

FLORA MAGDALINE BENITEZ ROMERO

**CONTRIBUIÇÃO DO MANEJO SUSTENTÁVEL EM FLORESTA DO BIOMA
AMAZÔNICO PARA MINIMIZAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

B467c
2018 Benitez Romero, Flora Magdaline, 1981-
Contribuição do manejo sustentável em floresta do bioma
amazônico para minimização de gases de efeito estufa / Flora
Magdaline Benitez Romero. – Viçosa, MG, 2018.
viii, 81f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Sequestro de carbono. 2. Alometria. 3. Florestas -
Manejo. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação em Ciência
Florestal. II. Título.

CDO adapt CDD 22. ed. 634.916132

FLORA MAGDALINE BENITEZ ROMERO

**CONTRIBUIÇÃO DO MANEJO SUSTENTÁVEL EM FLORESTA DO BIOMA
AMAZÔNICO PARA MINIMIZAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 23 de outubro de 2018.



Edson José Vidal da Silva



Ricardo de Oliveira Gaspar



Helio Garcia Leite



Carlos Moreira Miquelino Eleto Torres
(Coorientador)



Laércio Antônio Gonçalves Jacovine
(Orientador)

A Deus, pela vida e pelas oportunidades que colocou em meu caminho.

Ao meu amado pai, Gabino Benitez, *in memoriam*.

À minha amada filha, Ivana, que é a força que me impulsiona a seguir adiante

À minha amada mãe, Nicasia Romero Florez, pela força e apoio constante.

À minha querida irmã Licet Benitez Romero por ser meu suporte nos últimos anos da tese.

À minha família toda, e meus irmãos Richard, Natali e Mirta.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por tudo o que tem feito por mim, ajudando-me a enfrentar novas experiências no Brasil e nos Estados Unidos. À Universidade Federal de Viçosa, por ser minha segunda casa, onde adquiri novos conhecimentos.

Ao Prof. Dr. Laércio Antônio Gonçalves Jacovine, meu orientador, por confiar em mim e me dar seu apoio incondicional na execução da pesquisa, levantamento das informações no Estado do Acre e elaboração da tese de doutorado, me guiando e orientando em focar no trabalho da pesquisa. A ele, meu agradecimento por todo o apoio e pelos conselhos acadêmicos e ensino permanente.

A Profa. Dra. Sabina Cerruto Ribeiro, minha coorientadora, por me dar seu apoio incondicional e confiança para realizar a presente pesquisa, um dos logros alcançados é o resultado deste trabalho. A ela, meu agradecimento por ser constante nos ensinamentos e ser minha amiga.

A Profa. Dra. Christina L Staudhammer, minha coorientadora, nos Estados Unidos, por me dar o apoio incondicional na análise e processamento de dados, dedicando seu tempo para me ensinar. A ela, meu agradecimento por ter me acolhido e ser minha família nos Estados Unidos.

Ao Prof. Dr. Carlos Moreira Miquelino Eleta Torres, por me oportunizar e seguir acreditando que o aprendizado sempre tem que se realizar com dedicação, sempre me aperfeiçoando.

A Empresa Fox Madeiras, pelo apoio logístico e execução do presente estudo.

Aos técnicos e trabalhadores da empresa Fox Madeiras, pela ajuda no levantamento de dados e trabalho de campo.

Ao senhor Gabriel Rodrigues da Costa pelo ajuda e apoio em campo para a presente pesquisa.

Ao meu grande amigo, Jose de Araújo pelo apoio incondicional no levantamento de informação dos dados de campo para a presente pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio e financiamento do Doutorado Sanduiche.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio e financiamento à pesquisa e ao programa de Doutorado Pleno.

À Universidade Federal do Acre, por ser um suporte na execução experimental da tese de doutorado.

Ao Prof. Dr. Moisés Silveira Lobão, por nos apoiar com o laboratório de tecnologia de madeira da Universidade Federal do Acre.

À Profa. Dra. Angélica de Cássia Oliveira Carneiro, por nos apoiar com as análises no laboratório na Universidade Federal de Viçosa.

A todos os professores do linha de Manejo Florestal do Programa em Ciências florestais da Universidade Federal de Viçosa.

Aos meus queridos amigos, por se tornarem meus irmãos em todo momento do curso: Crismeire Isbaex , Lyvia Julienne Sousa Rego, Liniker Fernandes da Silva, Carlos Alberto Araújo Júnior e Vicente Júnior do programa em Ciências Florestais.

Aos meus queridos companheiros de sala de aula, por se tornarem amigos no momento do curso: Bruno Schettini, Paulo Villanova, Samuel Jose a todos meus apreciados colegas da programa em Ciências Florestais 2015 - 2018.

Ao Grupo de Estudos em Economia Ambiental pela oportunidade de aprender, ensinar e compartilhar experiências.

Aos estudantes e amigos, Lana Morais e Joatan Araújo pelo apoio no levantamento dos dados para a presente pesquisa.

A minha amiga Iole Moraes pelo apoio no levantamento dos dados para a presente pesquisa.

À Andressa Rodrigues do Rêgo, por me ajudar na revisão do documento da tese.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2.OBJETIVO GERAL.....	4
2.1. Objetivos específicos.....	4
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	5
ARTIGO 1.....	7
Equações alométricas para estimar volume, biomassa e carbono no fuste de árvores comerciais em uma área sob manejo florestal sustentável no sudoeste da Amazônia brasileira.....	7
1. Introdução.....	8
2. Material e métodos.....	10
2.1. Área de estudo.....	10
2.2. Seleção das árvores-amostra.....	10
2.3. Coleta de dados.....	11
2.4. Análise de amostras no laboratório e preparação dos dados.....	11
2.5. Modelos testados.....	12
3. Resultados.....	14
3.1. Modelos de regressão linear e não linear para volume, biomassa e carbono.....	15
3.3. Análise da distribuição gráfica dos resíduos.....	19
4. Discussão.....	20
4.1. Equações alométricas para a variável de Volume Comercial (VC).....	20
4.2. Equações alométricas para biomassa comercial (BC).....	21
4.3. Equações alométricas para carbono comercial (CC).....	22
5. Conclusões.....	22
6. Referências Bibliográficas.....	23
ARTIGO 2.....	28
Estimativa de volume, biomassa e carbono na parte aérea de espécies comerciais em floresta neotropical.....	28
1. Introdução.....	29
2. Material e métodos.....	31
2.1. Área de estudo.....	31
2.2. Processamento e análises de dados.....	32
3. Resultados.....	33
3.1. Estimativa do volume, biomassa e carbono das árvores com valor comercial na floresta.....	34
4. Discussão.....	36

5. Conclusões.....	40
6. Referências Bibliográficas.....	40
ARTIGO 3.....	59
Avaliação do estoque de carbono nas árvores, toras e produtos madeireiros provenientes de áreas sob manejo florestal sustentável na Amazônia Ocidental brasileira.....	59
Resumo.....	59
1. Introdução.....	60
2. Material e métodos.....	62
2.1. Área de estudo e descrição da serraria.....	62
2.2. Seleção das amostras e coleta de dados.....	62
2.3. Processamento e análises de dados.....	64
3. Resultados.....	66
3.1. Rendimento em volume e carbono da madeira a nível de árvore e fuste comercial.....	68
3.2. Produtos finais desdobrados.....	70
4. Discussão.....	72
5. Conclusões.....	76
6. Referências Bibliográficas.....	76
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80

RESUMO

ROMERO, Flora Magdaline Benitez Romero, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2018. **Contribuição do manejo sustentável em floresta do bioma amazônico para minimização de gases de efeito estufa.** Orientador: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine. Coorientadores: Sabina Cerruto Ribeiro e Carlos Moreira Miquelino Eleto Torres.

