 4. Incremento Periódico Anual em carbono (IPAc) na regeneração natural para cada Unidade de Produção Anual (UPA).

UPAS	Período	(IPAc $\text{t.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$)
B	1998-1996	0,5868
	2014-1998	0,1814
	2019-2014	0,3347
C	2001-1997	0,4496
	2014-2001	0,2543
D	2001-1998	0,5105
	2014-2001	0,2319
	2019-2014	0,4210

A maioria dos estudos realizados para avaliar a dinâmica do carbono nas florestas tropicais são direcionados ao extrato superior. As pesquisas relacionadas a regeneração natural e a dinâmica de crescimento das espécies em ambientes florestais ainda estão em fase de desenvolvimento, isso dificulta a compreensão da dinâmica da regeneração (SOARES et al., 2010).

Souza (2012), em um estudo sobre a dinâmica do carbono em áreas manejada e não manejada na Amazônia, estimou o Incremento Periódico Anual em carbono (IPAc) com variação entre 0,3 a 1,56 $\text{t.ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ para árvores com $\text{DAP} \geq 10 \text{ cm}$. No trabalho realizado por Vasconcelos (2016) que avalia a dinâmica do carbono em uma floresta manejada no Amazonas os valores apresentados variaram de 1,6 a 2,7 $\text{t.ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ de IPAc para árvores com $\text{DAP} \geq 15 \text{ cm}$. Os dados do trabalho de Vasconcelos (2016) são oriundos das mesmas parcelas permanentes inventariadas para realização deste trabalho.

6.3 Ingresso e mortalidade em carbono na regeneração natural

Com base nos dados inventariados ao longo dos anos nas parcelas permanentes, as taxas de ingresso e mortalidade para cada período e para cada UPA apresentaram valores semelhantes para as UPAS B e D, apesar de terem sofrido diferentes intensidade de exploração, esses valores podem ser observados na tabela 5.

Observa-se que as taxas de mortalidade para todos os períodos e UPAS é sempre superior ao ingresso, apresentando uma maior proximidade entre o ingresso e a mortalidade no período de 2001 a 2014. A maioria dos estudos relacionados a dinâmica do carbono nas florestas tropicais afirmam que o normal é as taxas de mortalidade ser sempre superior ao ingresso.

Tabela 5. Ingresso e Mortalidade em carbono na regeneração natural para cada Unidade de Produção Anual (UPA) e para cada período de medição.

UPA	Período	Ingresso (%)	Mortalidade (%)
B	1998-1996	1,67	19,38
	2014-2001	52,61	54,42
	2019-2014	4,98	26,00
C	2001-1997	0,00	17,32
	2014-2001	33,84	50,15
D	2001-1998	0,00	21,23
	2014-2001	42,70	46,97
	2019-2014	8,35	24,70

As UPAS C e D se destacam de forma negativa por não apresentar ingresso para o carbono em relação ao primeiro período de análise (intervalo entre a primeira medição antes da exploração e a primeira medição após a exploração).

6.4 Análise de Variância (ANOVA) para o estoque de carbono

Para verificar se existia diferença significativa entre as UPAS B, C e D para o estoque em carbono antes e após a exploração foi realizado a análise de variância. Pode-se observar que houve diferença significativa entre as médias das UPAS ($p = 0,000$), onde a UPA C apresentou a maior média quando comparada a outras duas UPAS, sendo a única a apresentar diferença significativa (Tabela 6).

Tabela 6. Resultado do teste de Tukey para as médias (\bar{X}) do estoque de carbono das UPAS B, C e D na medição anterior a exploração (UPA B ano 1998, UPA C ano 1997 e UPA D ano 1998).

UPA	N	\bar{X} (C t.ha ⁻¹)	Agrupamento
C	13	14,624	a
D	14	12,508	b
B	14	12,133	b

Médias que não compartilham a mesma letra são significativamente diferentes.

A análise de variância para o primeiro ano de medição após a exploração mostra que as UPAS apresentam diferença significativa. A média do estoque em carbono apresentou diferença significativa ($p = 0,001$), a UPA C apresentou a maior média quando comparada as outras duas UPAS, sendo a única a apresentar diferença significativa (Tabela 7).

Tabela 7. Resultado do teste de Tukey para as médias (\bar{X}) do estoque de carbono das UPAS B (ano 1998), do estoque de carbono C e D (ano 2001) após a exploração.

UPA	N	\bar{X} (C t.ha ⁻¹)	Agrupamento
C	13	13,838	a
D	14	11,638	b
B	14	10,684	b

Médias que não compartilham a mesma letra são significativamente diferentes.

A análise de variância para o segundo ano de medição após a exploração mostra que as UPAS continuam apresentando diferença significativa. A média do estoque em carbono apresentou diferença significativa ($p = 0,030$), as UPAS C e D não apresentam variação entre si, assim como as UPAS D e B não apresentam variação entre si. Porém as UPAS C e B apresentam diferença significativa (Tabela 8).

Tabela 8. Resultado do teste de Tukey para as médias (\bar{X}) do estoque de carbono das UPAS B, C e D (ano 2014) após a exploração.

UPA	N	\bar{X} (C t.ha ⁻¹)	Agrupamento
C	13	14,859	a
D	14	13,956	a b
B	14	13,219	b

Médias que não compartilham a mesma letra são significativamente diferentes.

6.5 Teste t de Student para o estoque de carbono e IPAc

Foi realizado o teste de t para o estoque em carbono (amostras independentes) e para o IPAc (amostras pareadas) em relação ao ano anterior a exploração e na primeira medição após a exploração, assim como para a primeira medição após a exploração e a segunda medição no ano de 2014.

Pode-se observar na tabela 10, que o teste de t para amostras independentes no ano anterior a exploração e na primeira medição após a exploração não apresentaram diferença significativa ($\rho = 0,483$). A tabela 9 mostra a média (\bar{X}), o desvio padrão (s) e o Erro Padrão da média ($s\bar{X}$) nos dois períodos de medição.

Tabela 9. Resultado do teste de t para amostras independentes nas UPAS B, C e D no ano anterior a exploração (UPA B ano 1996, C ano 1997 e D ano 1998) e na primeira medição após a exploração (UPA B ano 1998, C e D ano 2001).

Amostras	N	\bar{X}	s	$s\bar{X}$
Ano AE (C t.ha ⁻¹)	41	13,051	1,904	0,297
Ano APE (C t.ha ⁻¹)	41	12,856	2,025	0,316

Ano AE - Ano Antes da Exploração (UPA B ano 1996, C ano 1997 e D ano 1998); Ano APE - Ano Após a Exploração (UPA B ano 1998, C e D ano 2001).

Tabela 10. Estimativa da diferença entre as médias para amostras independentes no ano anterior a exploração (UPA B ano 1996, C ano 1997 e D ano 1998) e na primeira medição após a exploração (UPA B ano 1998, C e D ano 2001).

\bar{X} (C t.ha ⁻¹)	s	$s\bar{X}$	IC de 95%
0,196	1,771	0,277	(-0,363; 0,755)
Hipótese nula	H0: $\mu_a = \mu_i$		
Hipótese alternativa	H1: $\mu_a \neq \mu_i$		
Valor-T	Valor- ρ		
0,71	0,483		

Na tabela 11, é possível observar o teste de t para amostras independentes na primeira e segunda medição após a exploração, o resultado do teste apresentou diferença significativa ($\rho = 0,022$) para os períodos (Tabela 12). A tabela 11 mostra a média (\bar{X}), o desvio padrão (s) e o Erro Padrão da média ($s\bar{X}$) nos dois períodos de medição.

Tabela 11. Resultado do teste de t para amostras independentes nas UPAS B, C e D referentes a primeira (UPA B ano 1998, C e D ano 2001) e a segunda medição após a exploração (UPA B, C e D ano 2014).

Amostras	N	\bar{X}	s	$s\bar{X}$
Ano AEP (C t.ha ⁻¹)	41	12,856	2,025	0,316
Ano APE1 (C t.ha ⁻¹)	41	13,652	1,975	0,308

Ano APE - Ano Após a Exploração (UPA B ano 1998, C e D ano 2001); Ano APE1 - Ano Após a Exploração (UPA B, C e D ano 2014).

Tabela 12. Estimativa da diferença entre as médias para amostras independentes na primeira (UPA B ano 1998, C e D ano 2001) e na segunda medição após a exploração (UPA B, C e D ano 2014) nas UPAS B, C e D.

\bar{X} (C t.ha ⁻¹)	s	$s\bar{X}$	IC de 95%
-0,797	2,141	0,334	(-1,472; -0,121)
Hipótese nula	H0: $\mu_a = \mu_i$		
Hipótese alternativa	H1: $\mu_a \neq \mu_i$		
Valor-T	Valor-p		
-2,38	0,022		

O teste de t para o IPAc (amostras pareadas) na primeira e na segunda medição após a exploração (Tabela 14) não apresentou diferença significativa ($\rho = 0,000$). A tabela 13 mostra a média (\bar{X}), o desvio padrão (s) e o Erro Padrão da média ($s\bar{X}$) nos dois períodos de medição.

Tabela 13. Resultado do teste de t para amostras pareadas (IPAc) nas UPAS B, C e D na primeira (UPA B ano 1998, C e D ano 2001) e na segunda medição após a exploração (UPA B, C e D ano 2014).

Amostras	N	\bar{X}	s	$s\bar{X}$
Ano APE (C t.ha ⁻¹)	41	0,5172	0,2626	0,0410
Ano APE1 (C t.ha ⁻¹)	41	0,2217	0,0537	0,0084

Ano APE - Ano Após a Exploração (UPA B ano 1998, C e D ano 2001); Ano APE1 - Ano Após a Exploração (UPA B, C e D ano 2014).

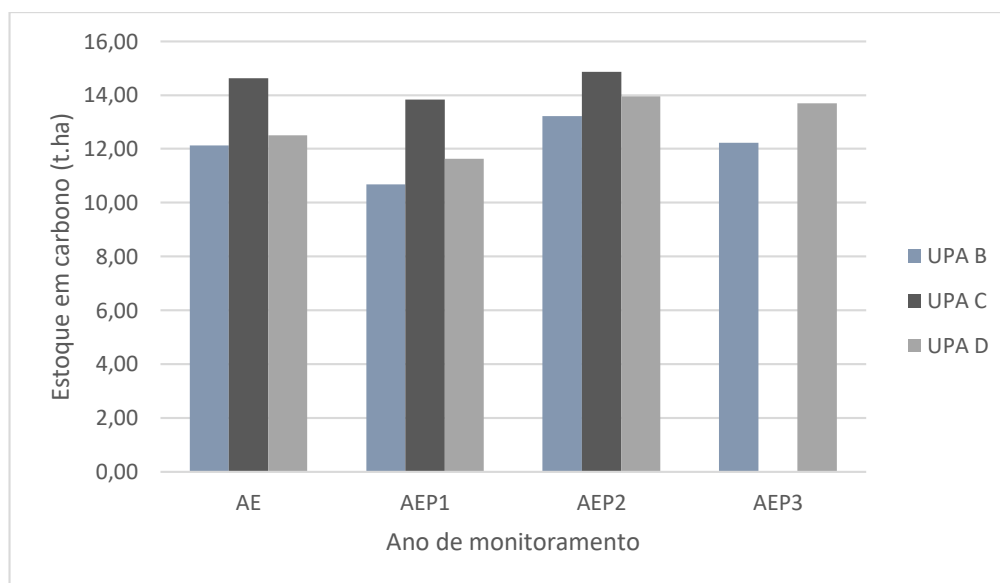
Tabela 14. Estimativa da diferença para para o IPAc (amostras pareadas) na primeira (UPA B ano 1998, C e D ano 2001) e na segunda medição após a exploração (UPA B, C e D ano 2014).