Objetivou-se com o estudo avaliar a contribuição do manejo sustentável em floresta do bioma amazônico na minimização da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera e a geração de créditos de carbono no âmbito do mercado regulado ou outras formas de negociação no mercado, bem como, a sua utilização para o cumprimento da NDCs pelo Brasil. O levantamento exploratório da vegetação estudada se encontra em uma área sob manejo florestal sustentável com procedimentos de exploração de impacto reduzido, denominado Modeflora, localizada na região sudeste do estado do Acre. Nesse contexto, com o intuito de responder às incertezas e estimativas do estoque de carbono existente na floresta e sua contribuição no âmbito das mudanças climáticas a tese foi composta por três capítulos específicos. No primeiro artigo objetivou-se ajustar equações alométricas para estimar volume, biomassa e carbono no fuste de árvores comerciais em uma área sob manejo sustentável na região sudeste do estado do Acre, de forma a contribuir para melhoria das estimativas da produção florestal e estoque de carbono. No segundo artigo, objetivou-se estimar o volume, biomassa e carbono na parte aérea de espécies florestais comerciais em uma floresta manejada antes e depois da exploração madeireira na região sudeste do estado do Acre. Estimou-se o volume, biomassa e carbono total (toco, fuste e copa) para as 81 espécies comerciais, sendo que as árvores remanescentes (raras, corte futuro, porta semente ou matriz) e árvores a proteger (protegidas por lei ou proibidas de corte, árvores em área de preservação permanente - APP) permanecerão na floresta, enquanto as árvores exploráveis (ou de corte) sairão do sistema. O foco do terceiro artigo foi avaliar o estoque de carbono nas árvores, toras e produtos madeireiros provenientes de áreas sob manejo sustentável na região sudeste do estado do Acre, Brasil. Portanto, as informações geradas pelos artigos poderão contribuir na geração de argumentos técnicos para que haja a inserção futura do manejo sustentável como atividade passível de gerar créditos de carbono no âmbito do mercado regulado ou outras formas de negociação no mercado, bem como, a sua utilização para o cumprimento da NDCs pelo Brasil.

ABSTRACT

ROMERO, Flora Magdaline Benitez, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2018. **Contribution of sustainable management in amazonian biomes for the minimization of greenhouse effect gases.** Adviser: Laércio Antônio Gonçalves Jacovine. Co-advisers: Sabina Cerruto Ribeiro and Carlos Moreira Miquelino Eleto Torres.

The objective of this study was to evaluate the contribution of sustainable forest management in the Amazonian biome in minimizing the concentration of greenhouse gases in the atmosphere and the generation of carbon credits within the regulated market or other forms of trading in the market, as well as , its use for Brazil's compliance with NDCs. The exploratory survey of the studied vegetation is in an area under sustainable forest management with procedures of exploration of reduced impact, denominated Modeflora, located in the southeast region of the state of Acre. In this context, in order to respond to the uncertainties and estimates of the carbon stock in the forest and its contribution to climate change, the thesis was composed of three specific chapters. In the first article we aimed to adjust allometric equations to estimate volume, biomass and carbon in the stem of commercial trees in an area under sustainable management in the southeastern region of the state of Acre, in order to contribute to the improvement of estimates of forest production and carbon stock . In the second article, the objective was to estimate the volume, biomass and carbon in the aerial part of commercial forest species in a forest managed before and after logging in the southeast region of the state of Acre. Volume, biomass and total carbon (stump, stem and canopy) were estimated for 81 commercial species, with remaining trees (rare, future cut, seed or matrix) and trees to be protected (protected by law or prohibited from cutting, permanent preservation (APP) trees will remain in the forest, while exploitable (or cutting) trees will exit the system. The focus of the third article was to evaluate the carbon stock in trees, logs and wood products from areas under sustainable management in the southeastern region of the state of Acre, Brazil .. Therefore, the information generated by the articles may contribute to the generation of technical arguments for that there is a future insertion of sustainable management as an activity capable of generating carbon credits within the scope of the regulated market or other forms of trading in the market, as well as its use for compliance by NDCs in Brazil..

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil tem sido liderança mundial nas discussões climáticas internacionais, tendo assumido um compromisso voluntário de redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). No ano de 2015, durante a Conferência das Partes COP 21, em Paris, o país anunciou oficialmente a pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (intended Nationally Determined Contribution – iNDC), que entrou em vigor em 2016 e tornou-se um compromisso de contribuição nacional determinada (NDC). O seu objetivo de mitigação é de reduzir as emissões de GEE em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025 e 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. No setor florestal e de mudança do uso da terra, estabeleceu fortalecer políticas e medidas com vistas a alcançar, na Amazônia brasileira, o desmatamento ilegal zero até 2030 e a compensação das emissões de GEE provenientes da supressão legal da vegetação até 2030. Além disso, se comprometeu a restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas até 2030, para múltiplos usos; fortalecer o cumprimento do Código Florestal, em âmbito federal, estadual e municipal e ampliar a escala de sistemas de manejo sustentável de florestas nativas, por meio de sistemas de georeferenciamento e rastreabilidade aplicáveis ao manejo de florestas nativas, com vistas a desestimular práticas ilegais e insustentáveis; (Brasil, 2015; Brasil, 2018).

Nas florestas tropicais, como a floresta amazônica, o manejo sustentável dos recursos florestais além de ser um meio de produzir madeira, possibilita um aumento do sequestro e estoque de carbono da atmosfera pelo aumento da taxa de crescimento da floresta. Dessa forma, as florestas cumprem um papel importante no ciclo do carbono global, uma vez que contribuem para a remoção do dióxido de carbono na atmosfera e, portanto, contribuem para minimizar as mudanças climáticas (Brown, 2002; Fearnside, 2012; Tulasuwan et al., 2012; Chave et al., 2014; Goodman et al., 2014; IPCC, 2016; UN-REDD, 2016).

Por essa razão, existe um grande interesse em monitorar o ciclo do carbono nas florestas tropicais. Além disso, busca-se o aprimoramento de sistemas de pagamentos por serviços ambientais, relacionados ao armazenamento do estoque de carbono na biomassa florestal, com a finalidade de estabilizar as concentrações de dióxido de carbono e outros gases de efeito estufa na atmosfera. Todos esses aspectos vêm sendo considerados em acordos internacionais que buscam a adaptação e mitigação da mudança climática através de tais mecanismos econômicos (Coronado e Baker, 2010; UN-REDD, 2016).

O manejo florestal sustentável é um instrumento importante que vem sendo colocado em prática, especialmente na região amazônica (Rockwell et al., 2007; Ros-Tonen et al.,

2008), como forma de possibilitar às comunidades tradicionais, povos indígenas e sociedade em geral (Elias, 2004; Pokorny e Johnson, 2008; Pokorny e Pacheco, 2014) a obtenção de renda e melhoria das suas condições de vida a partir do uso da floresta de forma ambientalmente correta (Ros-Tonen et al., 2008; Pokorny e Pacheco, 2014).

Entretanto, o manejo florestal sustentável não foi considerado uma prática válida para a geração de créditos de carbono no primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto. Entretanto, este projeto tem como premissa ou hipótese que o manejo sustentável contribui para a minimização da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, já que a floresta retornará ao estoque de biomassa inicial antes da exploração e, parte do carbono que está contido nas árvores exploradas, será retido por vários anos. Esta retenção se dá na forma de móveis, esquadrias (portas e janelas), telhados, escadas, esteios, etc., que podem ser usados por mais de cem anos, conforme relatos. Assim, considerando-se que o manejo sustentável leva a floresta a se tornar um sumidouro e que a madeira retirada não gerará emissões significativas de carbono, essa prática poderia ser elegível na categoria de projetos florestais para pagamentos internacionais por resultados e a permissão de transferência internacional, como forma de cumprimento de metas dos países desenvolvidos. Porém, sabe-se que nem todo o carbono presente na árvore ficará estocado durante grandes períodos. No processo de obtenção do produto final são gerados resíduos (serragem, aparas, partes da árvore danificada, etc.) que geralmente são queimados o que leva o carbono a retornar imediatamente para a atmosfera ou passa pelo processo de degradação (apodrecimento).

Neste sentido, a dúvida existente está justamente em qual é a porcentagem de aproveitamento da madeira, ou seja, para cada metro cúbico de madeira retirada da floresta, qual é a porcentagem que será transformada em produto final e que estocará carbono por vários anos. Além disso, cabe ressaltar que o manejo sustentado das florestas, em geral, gera benefícios ambientais que vão além do estoque de carbono na biomassa florestal, visto que também propicia benefícios socioeconômicos pela geração de emprego e renda.

Como premissa básica tem-se que o manejo sustentável na floresta amazônica traz benefícios diretos para a diminuição da concentração de gases de efeito na atmosfera, quando se compara com a preservação da floresta. Sabe-se que a floresta preservada tem grande importância na manutenção do carbono já estocado na biomassa florestal, mas a adicionalidade, se existir, é pequena. Entretanto, ao intervir na floresta por meio do manejo

sustentável haverá estímulo ao crescimento da floresta, o que leva a uma produção primária positiva, com fotossíntese maior que a respiração. Por esta razão, após alguns anos da exploração, o estoque na biomassa voltar a recuperar naturalmente. Por outro lado, grande parte do carbono estocado nas toras exploradas vai permanecer nos produtos gerados a partir delas por vários anos. A grande dúvida existente e que se pretende esclarecer com este trabalho, é seu potencial desta contribuição.

Neste contexto, objetivou-se com este estudo avaliar a contribuição do manejo sustentável em floresta do bioma amazônico para a minimização da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera e a geração de créditos de carbono no âmbito do mercado regulado ou outras formas de negociação no mercado, bem como, a sua utilização para o cumprimento da NDCs pelo Brasil.

Para atender estes objetivos, o trabalho foi dividido em três artigos, conforme descrito a seguir.

Artigo 1: Equações alométricas para estimar volume, biomassa e carbono no fuste de árvores comerciais em uma área sob manejo florestal sustentável no sudoeste da Amazônia brasileira

Artigo 2: Estimativa de volume, biomassa e carbono na parte aérea de espécies comerciais em floresta neotropical

Artigo 3: Avaliação do estoque de carbono nas árvores, toras e produtos madeireiros provenientes de áreas sob manejo florestal sustentável na Amazônia Ocidental brasileira

2.OBJETIVO GERAL

Avaliar a contribuição do manejo sustentável em floresta do bioma amazônico para a minimização da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera e a geração de créditos de carbono no âmbito do mercado regulado ou outras formas de negociação no mercado, bem como, a sua utilização para o cumprimento da NDCs pelo Brasil.

2.1. Objetivos específicos

- Gerar equações alométricas para estimar o estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma área sob manejo sustentável
- Quantificar a biomassa acima do solo da floresta manejada antes e depois da exploração madeireira
- Determinar o estoque de carbono em toras e produtos madeireiros provenientes de áreas sob manejo sustentável.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brasil, 2015. República federativa do Brasil pretendida contribuição nacionalmente determinada para consecução do objetivo da convenção-quadro das nações unidas sobre mudança do clima. http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf (Acessado em 13 de outubro de 2018).

Brasil. Ministério do Meio Ambiente, 2009. Discussões para implementação da NDC do Brasil. <http://www.mma.gov.br/component/k2/item/15137-discuss%C3%B5es-para-implementa%C3%A7%C3%A3o-da-ndc-do-brasil.html> (Acessado em 13 de outubro de 2018).

Coronado, ENH., Baker, TR, 2010. Manual para el monitoreo del ciclo del carbono em bosque amazónico. Lima: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Universidad de Leed. Lima. 54p.

Chave, J., Rejou-Mechain, M., Burquez, A., Chidumayo, E., Colgan, S.M., Delitti, B.C. W., Duque, A., Eid, T., Fearnside, M.P., Goodman, C.R., Matieu, H., Martínez-rizar, A., Mugasha, A.W., Muller-Landau, C.H., Mencuccini, M., Nelson, W.B., Ngomanda, A., Nogueira, M.E., Ortiz-Malavassi, E., Pelissier, R., Ploton, P., Ryan, M.C., Juan, G., Saldarriaga, G.J., Vieilledent, G., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical. *Global Change Biology*, 20, 3177–3190. <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>

Elias, E., 2004. The Tarapoto process: establishing criteria and indicators for the sustainable management of Amazon forests. *Unasylva* 218, 47-52.

Fearnside, PM, 2012. Brazil's Amazon forest in mitigating global warming: unresolved controversies. *Climate Policy*, 12:1, 70–81. <https://doi.org/10.1080/14693062.2011.581571>

Goodman RC., Phillips OL, Baker, TR, 2014. The importance of crown dimensions to improve tropical tree biomass estimates. *Ecological Applications*, in press, 24(4): 680–698. <https://doi.org/10.1890/13-0070.1>

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2018: The Physical Science Basis*, 2003. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Frontmatter_FINAL.pdf (Acessado em 13 de outubro de 2018).

Pokorny, B, Johnson, J, 2008. *Community Forestry in the Amazon: the Unsolved Challenge of Forests and the Poor*. ODI Natural Resource Perspectives 112. ODI, London.

Pokorny, B, Pacheco, P, 2014. Money from and for forests: A critical reflection on the feasibility of market approaches for the conservation of Amazonian forests. *Journal of Rural Studies* 36:441-452. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2014.09.004>

Rajão R., Krug, T., Doningues, E., Filho-Soares, B. Financiamento da conservação e restauração de florestas no Brasil: desafios e oportunidades. <http://redd.mma.gov.br/images/central-de-midia/pdf/Documentos/Documento-de-referencia-para-debate-1.pdf> (Acessado em 13 de outubro de 2018).

Rockwell, C., Kainer, KA, Marcondes, N, Baraloto, C, 2007. Ecological limitations of reduced impact logging at the smallholder scale. *Forest Ecology and Management* 238:365-374. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.11.002>

Ros-Tonen, MAF., van Andel, T, Morsello, C, Otsuki, K, Rosendo, S, Scholz, I, 2008. Forest-related partnerships in Brazilian Amazonia: There is more to sustainable forest management than reduced impact logging. *Forest Ecology and Management* 256, 1482 - 1497. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.02.044>

Brown, S., 2002. Measuring carbon in forests: current status and future challenges. *Environmental Pollution* 116, 363–372. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00212-3](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00212-3)

Tulyasuwan, N., Henry, M., Secrieru, M., Jonckheere, I., Federici, S. 2012. Issues and challenges for the national system for greenhouse gas inventory in the context of REDD+. *Greenhouse Gas Measurement and Management*, 2: 2-3, 73–83. <https://doi.org/10.1080/20430779.2012.716298>

UN-REDD PROGRAMME: REDD+ ACADEMY. Climate Change and the Role of Forests: Chapter 1-Forest, Carbon Sequestration and Climate Change. 2016. p 18.

ARTIGO 1

Equações alométricas para estimar volumé, biomassa e carbono no fuste de árvores comerciais em uma área sob manejo florestal sustentável no sudoeste da Amazônia brasileira.