\bar{X} (C t.ha ⁻¹)	s	$s\bar{X}$	IC de 95%
0,2955	0,2651	0,0414	(0,2118; 0,3791)
Hipótese nula	H0: $\mu_a = \mu_i$		
Hipótese alternativa	H1: $\mu_a \neq \mu_i$		
Valor-T	Valor-p		
7,14	0,000		

Souza (2012), estudando uma floresta não manejada na Amazônia encontrou valores semelhantes para o IPAc ($\rho=0,0003$), mostrando que o IPAc apresentou diferença nos diferentes anos de medição, porém para o estoque de carbono ($\rho=0,0027$) apresentou resultado diferente, variando de forma significativa. Para Vasconcelos (2016), avaliando a dinâmica do carbono na mesma floresta deste estudo, não encontrou diferença significativa para o IPAc em função de variáveis categóricas como o cipó e a classe de identificação do fuste.

6.6 Análise de Variância (ANOVA) com medidas repetidas no tempo para o estoque de carbono e IPAc

Para realizar essa análise foram consideradas as medições realizadas antes da exploração (1996 para UPA B, 1997 para UPA C e 1998 para UPA D), a primeira medição após a exploração (1998 para UPA B, 2001 para UPAS C e D) e a segunda medição após a exploração (2014 para UPAS B, C e D) para o estoque em carbono total (considerando ingresso e mortalidade) e incremento de indivíduos que estavam presentes antes e após a exploração nas medições posteriores (desconsiderando ingresso e mortalidade). Os valores do estoque de carbono total para cada UPA, referente a cada período de inventário podem ser melhor observados na Figura 6, levando em consideração que no ano de 2019 foram inventariadas somente as UPAS B e D.



AE (Antes da Exploração, UPA B-1996, C-1997 e D-1998); AEP1 (Após Exploração, UPA B-1998, C e D-2001); AEP2 (Após Exploração, UPA B, C e D-2014); AEP3 (Após Exploração, UPA B e D-2019).

Figura 8. Estoque médio em carbono da regeneração natural referente aos diferentes períodos de monitoramento nas UPAS.

Na tabela 15, pode-se observar a estatística multivariada para o estoque em carbono total. As variáveis utilizadas para testar a hipótese das UPAS (tratamento) foram o tempo e a interação tempo x UPA. O critério utilizado na estatística multivariada foi o Traço de Pillai. O nível de significância para o tempo no teste foi o $p=0,000$, mostra que a hipótese nula é rejeitada, pois o estoque em carbono não é o mesmo nos três intervalos temporais.

Tabela 15. MANOVA da consequência do tempo para o estoque em carbono total, interação tempo x UPA considerando o ingresso e a mortalidade nas medições realizadas antes da exploração (1996 para UPA B, 1997 para UPA C e 1998 para UPA D), a primeira medição após a exploração (1998 para UPA B, 2001 para UPAS C e D) e a segunda medição após a exploração (2014 para UPAS B, C e D).

Estatística		Valor	F	GL hipótese	GL Erro	Pr>F
Tempo	Traço de Pillai	0,506	18,916	2,000	37,000	0,000
Tempo * UPA	Traço de Pillai	0,136	1,391	4,000	76,000	0,245

A tabela 16, que analisa a interação tempo x UPA mostra que a mesma não foi significativa, porém para o fator tempo foi significativo, assim como na tabela anterior, sendo assim o estoque foi influenciado pelo tempo, porém não foi influenciado pela distinção das UPAS.

Tabela 16. ANOVA para medidas repetidas no tempo para o estoque em carbono total (considerando o ingresso e a mortalidade) nas medições realizadas antes da exploração (1996 para UPA B, 1997 para UPA C e 1998 para UPA D), a primeira medição após a exploração (1998 para UPA B, 2001 para UPAS C e D) e a segunda medição após a exploração (2014 para UPAS B, C e D).

Fonte	GL	SQ	QM	Fcal	Pr>F
UPA	2	41,869	20,935	11,006	0,000
Erro	38	72,278	1,902		
Tempo	1	17,443	17,443	11,851	0,001
Tempo * UPA	2	5,187	2,594	1,762	0,185
Erro	38	55,927	1,472		

A tabela 17, apresenta a estatística multivariada para o estoque em carbono dos indivíduos que estavam presentes em todos os anos de monitoramento. O nível de significância para o fator tempo foi $p=0,000$, apresentando resultado similar ao estoque total quando comparamos somente o nível de significância. A hipótese nula é rejeitada, dessa forma o estoque em carbono é influenciado pelo tempo, porém não é influenciado pelas UPAs.

Tabela 17. MANOVA da consequência tempo para o estoque em carbono dos indivíduos vivos na primeira medição realizada antes da exploração (1996 para UPA B, 1997 para UPA C e 1998 para UPA D) e permaneceram vivos nas demais medições após a exploração (primeira medição após a exploração - 1998 para UPA B, 2001 para UPAS C e D; segunda medição após a exploração - 2014 para UPAS B, C e D), interação tempo x UPA desconsiderando o ingresso e a mortalidade.

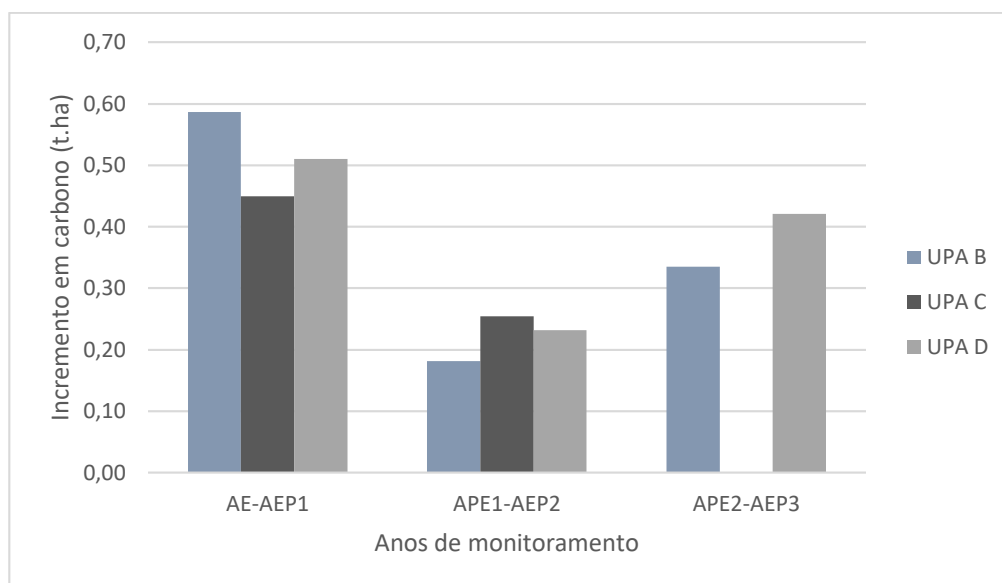
Estatística		Valor	F	GL hipótese	GL Erro	Pr>F
Tempo	Traço de Pillai	0,958	421,191	2,000	37,000	0,000
Tempo * UPA	Traço de Pillai	1,024	19,926	4,000	76,000	0,000