Resumo: A Amazônia ocidental é caracterizada por formações florestais densas, de natureza rica e diversificada. Sua importância ecológica é fundamental para a conservação global e para o manejo florestal sustentável dos reservatórios de biodiversidade e de carbono. Existem poucos estudos de equações alométricas desenvolvidas para o sudoeste da Amazônia brasileira. Nesse contexto, objetivou-se ajustar equações alométricas para estimar o estoque volumétrico, de biomassa e carbono no fuste de árvores comerciais em uma área sob manejo sustentável na região sudeste do estado do Acre, Brasil, contribuindo para as estimativas da produção florestal e carbono. 223 árvores de 18 gêneros e 9 famílias foram abatidas e rigorosamente cubadas usando a fórmula de *Smalian*. Vinte e quatro modelos foram testados para o desenvolvimento das equações. As variáveis independentes que compõem os modelos foram: diâmetro a 1,30m (DAP), altura comercial (HC), densidade básica da madeira (DEN) e teor de carbono (TC). Para cada variável dependente volume, biomassa e carbono calculou-se o coeficiente de variação. Para a seleção do melhor modelo foi usada as estatísticas: coeficiente de determinação múltipla (R^2), erro médio quadrático (RMSE), análises gráficas dos resíduos, critério de informação Akaike (AIC) e desvio médio absoluto o total de erros (DAM). O melhor ajuste para a estimativa de volume da parte aérea individual com as variáveis DAP e HC foi obtido com modelo de Schumacher-Hall (1933; linearizado) (RMSE = 1,641, $R^2 = 0.833$, AIC = 858.71, DAM = 1.059). Para biomassa, a equação de melhor ajuste com as variáveis explicativas DAP, HC e DEN, foi o de Loetsch et al. (1973) (RMSE = 1,047, $R^2 = 0.855$, AIC = 658.12, DAM = 0.609) e para carbono, a equação de melhor ajuste com as variáveis explicativas DAP, HC, DEN e TC, foi o de denominado Loetsch et al. (1973; modificado PT2) (RMSE = 0,530, $R^2 = 0,85$, AIC = 355,15, DAM = 0.304). Em ambos os casos é aplicável para a faixa de diâmetro (50 a 150 cm). Portanto, a utilização de equações alométricas para volume, biomassa e carbono para espécies comerciais mistas permitirá a redução dos erros em modelos impróprios e, geração de estimativas com maior exatidão, para a quantificação dos estoques de madeira, biomassa e carbono da floresta no sudoeste da Amazônia brasileira.

Palavras-chave: Espécies comerciais, modelos alométricos, estoque de madeira, floresta amazônica, regressão linear, mudanças climáticas.

Allometric equations to estimate the volumetric, biomass and carbon stock in the commercial tree stand in an area under sustainable management in the southwest of the Brazilian Amazon

Abstract: The western Amazon is characterized by dense forest formations of rich and diverse nature. Its ecological importance is fundamental to the global conservation and sustainable management of biodiversity and carbon reservoirs. There are few studies of allometric equations developed for the southwest of the Brazilian Amazon. In this context, the objective was to adjust allometric equations to estimate the volumetric, biomass and carbon stock in the commercial tree stand in an area under sustainable management in the southeastern region of the state of Acre, Brazil, contributing to the estimates of forest and

carbon production. A number of 223 trees of 18 genera and 9 families were slaughtered and rigorously cubed using the Smalian method. Twenty-four models were tested for the development of equations. The independent variables that compose the models were: diameter at 1,30 m (DAP), commercial height (HC), basic wood density (DEN) and carbon content (TC). For each dependent variable volume, biomass and carbon the coefficient of variation was calculated. For the selection of the best model, the following statistics were used: multiple determination coefficient (R^2), mean square error (RMSE), graphical residue analysis, Akaike information criterion (AIC) and absolute mean deviation (DAM). The best fit for the estimation of individual aerial part volume with the DAP and HC variables was the Schumacher-Hall model (1933; linearized) (RMSE = 1.641, R^2 = 0.833, AIC = 858.71, DAM = 1.059). For biomass, the equation of best fit with the explanatory variables DAP, HC and DEN was that of Loetsch et al. (1973) (RMSE = 1.047, R^2 = 0.855, AIC = 658.12, DAM = 0.609) and for carbon, the best fit equation with the explanatory variables DAP, HC, DEN and TC was that of Loetsch et al. (1973; modified PT2) (RMSE = 0.530, R^2 = 0.85, AIC = 355.15, DAM = 0.304). In both cases it is applicable for the diameter range (50 to 150 cm). Therefore, the use of allometric equations for volume, biomass and carbon for mixed commercial species will allow the reduction of errors in improper models and the generation of more accurate estimates for the quantification of forest wood, biomass and carbon stocks in the southwest of Brazilian Amazon.

Keywords: Commercial species, allometric models, wood stock, Amazonian forest, linear regression, climatic changes.

1. Introdução

O manejo florestal sustentável na Amazônia é um instrumento importante para possibilitar às comunidades tradicionais e a sociedade em geral (Elias, 2004; Pokorny e Johnson, 2008; Pokorny e Pacheco, 2014) a obtenção de renda e melhoria das suas condições de vida a partir do uso da floresta de forma ambientalmente correta (Ros-Tonen et al., 2008; Pokorny e Pacheco, 2014).

Além disso, o manejo sustentável pode ser uma alternativa importante para a redução da concentração do dióxido de carbono na atmosfera e, assim, contribuir para a mitigação das mudanças climáticas (Chave et al., 2005; Silveira et al., 2008; IPCC, 2018). A remoção ocorrerá nos indivíduos com idade jovem, pós colheita mediante a regeneração de indivíduos a emergir via crescimento pela abertura do dossel e boas práticas de implementação de impacto reduzido (exploração sustentável) (Sampaio et al., 2009; Vidal et al., 2016; SFB, 2017). Dessa forma, é importante incluir nos planos de manejo sustentável a quantificação da biomassa e carbono florestal para evidenciar a magnitude dessa contribuição do manejo para a mitigação do aquecimento global (Chave et al., 2005; Goodman et al., 2014; Chave et al., 2014). A estimativa do volume e dos estoques de biomassa e carbono possibilitam a análise do potencial produtivo das florestas em curto e longo prazo (Spurr, 1952; Houghton 2003; Grace 2004; Chave et al., 2005; Silveira et al., 2007; Soares et al., 2012; Ribeiro et

al., 2014). Para isso, podem ser usados modelos alométricos com as variáveis independentes, individuais ou combinadas, diâmetro a altura do peito, altura total e densidade da madeira (Overman et al., 1994; Nelson et al., 1999; Chambers et al., 2001b; Chave et al., 2004; Chave et al., 2005; Basuki et al., 2009; Djomo et al., 2010; Goodman et al., 2014; Chave et al., 2014).

No manejo sustentável comumente é feito o ajuste de modelos volumétricos para a obtenção de equações para estimar o volume das espécies exploradas. Isso é feito para atender à exigência legal (Resolução Conama nº 406) de apresentar, a partir do segundo plano operacional anual (POA), equações de volume desenvolvidas especificamente para a floresta que está sendo manejada (Brasil, 2009). No que se refere a biomassa e carbono, não há normativa legal que preveja a obtenção de equações específicas para estimar esses parâmetros.

Na literatura existem alguns exemplos de equações ajustadas para estimar o volume e os estoques de biomassa e carbono na região Amazônica (*e.g.* Fernandes et al., 1993; Higuchi e Ramm, 1985; Nelson et al., 1998; Chambers et al., 2001b; Alvarez et al., 2012; Nogueira et al., 2008a; Chave et al., 2004; Chave et al., 2005; Sampaio et al., 2009; Basuki et al., 2009; Goodman et al., 2014 e Chave et al., 2014). Entretanto, no sudoeste da Amazônia, mais especificamente no estado do Acre, são escassos os estudos publicados que geraram equações para estimar o volume, biomassa e carbono para as florestas locais (Figueiredo et al., 2016; Melo et al., 2017). Considerando que o estado do Acre possui 18 tipologias florestais distintas (Salimon et al., 2011), é de grande importância que sejam geradas equações alométricas específicas para as diferentes florestas existentes no estado.

O uso de equações desenvolvidas para as partes central e sul da Amazônia e equações pantropicais (*e.g.* Higuchi et al., 1998; Chave et al., 2005; Rolim et al., 2006; Nogueira et al., 2008a ; Colpini et al., 2009; Thaines et al., 2010; Goodman et al., 2014; Tonini et al., 2015) nas florestas do estado do Acre podem levar a erros de biomassa estimada (Melo, 2017). Além disso, muitas dessas equações são baseadas em um número de parcelas reduzido, com um grupo de espécies específico e não incluem árvores de grande porte, *i.e.* com diâmetro a altura do peito > 80 cm (Chave et al., 2005; Somogyi et al., 2007; Clark e Kellner, 2012; Goodman et al., 2014; Sileshi, 2014).

Portanto, dispor de equações desenvolvidas para as florestas do estado Acre é fundamental para reduzir as incertezas das estimativas da produção florestal no estado (Melo, 2017). Nesse sentido, objetivou-se no presente estudo ajustar modelos alométricos para estimar o estoque volumétrico, de biomassa e carbono no fuste de árvores comerciais

de uma área sob manejo sustentável no estado do Acre. Dessa forma, espera-se contribuir para a redução de incertezas nas estimativas da produção florestal e verificar a real contribuição do manejo sustentável para a mitigação do aquecimento global no sudoeste da Amazônia brasileira.

2. Material e métodos

2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na Fazenda Antimary I e II (9°23'43'' de latitude Sul e 67°58'50'' de longitude Oeste), localizada na Amazônia Ocidental, no município de Porto Acre, Acre, Brasil. A vegetação é classificada como floresta úmida de terra firme (Higuchi et al., 1998; Whitmore, 1998; Achard et al., 2002; Goodman et al., 2014), com predominância de Floresta Aberta com Bambu + Floresta Aberta com Palmeiras + Floresta Densa (Acre, 2010a; Salimon et al., 2011; Selivon, 2014).

O clima da região é do tipo Am, segundo a classificação de Köppen (Alvares et al., 2014), com temperatura média anual de 24,5°C (Oliveira e Braz, 2006). A precipitação anual varia de 1.750 a 2.250 mm. O período chuvoso se inicia no mês de outubro e vai até maio, sendo o primeiro trimestre do ano o de maior acúmulo de chuvas. O período de estiagem se dá entre os meses de junho a setembro, que é quando ocorrem as atividades de exploração florestal (RADAMBRASIL, 1976; Oliveira e Braz, 2006).

A área de estudo apresenta dois tipos de solos, Argissolo Vermelho e Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (ACRE, 2006; Selivon, 2014). A topografia predominante é plana, com declividade em torno de 5% (RADAMBRASIL, 1976). A variação altimétrica aproximadamente é entre 220 a 300 m acima do mar (Acre, 2010b).

A área sob manejo sustentável avaliada totaliza 1.253,02 ha, sendo 386,02 ha referentes a Área de Preservação Permanente (APP) e 867 ha destinados a área explorável (Selivon, 2014). Na área explorável foi realizado um inventário florestal 100% em maio de 2015 e o Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) foi aprovado em 2016 pelo Instituto de Meio Ambiente do Acre (IMAC).

2.2. Seleção das árvores-amostra

A seleção das espécies a serem amostradas para volume, biomassa lenhosa e densidade da madeira fundamentou-se no Índice de Valor de Cobertura (VC), obtido a partir

de informações provenientes do inventário florestal 100%, no qual foram mensurados todos os indivíduos arbóreos de interesse comercial com diâmetro à 1,30 m de altura (DAP) \geq 50 cm. Os nomes científicos foram confirmados com a Lista da Flora do Brasil 2020 (REFLORA, 2018).

Dessa forma, foram selecionadas as 20 espécies de maior valor de importância, as quais contribuem com 85,9% da área basal total do local. Para determinar o número total de indivíduos amostrados utilizou-se a variável volume. Calculou-se o desvio padrão para posteriormente obter o tamanho da amostra (n) para uma população considerada infinita, pela fórmula: $n = \frac{t^2 * CV^2}{(E\%)^2}$ (sendo n = número de indivíduos amostrados; t = estatística t para, α = 5%; CV = coeficiente de variação e $E\%$ = precisão requerida, 10%). O número de indivíduos amostrados por espécie foi proporcional ao valor da densidade relativa das árvores (Souza e Soares, 2013). Os indivíduos amostrados por espécie foram selecionados considerando-se a distribuição diamétrica das árvores registradas no inventário florestal 100%.

2.3. Coleta de dados

Os indivíduos selecionados foram abatidos na área de manejo florestal. A coleta de dados foi realizada nos pátios temporários. Inicialmente, fez-se a cubagem rigorosa (Soares et al., 2013), com medições nas seções de comprimentos 0,0 m, 0,30 m, 1,0 m e, a partir daí, em seções a cada 2,0 m até atingir o comprimento total da tora comercial. Uma trena foi usada para marcar as seções e com a suta foram mensurados os diâmetros. Posteriormente calculou-se o volume comercial obtido pela fórmula de *Smalian*. Para determinação da densidade da madeira e teor de carbono, foram retirados discos de madeiras em seções da base das toras, conforme o diâmetro e comprimento da árvore. Na classe diamétrica de 80 – 150 cm, foram seccionados a cada 4,30 metros ao longo da tora. Nas classes de menores diâmetros (<79,99 cm) o tamanho das toras foi de 8,30 metros de comprimento. (Goodman et al., 2014).

2.4. Análise de amostras no laboratório e preparação dos dados

Os discos de madeira coletados em campo foram levados para o laboratório e deles foi retirada uma cunha, a qual foi saturada em água por 21 dias e pesada para obtenção do volume saturado pelo método da imersão. Posteriormente, as amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 100 ± 2 °C, até a estabilização do seu peso

seco. A densidade básica da madeira foi determinada por meio da razão entre o peso seco (g) e o seu volume saturado (cm^3). A densidade básica da madeira de cada espécie amostrada foi obtida pela média aritmética das densidades das amostras da mesma espécie (Goodman et al., 2014; Silva et al., 2015). A biomassa foi calculada como sendo o produto entre o volume do fuste comercial e a densidade básica da madeira (Chave et al., 2009; Ln e Wiemann, 2010; Chave et al., 2014). Posterior a isso, fez-se a somatória total das toras para obter a biomassa total em megagramas (Mg). Para a análise elementar do teor de carbono, para cada espécie foram feitas amostras compostas a partir das cunhas de madeira. Essas amostras foram moídas e peneiradas, sendo utilizada a fração que passou pela peneira 200 mesh e ficou retida na de 270 mesh. Amostras de 2 mg foram acondicionadas em cápsulas de estanho e completamente incineradas a 1.200°C em um analisador universal da marca Elementar, modelo Vario Micro Cube. O teor de carbono foi obtido pelo somatório dos elementos e subtraindo o teor de cinzas.

O teor de carbono médio por espécie foi obtido pela média aritmética dos teores de carbono das amostras das mesmas espécies. Para obtenção do estoque de carbono no fuste de cada indivíduo, multiplicou-se a biomassa individual em Mg pelo teor de carbono. Posterior a isso, obteve-se o somatório total do carbono.

2.5. Modelos testados

Para estimar o volume acima do solo (V , m^3), oito modelos lineares e não lineares foram testados sete modelos lineares e não lineares, com as variáveis independentes diâmetro (d , cm) e altura comercial (h , m) na forma individual ou combinada. Três desses modelos passaram por transformação logarítmica (1, 4 e 5), três são modelos lineares (2 e, 3) e três são modelos não lineares (6, 7 e 8; Tabela 1).

Para estimar a biomassa lenhosa acima do solo (B , Mg) foram testados sete modelos, sendo quatro modelos logaritmizados, 2 modelos lineares e 1 modelos não lineares, usando-se as variáveis independentes diâmetro (d , cm), altura (h , m) e densidade básica da madeira (p , g cm^{-3}) na forma individual ou combinadas (Prodan, 1968; Loetsch et al., 1973; Schneider, 1984; Vera, 1994; Chave et al., 2005; Thomas et al., 2006; Chave et al., 2014; Goodman et al., 2014). Para estimar o estoque de carbono (C , Mg) foram testados nove modelos, sendo cinco modelos com transformação logarítmica, três modelos lineares e um modelo não linear. As variáveis independentes usadas foram diâmetro (d , cm), altura (h , m), densidade básica da madeira (p , g cm^{-3}) e teor de carbono (t , dag kg^{-1} ; Tabela 1).

Tabela 1.

Modelos de regressão linear e não linear de simples e dupla entrada para estimar volume, biomassa e carbono no fuste comercial.