A interação tempo x UPA foi significativa para os indivíduos que estavam presentes em todos os períodos de inventário, assim como na tabela para todo o estoque, isso mostra a influência do fator tempo para o estoque, mas as UPAS continuam sem influenciar o estoque (Tabela 18). Vasconcelos (2016), analisando o estoque em carbono para indivíduos com DAP >15 cm na mesma área do estudo, encontrou valores similares referente a significância para o carbono total e para o carbono nas árvores que permaneceram vivas em todos os períodos de acompanhamento.

Tabela 18. ANOVA de medidas repetidas no tempo para o estoque em carbono dos indivíduos vivos na primeira medição realizada antes da exploração (1996 para UPA B, 1997 para UPA C e 1998 para UPA D) e permaneceram vivos nas demais medições após a exploração (primeira medição após a exploração - 1998 para UPA B, 2001 para UPAS C e D; segunda medição após a exploração - 2014 para UPAS B, C e D), interação tempo x UPA desconsiderando o ingresso e a mortalidade.

Fonte	GL	SQ	QM	Fcal	Pr>F
UPA	2	82,073	41,036	18,551	0,000
Erro	38	84,057	2,212		
Tempo	1	217,849	217,849	839,014	0,000
Tempo * UPA	2	12,395	6,198	23,869	0,000
Erro	38	9,867	0,260		

Na análise de variância com medidas repetidas para o IPAc foram considerados os intervalos de tempo na primeira medição após a exploração e a medição anterior a exploração (1998-1996 para UPA B, 2001-1997 para UPA C e 2001-1998 para UPA D), o outro intervalo de tempo foi referente a segunda e primeira medição após a exploração (2014-1998 para UPA B, 2014-2001 para UPA C e D), onde o IPAc total considerou o ingresso e mortalidade (Figura 7), já o IPAc dos indivíduos que estavam presentes em todos os períodos analisados foi desconsiderado o ingresso e mortalidade.



AE (Antes da Exploração, UPA B-1996, C-1997 e D-1998); AEP1 (Após Exploração, UPA B-1998, C e D-2001); AEP2 (Após Exploração, UPA B, C e D-2014); AEP3 (Após Exploração, UPA B e D-2019).

Figura 9. IPAc em carbono da regeneração natural referente aos diferentes períodos de monitoramento nas UPAS.

A tabela 19, mostra a estatística multivariada utilizada para o IPAc total. As variáveis utilizadas para testar a hipótese das UPAS (tratamento) foram o tempo e a interação tempo x UPA. O critério estatístico utilizado foi o Traço de Pillai. O nível de significância para o tempo foi $\rho=0,000$, mostra que a hipótese nula é rejeitada, pois o incremento em carbono não é o mesmo nos dois intervalos temporais.

Tabela 19. MANOVA da consequência do tempo para o IPAc total, interação tempo x UPA considerando o ingresso e a mortalidade nas medições realizadas após a exploração (primeira medição - 1998 para UPA B, 2001 para UPAS C e D; segunda medição - 2014 para UPAS B, C e D).

Estatística		Valor	F	GL hipótese	GL Erro	Pr>F
Tempo	Traço de Pillai	0,584	53,313	1,000	38,000	0,000
Tempo * UPA	Traço de Pillai	0,108	2,301	2,000	38,000	0,114

Para a outra variável que analisa a interação tempo x UPA a tabela mostra que a mesma não foi significativa, isso mostra que o incremento foi influenciado pelo tempo. O IPAc não foi significativo para a interação das UPAS, apresentando uma diferença em relação as outras variáveis analisadas (Tabela 20).

Tabela 20. ANOVA para medidas repetidas no tempo para o IPAc total considerando o ingresso e a mortalidade nas medições realizadas após a exploração (primeira medição - 1998 para UPA B, 2001 para UPAS C e D; segunda medição - 2014 para UPAS B, C e D).

Fonte	GL	SQ	QM	Fcal	Pr>F
UPA	2	0,007	0,004	0,184	0,833
Erro	38	0,727	0,019		
Tempo	1	1,759	1,759	53,313	0,000
Tempo * UPA	2	0,152	0,076	2,301	0,114
Erro	38	1,254	0,033		

A estatística multivariada utilizada para o IPAc dos indivíduos que estavam presentes em todos os anos de monitoramento, podem ser observadas na tabela 21. O fator tempo apresentou valor de $\rho=0,020$, ou seja, a variação é significativa, o que é normal, já que os indivíduos tendem a continuar se desenvolvendo (crescendo) com o passar dos anos.

Tabela 21. MANOVA da consequência tempo para o IPAc dos indivíduos vivos na primeira medição realizada antes da exploração (1996 para UPA B, 1997 para UPA C e 1998 para UPA D) e permaneceram vivos nas demais medições após a exploração (primeira medição após a exploração - 1998 para UPA B, 2001 para UPAS C e D; segunda medição após a exploração - 2014 para UPAS B, C e D), interação tempo x UPA desconsiderando o ingresso e a mortalidade.

Estatística		Valor	F	GL hipótese	GL Erro	Pr>F
Tempo	Traço de Pillai	0,133	5,848	1,000	38,000	0,020
Tempo * UPA	Traço de Pillai	0,159	3,583	2,000	38,000	0,038

A interação tempo x UPA é significativa para os indivíduos que estavam presentes em todos os períodos de inventário, isso mostra o quanto o fator tempo influencia no IPAc, porém, a distinção das UPAS continua sem influenciar o incremento (Tabela 22).