N ^o	Modelo Matemático	Designação (Autor)
Volume		
1	$LnV = \beta_0 + \beta_1 lnd + \varepsilon$	Husch (1963; linearizado)
2	$V = \beta_0 + \beta_1 d^2 h + \varepsilon$	Spurr (1952; variável combinada)
3	$V = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 h + \varepsilon$	Modelo linear simples
4	$LnV = \beta_0 + \beta_1 lnd^2 h + \varepsilon$	Spurr (1952; linearizado)
5	$LnV = \beta_0 + \beta_1 lnd + \beta_2 lnh + \varepsilon$	Schumacher-Hall (1933; linearizado)
6	$V = \beta_0 d^{\beta_1} + \varepsilon$	Husch (1963)
7	$V = \beta_0 (d^2 h)^{\beta_1} + \varepsilon$	Spurr (1952)
8	$V = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2} + \varepsilon$	Schumacher e Hall (1933)
Biomassa		
1	$Ln B = \beta_0 + \beta_1 ln(d) + \beta_2 ln(p) + \varepsilon$	Chave et al. (2005)
2	$Ln B = \beta_0 + \beta_1 ln(d^2 h) + \beta_2 ln(p) + \varepsilon$	Loetsch et al. (1973)
3	$Ln B = \beta_0 + \beta_1 ln(d) + \beta_2 ln(h) + \beta_3 ln(p) + \varepsilon$	Schumacher e Hall (1933; linearizado)
4	$Ln B = \beta_0 + \beta_1 ln(d) + \beta_2 ln(h) + \varepsilon$	Schumacher e Hall (linearizado)
5	$B = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 h + \varepsilon$	Modelo linear simples
6	$B = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 h + \beta_3 p + \varepsilon$	Modelo linear simples (modificado PL)
7	$B = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2} p^{\beta_3} + \varepsilon$	Schumacher e Hall (1933; modificado PNL 2018)
Carbono		
1	$Ln C = \beta_0 + \beta_1 ln(d) + \beta_2 ln(h) + \beta_3 ln(p) + \beta_4 ln(t) + \varepsilon$	Schumacher e Hall 1933 (modificado PT)
2	$Ln C = \beta_0 + \beta_1 ln(d^2 h) + \beta_2 ln(p) + \beta_3 ln(t) + \varepsilon$	Loetsch et al. (1973; modificado PT1)
3	$Ln C = \beta_0 + \beta_1 ln(d^2 h) + \beta_2 ln(p.t) + \varepsilon$	Loetsch et al. (1973; modificado PT2)
4	$C = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 h + \beta_3 p + \beta_4 t + \varepsilon$	Modelo linear simples (modificado PTL)
5	$C = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 h + \beta_3 p$	Modelo linear simples (modificado PL)
6	$C = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 h + \varepsilon$	Modelo Linear Simples
7	$Ln C = \beta_0 + \beta_1 lnd + \beta_2 lnh + \beta_3 lnp + \varepsilon$	Schumacher e Hall (1933; Log form PL)
8	$Ln C = \beta_0 + \beta_1 lnd + \beta_2 lnh + \varepsilon$	Schumacher e Hall (1933; Log form)
9	$C = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2} p^{\beta_3} t^{\beta_4} + \varepsilon$	Schumacher e Hall (1933; modificado PTNL 2018)

Em que: número de modelos (N^o), coeficientes da regressão (β), diâmetro (d), altura (h), densidade básica da madeira (p) e teor de carbono (t); Descrição de designação do autor (PL; densidade básica da madeira/linear), (PNL; densidade da madeira/não linear), (PTL; densidade da madeira, teor de carbono/linear), (PTNL; densidade básica da madeira, teor de carbono/não linear)

O ajuste dos modelos alométricos para estimar o volume, biomassa e carbono foi feito usando-se o método dos mínimos quadrados (MMQ; Draper e Smith, 1981; Chave et al., 2005; Selishi, 2014). Para as equações logarítmicas, os valores estimados foram convertidos para unidades métricas para possibilitar a comparação com as demais equações ajustadas. Um fator de correção (CF), baseado no erro médio quadrático (RMSE), e dado por $CF = \exp\left(\frac{RMSE^2}{2}\right)$ foi usado nessa conversão para remover o viés associado a discrepância logarítmica (Baskerville 1972; Chave et al., 2005; Chave et al., 2014; Goodman et al., 2014).

A seleção da melhor equação linear para estimar o volume, biomassa e carbono foi feita com base nos seguintes indicadores (testes estatísticos): Coeficiente de determinação (R^2) que é dado por $R^2 = \frac{SQReg}{SQTotal}$, é uma medida resumida que diz quanto a linha de regressão amostral ajusta-se aos dados, ou seja, mede a qualidade do ajustamento de uma linha de regressão; Erro Médio Quadrático (RMSE), dado por $RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_i - F_i)^2}$, que amplifica e penaliza com maior força os erros de maior magnitude; desvio absoluto médio (DAM) que é dado por: $DAM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - m(x)|$ e representa a média dos desvios absolutos de um ponto central. Esse último é um erro médio da estimativa e funciona como um indicador de exatidão das estimativas de volume, biomassa e carbono geradas para as árvores individuais (Nelson et al., 1998; Chave et al., 2005; Gujarati e Porter, 2011; Chave et al., 2014; Goodman et al., 2014). Para a seleção das melhores equações ajustadas não-lineares foram usados o RMSE e o DAM.

Avaliou-se a distribuição gráfica dos resíduos para as variáveis dependentes. Os mesmos foram calculados subtraindo a variável observada em campo pela variável estimada por meio da equação. Sendo assim, resíduos positivos implicam que a variável dependente naquele ponto foi subestimada, caso contrário, superestimada.

A melhor equação ajustada, independentemente de ser linear ou não-linear, foi selecionada usando-se o critério de informação de Akaike (AIC) que é dado por $AIC = -2\ln(L) + 2p$ e baseia-se no critério de verossimilhança penalizada do modelo utilizado, sendo que quanto menor for o valor do AIC, melhor será considerada a equação (Akaike, 1974; Chave et al., 2005; Gujarati e Porter, 2011; Sola et al., 2012; Chave et al., 2014). Todas as análises estatísticas foram feitas utilizando o programa estatístico R, versão 3.4.21 (R Core Team, 2017).

3. Resultados

Duzentos e vinte e três árvores comerciais foram cubadas, representando 20 espécies, 18 gêneros e 9 famílias. A variação do diâmetro entre 50,4 e 149,9 cm. A densidade básica da madeira variou de 0,29 a 0,82 g cm⁻³ com uma média de 0,56 (Tabela 2).

Tabela 2

Lista das vinte espécies utilizadas no ajuste das equações de volume, biomassa e carbono para uma área de manejo florestal sustentável no estado do Acre, Brasil.

Rótulos de Linha	Nº, Arv,	Min, DAP	Max, DAP	DAP (cm)	DBM ^a (g cm ⁻³)
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	7	54,7	79,3	65,8	0,64
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J,F,Macbr,	13	64,3	130,5	95,7	0,77
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	6	52,6	96,4	62,7	0,82
<i>Barnebydendron riedelii</i> (Tul.) J,H,Kirkbr,	5	66,8	85,9	77,0	0,57
<i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aubl.) R,A,Howard	9	50,4	89,1	70,7	0,69
<i>Castilla ulei</i> Warb,	37	56,7	121,0	79,7	0,41
<i>Cedrela odorata</i> L,	8	57,3	118,1	70,7	0,43
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn,	4	99,9	149,9	130,2	0,29
<i>Ceiba samauma</i> (Mart.) K,Schum,	22	66,5	111,4	78,9	0,51
<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	6	78,9	136,9	97,8	0,52
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd,	11	70,0	123,5	90,4	0,80
<i>Eschweilera bracteosa</i> (Poepp, ex O,Berg) Miers	15	54,1	95,5	68,1	0,65
<i>Eschweilera grandiflora</i> (Aubl.) Sandwith	13	55,4	111,4	76,4	0,73
<i>Ficus insipida</i> Willd,	4	74,8	99,9	82,5	0,35
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S,Grose	8	50,9	78,0	61,8	0,82
<i>Hura crepitans</i> L,	6	74,9	121,0	96,5	0,36
<i>Hymenaea courbaril</i> L,	8	66,2	121,0	93,5	0,76
<i>Parkia paraensis</i> Ducke	20	51,2	149,6	86,9	0,46
<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby	16	50,9	89,1	62,8	0,48
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H,Karst,	5	70,0	82,8	75,9	0,38
Total Geral	223	50,4	149,9	79,6	0,56

^a DBM = densidade básica da madeira.

3.1. Modelos de regressão linear e não linear para volume, biomassa e carbono

Nove modelos foram testados para gerar estimativas de volume, com um total de 223 amostras, onde os diâmetros variaram de 50,38 a 149,92 cm, com uma média de 79,6 cm. As equações de regressão linear e não lineares e os critérios de avaliação de ajuste estão apresentados na Tabela 4. Todos os modelos testados apresentaram significância nos parâmetros a um nível de probabilidade de 99%. Os modelos lineares 4 e 5 apresentaram o melhor ajuste, com os maiores valores de R^2 (0,83) e menores valores de DAM (1,059). Entretanto, o modelo 5 apresentou os menores valores de RMSE (1,637) e AIC (856,53), sendo considerado o modelo linear de melhor ajuste. Dentre os modelos não lineares (modelos 6, 7, e 8), o que apresentou melhor ajuste foi o modelo 9 (Tabela 3).

Para estimar a biomassa foram testados oito modelos de regressão linear e não linear. Os modelos lineares 2 e 3 apresentaram os maiores valores de R^2 (0,86), porém o

modelo 2 obteve menores valores de RMSE (1,047), DAM (0,609) e AIC (658,12), sendo selecionado o melhor modelo linear neste caso (Tabela 5). Para os modelos não lineares (modelos 7 e 8), o modelo 8 foi aquele de melhor ajuste pelos critérios de ajuste usados (Tabela 4).

Tabela 3

Parâmetros da regressão (com valores de p entre parênteses), erro médio quadrático (RMSE), coeficiente de determinação (R^2), critério de informação de Akaike (AIC), desvio absoluto médio (DAM) e fator de correção (CF) para os nove modelos de regressão testados para estimar o volume.

N°	\hat{b}_0	\hat{b}_1	\hat{b}_2	RMSE	R^2	AIC	DAM	CF
1	-6,513 (p < 0,001)	1,886 (p < 0,001)		2,318	0,67	1011,70	1,621	1,053
2	1,012 (p < 0,001)	0,00005 (p < 0,001)		1,664	0,83	863,88	1,699	-
3	-11,370 (p < 0,001)	0,151 (p < 0,001)	0,383 (p < 0,001)	1,80	0,80	900,09	1,265	-
4	-8,235 (p < 0,001)	0,873 (p < 0,001)		1,637	0,83	856,53	1,059	1,024
5	-8,233 (p < 0,001)	1,744 (p < 0,001)	0,877 (p < 0,001)	1,641	0,83	858,71	1,059	1,024
6	0,0014 p < 0,01	1,9096 (p < 0,001)		2,317	-	1011,52	1,615	-
7	0,0003 (p < 0,001)	0,859 (p < 0,001)		1,635	-	856,16	1,068	-
8	0,0003 (p < 0,001)	1,761 (p < 0,001)	0,800 (p < 0,001)	1,634	-	856,76	1,066	-

Tabela 4

Parâmetros da regressão (com valores de p entre parênteses), erro médio quadrático (RMSE), coeficiente de determinação (R^2), critério de informação de Akaike (AIC), desvio absoluto médio (DAM) e fator de correção (CF) para os oito modelos de regressão testados para estimar a biomassa.

N°	\hat{b}_0	\hat{b}_1	\hat{b}_2	\hat{b}_3	RMSE	R^2	AIC	DAM	CF
1	-6,515 (p < 0,001)	1,931 (p < 0,001)	1,317 (p < 0,001)		1,296	0,78	753,60	0,857	1,048
2	-8,263 (p < 0,001)	0,875 (p < 0,001)	0,977 (p < 0,001)		1,047	0,86	658,12	0,609	1,024
3	-8,261 (p < 0,001)	1,737 (p < 0,001)	0,892 (p < 0,001)	0,970 (p < 0,001)	1,052	0,86	661,39	0,611	1,024
4	-9,161 (p < 0,001)	1,523 (p < 0,001)	1,354 (p < 0,001)		1,696	0,62	873,64	1,027	1,060
5	-7,303 (p < 0,001)	0,073 (p < 0,001)	0,344 (p < 0,001)		1,695	0,62	873,10	1,149	-
6	-10,206 (p < 0,001)	0,083 (p < 0,001)	0,207 (p < 0,001)	7,308 (p < 0,001)	1,324	0,77	858,71	1,149	-
7	0,00033 p < 0,01	1,8210 (p < 0,001)	0,7126 (p < 0,001)	1,1594 (p < 0,001)	1,025	-	649,79	0,615	-

Com relação ao estoque de carbono, foram testados nove modelos de regressão linear e não linear. Os modelos lineares 1 e 2 foram os que apresentaram maiores valores de R^2 (0,87) e menores valores de RMSE, DAM e AIC. O modelo 3 apresenta combinação das variáveis e simplicidade no modelo, obtendo estatísticas significativas, sendo o melhor modelo que se ajusta aos dados da amostra (Tabela 6). Dentre os modelos não lineares, um único modelo foi testado, o modelo apresentou um bom ajuste (Tabela 5).

Tabela 5

Parâmetros da regressão (com valores de p entre parênteses), erro médio quadrático (RMSE), coeficiente de determinação (R^2), critério de informação de Akaike (AIC), desvio absoluto médio (DAM) e fator de correção (CF) para os oito modelos de regressão testados para estimar a carbono.

N°	\hat{b}_0	\hat{b}_1	\hat{b}_2	\hat{b}_3	\hat{b}_4	<i>RMSE</i>	R^2	<i>AIC</i>	<i>DAM</i>	<i>CF</i>
1	-6,59205 (p<0,001)	1,73329 (p<0,001)	0,90503 (p<0,001)	0,91298 (p<0,001)	3,45897 p < 0,01	0,503	0,87	333,95	0,294	1,0239
2	-6,62824 p<0,001	0,87661 (p<0,001)	0,92627 (p<0,001)	3,411260 (p < 0,01)		0,500	0,87	330,55	0,293	1,0238
3	-8,26837 (p<0,001)	0,87431 (p<0,001)	0,98260 (p<0,001)			0,530	0,85	355,15	0,304	1,0243
4	-26,1667 (p<0,001)	0,041716 (p<0,001)	0,11003 (p<0,001)	2,883919 (p<0,001)	43,0984 p<0,001	0,620	0,80	426,89	0,438	-
5	-5,14405 (p<0,001)	0,04154 (p<0,001)	0,10230 p<0,001	3,77576 (p<0,001)		0,689	0,75	472,95	0,480	-
6	-3,644605 (p<0,001)	0,036246 (p<0,001)	0,172673 (p<0,001)			0,879	0,60	580,65	0,586	-
7	-8,93939 (p<0,001)	1,73890 (p<0,001)	0,88605 (p<0,001)	0,99259 (p<0,001)		0,551	0,84	373,57	0,310	1,0249
8	-9,86152 (p<0,001)	1,51991 (p<0,001)	1,35952 (p<0,001)			0,883	0,59	582,37	0,526	1,0249
9	0,003388 (p < 0,1)	1,775329 (p<0,001)	0,784316 (p<0,001)	0,993487 (p<0,001)	4,440016 (p<0,001)	0,494		324,79	0,290	-

3.3. Análise da distribuição gráfica dos resíduos

A Figura 1 apresenta a distribuição gráfica dos resíduos para as três variáveis dependentes volume, biomassa e carbono. Para a variável volume, o melhor modelo ajustado é de Schumacher-Hall (1933). Para a variável biomassa, o modelo de Loetsch et al. (1973) que apresentou melhor qualidade de ajuste. Para a variável carbono, o melhor modelo foi de Loetsch et al. (1973; modificado PT2). As análises gráficas dos resíduos foram observadas nos seguintes gráficos: i) gráficos de desvios percentuais; ii) gráficos de observado e estimado) e Y estimado; iii) Distribuição de frequência dos resíduos da regressão.