Tabela 22. ANOVA para medidas repetidas no tempo para o IPAc dos indivíduos vivos na primeira medição realizada antes da exploração (1996 para UPA B, 1997 para UPA C e 1998 para UPA D) e permaneceram vivos nas demais medições após a exploração (primeira medição após a exploração - 1998 para UPA B, 2001 para UPAS C e D; segunda medição após a exploração - 2014 para UPAS B, C e D), interação tempo x UPA desconsiderando o ingresso e a mortalidade.

Fonte	GL	SQ	QM	Fcal	Pr>F
UPA	2	0,051	0,026	7,792	0,001
Erro	38	0,125	0,003		
Tempo	1	0,017	0,017	5,848	0,020
Tempo * UPA	2	0,021	0,011	3,583	0,038
Erro	38	0,111	0,003		

Em uma floresta manejada experimentalmente no Amazonas, submetida a quatro períodos de medição (2005, 2007, 2009, 2010), Souza (2012), encontrou valores semelhantes em relação ao tempo ($\rho=0,0001$) e advertiu que existe uma tendência de aumento do estoque de carbono total (considerando ingresso e mortalidade) com o passar dos anos. Vasconcelos (2016), avaliando a dinâmica do carbono na mesma floresta deste estudo, encontrou valores para o fator tempo de $\rho=0,0001$ em relação ao estoque total de carbono, concluindo que o estoque não é o mesmo em dois períodos de medição.

Para o IPAc total em uma floresta manejada, Souza (2012), considerando somente o nível de significância, apresenta resultados que não diferem estatisticamente nos diferentes períodos analisados, assim como os resultados obtidos neste trabalho.

A interação do tempo x UPA mostrou ser significativa tanto para o estoque como para o IPAc. Dessa forma, pode-se afirmar que o manejo aplicado nas diferentes UPAS não influenciou no estoque e IPAc das mesmas, tendo como fator influente apenas o tempo. Souza (2012),

7 CONCLUSÃO

O estoque de carbono, o IPAc, o ingresso e a mortalidade não apresentaram diferença significativa entre as UPAS nos diferentes anos de acompanhamento. Para tanto, a intensidade de corte que poderia ser um fator categórico não influenciou estatisticamente na dinâmica do carbono da regeneração natural, tendo como fator preponderante o tempo.

Os valores encontrados no último ano de monitoramento são maiores quando comparados aos encontrados na floresta não explorada. Dessa forma, podemos afirmar que a floresta manejada é capaz de reaver o estoque de carbono perdido durante o processo de manejo florestal, passando a ser sumidouro de carbono ao sequestrar este da atmosfera.

A quantificação do carbono na regeneração natural proporciona estimativas mais precisas quanto a floresta ser fonte ou sumidouro de carbono após a exploração florestal.

8 REFERÊNCIAS

AGUIAR, S. H. S.; CARVALHO, J. O. P.; RUSCHEL, A. R.; RAMOS, E. M. L. S.; ROCHA, E. S.; CASTRO, T. C.; SILVA, B. M. F. Dinâmica da regeneração natural de espécies madeireiras durante três décadas da exploração florestal na Floresta Nacional do Tapajós, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 47, n. 121, p. 157-166, 2019.

ALDER, D.; SILVA, J. N. M. **Sustentabilidade da produção volumétrica: um estudo de caso na Floresta Nacional do Tapajós com auxílio do modelo de crescimento Cafogrom**. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; YARED, J. G. **A silvicultura na Amazônia Oriental: Contribuições do Projeto Embrapa/DFID**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/DFID. 2001. p. 325-337.

ALVES, D. S et al. Biomass of primary and secondary vegetation in Rondônia, Western Brazilian Amazon. **Global Change Biology**, v.3, p.451-461, 1997.

AREVALO, L. A; ALEGRE, C. J; e VILCAHUAMAN L. J. M. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra, Colombo - PR**: Embrapa Florestas, 2002.

AZEVEDO, C. P. 2006. **Dinâmica de florestas submetidas a manejo na Amazônia Oriental: experimentação e simulação**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná. 254 pp.

AZEVEDO, C. P.; SANQUETTA, C. R.; SILVA, J. N. M.; MACHADO, S. A. 2008. Efeito de diferentes níveis de exploração e de tratamentos silviculturais sobre a dinâmica da floresta remanescente. **Floresta**, 38 (2): 277-293.

BALIEIRO, M. R; ESPADA, A. L. V.; NOGUEIRA, O.; PALMIEIRI, R.; LENTINI, M. As Concessões de Florestas Públicas na Amazônia Brasileira: Um manual para pequenos e médios produtores florestais. 2a edição. Piracicaba: **Imaflora**, SP; Belém: IFT, PA, 2010. 204p.

BARBOSA, R. N., SILVA, A., NEVES, M., GALVÃO, A. d., & NETO, C. (2013). Produção e Sequestro de Carbono na Atmosfera. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico, 9, 1783-1798

BARRETO, P., SOUZA JR., C., NOGUERON, R., ANDERSON, A., SALOMAO, R., 2005. Pressão Humana na Floresta.

BARROS, A.C.; Uhl, C. Logging along the Amazon river and estuary: patterns, problems and potential. **Forest Ecology and Management**, v.77, n.1/3, p.87-105, Sept.1995.

BOLTZ, F.; HOLMES, T.P.; CARTER, D.R. Economic and environmental impacts of conventional and reduced-impact logging in Tropical South America: a comparative review. **Forest Policy and Economics**, v. 5, n. 1, p. 69-81, 2003.

BONFIM, S. L. do et al. The potential of the public forests concession for the socioeconomic development and generation of employment in the Legal Amazon. **Revista do Serviço Público**. Brasília, DF, v. 67, n. 4. 2016.

BRANDÃO, A., e C. SOUZA JR. 2006. Mapping Endogenous Roads with Landsat Images: A New Tool to Improve the Monitoring of the Brazilian Amazon Rainforest. **International Journal of Remote Sensing** 27(1): 177-189.

BRASIL. Casa Civil. Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965, Institui o novo Código Florestal. **Diário oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, Seção 1, 1965.

BRASIL. Casa Civil. Lei nº 11.284, de 02 de março de 2006, Decreto nº 5975, de 30 de novembro de 2006 & Instrução Normativa nº 05, de 11 de dezembro de 2006. **Diário oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, Seção 1, 1965.

BRASIL. Casa Civil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o novo Código Florestal. **Diário oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo**, Brasília, DF.

BRAZ, E.M., MATTOS, P.P. de, 2010. **Subsídios para o Planejamento do Manejo de Florestas Tropicais da Amazônia**.

BRAZ, E.M., MATTOS, P.P. de, 2015. Manejo De Produção Em Florestas Naturais Da Amazônia: Mitos E Verdades. **Rev. Nativ.** 3, 292–295. doi:10.14583/2318-7670.v03n04a12

CAMPOS, C. H. **O processo de implementação das concessões florestais no Brasil: de março de 2006 a dezembro de 2010**. 2011. 127 f. Monografia (Curso de Especialista em Gestão Pública Ambiental) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

CAREY, E. V.; BROWN, S.; GILLESPIE, A. J. R.; LUGO, A. E. Tree mortality in mature lowland tropical moist and tropical lower montane moist forests of Venezuela. **Biotropica, Lawrence**, v. 26, n. 3, p. 255-265, 1994.

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, F. V. The Brazilian position on forests and climate change from 1997 to 2012: from veto to proposition. **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 55, n. SPE, p. 144-169, 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-73292012000300009&script=sci_arttext> Acesso em 08jan. 2021.

CHAVE, J.; COOMES, D.; JANSEN, S.; LEWIS, S.L.; SWENSON, N. G. & ZANNE, A.E. 2009. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters** 12 (4): 351-366.

CHAVE, J.; MÉCHAIN, M. R.; BÚRQUEZ, A.; CHIDUMAYO, E.; COLGAN, M. S.; DELITTI, W. B. C.; DUQUE, A.; EID, T.; FEARNSIDE, P. M.; GOODMAN, R. C.; HENRY, M.; YRÍZAR A. M.; MUGASHA, W.; LANDAU, H. C. M.; MENCUCCINI, M.; NELSON, B. W.; NGOMANDA, A.; NOGUEIRA, E. M.; MALAVASSI, E. O.; PÉLISSIER, R.; PLOTON, P.; RYAN, C. M.; SALDARRIAGA, J. G.; VIEILLEDENT, G. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology**, p 3177– 3190, 2014.

CHAZDON, R.L., 2012. Regeneração de florestas tropicais. Bol. do Mus. Para. **Emílio Goeldi. Ciências Nat.** 7, 195–218.

CLARK, J.S.; BECKAGE, B.; CAMILL, P.; CLEVELAND, B.; HILLERISLAMBERS, J.; LICHTER, J.; MCLACHLAN, J.; MOHAN, J.; WYCKOFF, P. 1999. Interpreting recruitment limitation in forests. **American Journal of Botany**. 86 (1) 1-16.

DALLING, J.W., HUBBELL, S.P., SILVERA, K., 1998. **Seed dispersal, seedling establishment and gap partitioning among tropical pioneer trees**. *J. Ecol.* 86, 674–689. doi:10.1046/j.1365-2745.1998.00298.x

DAVIDSON, E. A.; ARAUJO, A. C.; ARTAXO, P.; BALCH, J. K.; BROWN, I. F.; BUSTAMANTE, M. M. C.; COE, M. T.; DEFRIES, R. S.; KELLER, M.; LONGO, M.; MUNGER, J. W.; SCHROEDER, W.; SOARES-FILHO, B. S.; SOUZA JR, C. M.; WOFSY, S. C. 2012. The Amazon basin in transition. **Nature**, 481: 321 - 328.

DELANEY, M. et al. The distribution of organic carbon in major components of forests located in five life zones of Venezuela. **Journal of Tropical Ecology**, v. 13, p. 697-708, 1997.

EMBRAPA. 1997. **Curso de Manejo Florestal Sustentável**. CNPF, Curitiba, Paraná. 201 pp. Good, J.; Lawson, G.; Stevens, P. Natural environment. Bangor: SHELL/WWF. Tree Plantation Review, 1993. 134 p. (Study, 8)

FEARNSIDE, P.M. 2008. **Mudanças climáticas globais e a floresta amazônica**. pp. 131-150. In: *Biologia e Mudanças Climáticas Globais no Brasil*. Marcos S. Buckeridge (ed.), RiMa Editora, São Paulo, Brasil. 295pp.

FINOL, V. H. 1971. Nuevos parametros a considerarse em el analisis estrutural de las selva virgenes tropicales. **Revista Florestal Venezolana**. Merida V. 14, n 21, p. 24-42.

FRANCEZ, L. M. B.; CARVALHO, J. O. P.; BATISTA, F. J.; JARDIM, F. C. S.; RAMOS, E. M. L. S. 2013. Influência da exploração florestal de impacto reduzido sobre as fases de desenvolvimento de uma Floresta de Terra Firme, Pará, Brasil. **Ciência Florestal**, v.23, n.4, p.743-753.

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**, v. 26, n. 5, p. 559-566, 2002.

GOUVELLO, C. de. **Estudo de baixo carbono para o Brasil**. Brasília, DF: Banco Mundial, 2010. 278 p. Contribuições: CENEA, CETESB, COPPE-UFRJ, CPTEC/INPE, EMBRAPA, UFMG, ICONE, INICIATIVA VERDE, INT, LOGIT, PLANTAR, UNICAMP, USP.

GRAAF, N. R. de. **A Silvicultural System for Natural Regeneration of Tropical Rain Forest In Suriname**. Wageningen: Agricultural Universty Wageningen, 1986.

GREENPEACE. 2001. **Partners in Mahogany Crime: Amazon at the Mercy of ‘Gentlemen’s Agreements**. Greenpeace. Amsterdam, Holanda. Disponível em: <http://archive.greenpeace.org/forests/reports/Mahoganyweb.pdf>. Acesso em: 08 de jul. 2019.

GOOD, J.; LAWSON, G.; STEVENS, P. **Natural environment**. Bangor: SHELL/WWF. Tree Plantation Review, 1993. 134 p. (Study, 8)

HIGUCHI, F. G. **Dinâmica de volume e biomassa da floresta de terra firme do Amazonas**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

HIGUCHI, N. 1987. **Short-Term growth of on undisturbed tropical moist forest in the Brazilian Amazon**. PhD Thesis, Michigan State University, Michigan, United States. 129 pp.

HIGUCHI, N., 1994. **Utilização e manejo dos recursos madeireiros, Histórico do MFS 24, 275–288**.

HIGUCHI, N.; CARVALHO JÚNIOR, J. A. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: **Seminário Emissão x Sequestro de CO₂ – Uma Nova Oportunidade de Negócios para o Brasil**, 1994, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p. 125-145.

HIRAI, E. H.; CARVALHO, C. J. R.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; QUEIROZ, W. T. Efeito da exploração florestal de impacto reduzido sobre a regeneração natural em uma floresta densa de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 95, p. 306-315, 2012.

HOSOKAWA, R.T. 1984. **Introdução ao manejo de florestas naturais em regime de rendimento sustentado**. UFPR. 27p.

HOUGHTON, R.A. et al. Fluxos anuais de carbono por desmatamento e rebrota na Amazônia brasileira. **Nature**, v. 403, n. 6767, pág. 301-304, 2000.

HULLER, A.; RAUBER, A.; WOLSKI, M.S.; ALMEIDA, N.L.; WOLSK, S.R.S. Regeneração natural do componente arbóreo e arbustivo do Parque Natural Municipal de Santo Ângelo-RS. **Revista SBAU**, v. 6, n. 1, p. 25-35, 2011.

IPCC, 2018. **Intergovernmental Panel on Climate Change. Global Warming of 1.5 °C**, Resumo Técnico, Disponível em <<https://www.ipcc.ch/sr15/>>, Acesso em 25 fev, 2019.

IPCC. 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Contribución del Grupo de Trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático**. Technical summary. Disponível em <<http://www.ipcc.ch>>. Acesso em 02 set. 2019.

ITTO (2006). International Tropical Timber Organization. **Status of Tropical Forest Management 2005**. ITTO Technical Series Mo. 24, ITTO, Yokohama, Japan.

JARDIM, D. G. et al. Regeneração natural em formações florestais de uma Unidade de Conservação, Maracanã, Pará, Brasil. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 3, n. 2, p. 79-87, 2013.

JOHNS, J, S.; BARRETO, P.; UHL, C. **Os danos da exploração de madeira com e sem planejamento na Amazônia Ocidental**. Belém: IMAZON, 1998. 40p. (Série Amazônia, 16)

JUNIOR, R. T. et al. Estrutura de custos do manejo de baixo impacto em florestas tropicais, um estudo de caso. **Floresta**, v. 35, n. 1, 2005.

LAMPRECHT, H. (1990). **Silvicultura nos Trópicos**. Cooperação Técnica-RFA. Eschborn.343 p.

LENTINI, M., A. VERÍSSIMO e L. SOBRAL. 2003. **Fatos Florestais da Amazônia 2003**. Imazon, Belém, Brasil. Disponível em: http://www.imazon.org.br/upload/im_livros_002.pdf. Acesso em: 09 de jul. 2019.

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.

LIMA, J.A.N.et al. Allometric models for estimating above- and below-ground biomass in Amazonian forests at São Gabriel da Cachoeira in the upper Rio Negro, Brazil. **Forest Ecology and Management**, [S.I.], v. 277, p. 163–172, 2012.

LOPES, J. F. B. **Dinâmica da biomassa aérea e remanescente em área de plano de manejo na Floresta Tropical Seca, Caatinga**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará, 2018.

MACPHERSON, A. J.; Carter, D. R.; Schulze, M. D.; Vidal, E.; Lentini, M. W. 2012. **The sustainability of timber production from Eastern Amazonian forests**. *Land Use Policy*, 29: 339-350.

MARTINS, S.S., COUTO, L., MACHADO, C.C., SOUZA, A. L., 2003. Efeito da exploração florestal seletiva em uma floresta estacional semidecidual. **Rev. Árvore** 27, 65–70. doi:10.1590/S0100-67622003000100009

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.

MILLER, S. D.; GOULDEN, M. L.; HUTYRA, L. R.; KELLER, M.; SALESKA, S. R.; WOFSEY, S. C.; FIGUEIRA, A. M. S.; ROCHA, H. R.; CAMARGO, P. B. 2011. **Reduced impact logging minimally alters tropical rainforest carbon and energy exchange**. *Proceedings of National Academic Sciences* 108 (48): 19431-19435.

NOBRE, C. A. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência & Cultura**, São Paulo, v. 59, n. 3, 2007.

NOWAK, D. J.; CRANE, D. E. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. **Environmental Pollution**, 116:381-389, 2002.

OLIVEIRA, L. C. **Efeito da exploração da madeira e de diferentes intensidades de desbaste sobre a dinâmica da vegetação de uma área de 136 ha na Floresta Nacional do Tapajós**. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, Piracicaba, São Paulo, 2005.

PEREIRA, I. M.; ANDRADE, L. A.; COSTA, J. R. M.; DIAS, J. M. Regeneração natural em um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste paraibano. **Acta Botânica Brasileira**, v. 15, n. 3, p. 413-426. 2001.

PMFS/Mil Madeiras. **Plano de Manejo Florestal Sustentável da Mil Madeiras Preciosas/PWA**. IX Reformulação. Itacoatiara/AM, 2019.

RADAMBRASIL. **Propagação de Interação Nacional, Levantamentos de Recursos Naturais IV**- Vegetação, Manaus: DNPM, Ministério das Minas e Energia, v. 18. p. 747, 1978.

RIBEIRO, J. E. L. S.; HOPKINS, M. J. G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C. A.; COSTA, M. A. S.; BRITO, J. M.; SOUZA, M. A. D.; MARTINS, L. H.; LOHMANN, L. G.; ASSUNÇÃO, P. A.; PEREIRA, E. C.; SILVA, C. F.; MESQUITA, M. R.; PROCÓPIO, L. C. **Flora da Reserva Ducke – Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central**, Manaus: INPA, 816 p, 1999.

RIBEIRO, S. C.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; MATINS, S. V.; NARDELLI, A. M. B.; SOUZA, A. L. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma capoeira da zona da mata mineira. **Revista Árvore**, v. 34, n. 3, p. 495-504, Viçosa-MG, 2010.

ROMERO, F. M. **Contribuição do manejo sustentável em floresta do bioma amazônico para minimização de gases de efeito estufa**. 2018. Tese de Doutorado. Ph. D. Thesis, Forest Science, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, Brazil, 2018. Available online: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/23560/texto%20completo.pdf> (accessed on 3 August 2020).

ROSSI, L.M.B.; Koehler, H.S.; Arce, J.E.; Sanquetta, C.R. 2007. Modelagem de recrutamento em florestas. **Floresta. Curitiba**, Paraná. 37: 453-467.

SANTOS, J. **Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira**. 1996. 121 p. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

SANTOS, N. T.; SILVA, K. E.; RIBEIRO, C. A. A. S.; MARTINS, S. V. Concessões de florestas públicas na Amazônia: desafios para o uso sustentável dos recursos florestais. **Bioikos**, v. 23, n. 2, p. 91-102, 2009.

SCHONGART, J.; JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; AYRES, J. M.; HUTTERMANN, A. Telconnection between Ter Growth in the Amazonia Floodplains and the El Niño-Southern Oscillation Effect, *Glob. **Global Change Biology***, 10: 683-692, 2004.

SCHWARTZ, G., FALKOWSKI, V., PEÑA-CLAROS, M., 2017. Forest Ecology and Management Natural regeneration of tree species in the Eastern Amazon: Short-term responses after reduced-impact logging. **For. Ecol. Manage.** 385, 97–103. doi:10.1016/j.foreco.2016.11.036

SEDJO, R. A. **Sequestro de carbono florestal: algumas questões para investimentos florestais**. 2001.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO/SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS/LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS (SFB/SNIF/LPF). **Banco de dados de espécies de madeiras brasileiras**; Disponível em [<http://sistemas.florestal.gov.br/madeirasdobrasil/resultado.php?idioma=português>]. Acesso em 10 de novembro de 2020.

SILVA, J. N. M. 1989. **The behavior of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging**. PhD Thesis, University of Oxford, Oxford, United Kingdom, 303 pp.

SILVA, J. N. M.; LOPES, J. C. A. **Inventário florestal contínuo em florestas tropicais: a metodologia utilizada pela EMBRAPA/CPATU na Amazônia Brasileira**. Belém, PA: EMBRAPA-PA, 33 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, K. E. DA; SOUZA, C. R. DE; AZEVEDO, C. P. DE; ROSSI, L. M. B. 2015. Dinâmica florestal, estoque de carbono e fitossociologia de uma floresta densa de terra-firme na Amazônia Central. **Scientia Forestalis**, volume 43, n. 105.

SILVA, R. P. **Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM)**. 88f. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais do INPA) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2007.

SILVA, W. F. M. **Florística, dinâmica e estrutura da regeneração natural em floresta explorada na flona do Tapajós-PA**. 2015. 105 f. Dissertação (Ciências de Florestas Tropicais (CFT)) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2015.

SILVEIRA, A. S. **Regeneração natural de espécies comerciais em áreas submetidas ao sistema silvicultural policíclico na Amazônia Central**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, Amazonas.

SOARES, M.G; SILVA, M.F.G.F; FERNANDES, J.B; LAGO, J.H.G. **Interespecific variation in the composition of volatile oils from the leaves of Swietenia macrophylla king (meliaceae)**. Quim. Nova, v. 33, n. 5, p.1141-1144, 2010.

SOMOGYI, Z.; CIENCIALA, E.; MÄKIPÄÄ, R., MUUKKONEN, P.; LEHTONEN, A.; WEISS, P. Indirect methods of large forest biomass estimation. **Europe Journal Forest Research**, February, 2006.

SOUZA, A. L. 1989. **Análise multivariada para manejo de florestas naturais: alternativas de produção sustentada de madeira para serraria**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná. 245 pp.

SOUZA, A. L. SOARES, C. P. B. **Florestas Nativas: Estrutura, Dinâmica e Manejo**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 201; SFB, 2013.

SOUZA, A. L; JARDIM, F. C. S. 1993. **Sistemas silviculturais aplicados às florestas tropicais**. Universidade Federal de Viçosa/SIF, Viçosa, Minas Gerais. (Documento SIF, 8). 126 pp.

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

SOUZA, F. C. **Dinâmica de uma floresta de terra firme na estação experimental de silvicultura tropical, Manaus-Amazonas.** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas tropicais) -Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas.

SOUZA, M.A.S., C.P. AZEVEDO, C.R. SOUZA, M. FRANÇA and M. NETO, 2017. Dinâmica e produção de uma floresta sob regime de manejo sustentável na amazônia central. **Floresta**, 47(1): 55-63.

STAS S.M., RUTISHAUSER E., CHAVE J., ANTEN N., LAUMONIER Y. 2017. Estimating the aboveground biomass in an old secondary forest on limestone in the Moluccas, Indonesia: Comparing locally developed versus existing allometric models. **Forest Ecology and Management** 389: 27-34.

VASCONCELOS, R.S.; AZEVEDO, C.P.; SOUZA, C.R.; CARREIRE, M.B.F.; VASCONCELOS NETO, E.L. 2016. Dinâmica do carbono em uma floresta manejada comercialmente no Amazonas. **Floresta**, Curitiba, PR, 46 (2): 197–205.

VIEIRA, D. C. M; GANDOLFI, S. Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas em uma floresta em processo de restauração. **Revista Brasileira Botânica**, v. 29, n. 4, p. 541-554, 2006.

ZAMPAR, R. **Contribuição da criação de uma unidade de conservação no sequestro de carbon atmosférico.** Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) -Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2009.