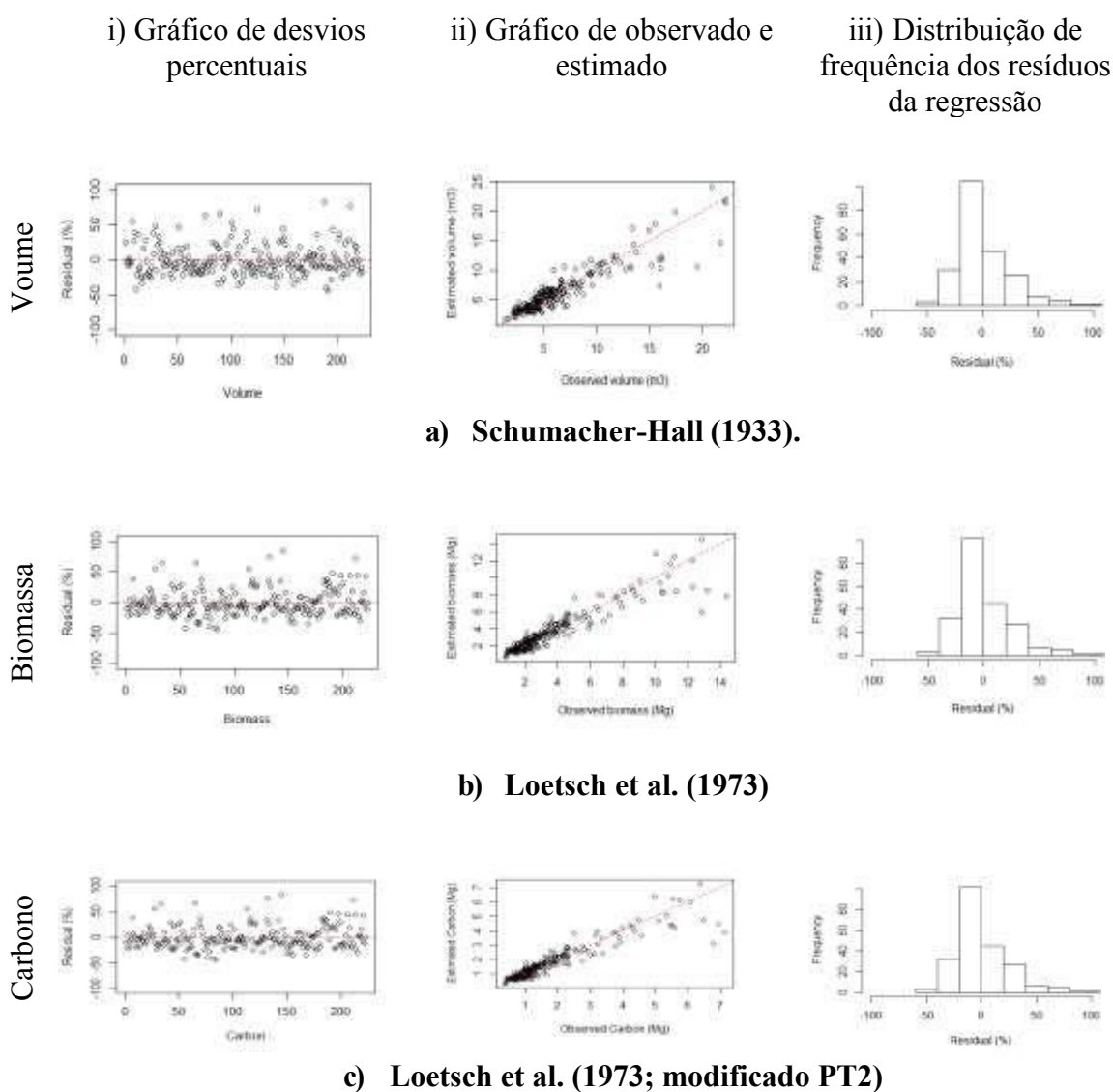


Figura 1. Gráficos dos modelos selecionados para o ajuste das variáveis volume (a), biomassa (b) e carbono (c), no fuste comercial, das vinte espécies amostradas em uma área de manejo sustentável no estado do Acre, Brasil.

4. Discussão

As equações geradas para um conjunto de diferentes espécies com grande porte na floresta são de grande importância para o manejo sustentável e armazenamento de carbono na região amazônica (Nelson et al., 1998; Goodman et al., 2014). O presente estudo gerou equações (Tabela 4, 5 e 6) com significância nos parâmetros, uma distribuição normal dos resíduos, com variância dos resíduos constante (Figura 1).

4.1. Equações alométricas para a variável de Volume Comercial (VC)

Os modelos (1 e 2) que apresentam somente a variável diâmetro, apresentaram bons ajustes. Apesar destes que estes modelos cumprirem o princípio de parcimônia (menor quantidade de parâmetros) (Overman et al., 1994; Chave et al., 2001; Gujarati e Porter, 2011; Sileshi, 2014), o diâmetro não é a única variável que explica o comportamento da variável volume, podendo assim, gerar inconsistências e endogenidade para estimação do volume.

Alguns autores como Nelson et al. (1998) e Nogueira et al. (2008a) defendem o uso do variável diâmetro, por ser de fácil mensuração. A altura, que também é uma variável que pode ser usada para estimação de volume, é de difícil de medição em florestas tropicais. Estas florestas apresentam uma arquitetura densa e isso que, em muitos casos, dificulta a visualização das copas das árvores (Lescure et al., 1983; Hunter et al., 2013; Larjavaara e Muller-Landau, 2013; Chave et al., 2014), e como consequência, incertezas nas medições. Apesar dessas dificuldades, alguns autores como Dawkins (1961), Chave et al. (2005), Nogueira et al. 2008b, Feldpausch et al. (2011), Alvarez et al. (2012); Banin et al. (2012), Chave et al. (2014), Chave et al. (2015), defendem a inclusão da variável altura, pois a altura é uma característica natural da árvore que fundamenta-se nos princípios geométrico e biológicos (Niklas, 1995; West et al., 1999) e portanto, serve para estimar o volume e outras variáveis da árvore e das florestas. Desse modo, a altura é uma variável que não pode ser omitida, pois se tem comprovado que a altura explica o aumento do volume e bom ajuste nos modelos. Sua omissão, ocasionará inconsistências dentro nos modelos (Lescure et al., 1983; Overman et al., 1994; Chave et al., 2001 Chave et al., 2005; Feldpausch et al., 2012; Chave et al 2014., Chave et al., 2015).

Deste modo, as variáveis diâmetro e altura (total e comerciais) são fundamentais para explicar volume das árvores. A inclusão e combinação de ambas fornecem melhor qualidade no ajuste e nas estimativas das equações (Chave et al., 2005; Goodman et al., 2014), como verificado nos modelos volumétricos 2, 3, 4 e 5 (Tabela 4).

O uso da altura comercial da árvore como variável preditiva melhorou a qualidade do ajuste dos três modelos. Neste caso, a altura comercial é uma variável crucial, e ignorá-la resultaria em uma superestimação do volume, biomassa e, porém, de carbono existente na floresta (Chave et al 2005; Chave et al 2014). O melhor modelo para explicar a variação do volume foi o modelo 6 de Schumacher-Hall (1933; linearizado) (Tabela 4). Este modelo apresenta consistência e realismo biológico, e inclui as variáveis de DAP e HC.

Para os modelos não lineares, o modelo 9 (Tabela 4), que inclui as variáveis DAP e HC, a equação de Schumacher-Hall (1933) possui o melhor ajuste, o qual apresentou significância nos parâmetros em comparação com os outros modelos, um melhor ajuste e uma distribuição normal nos resíduos com variância dos resíduos constantes.

4.2. Equações alométricas para biomassa comercial (BC)

Para que as equações alométricas de biomassa sejam mais exatas é necessário incorporar todas as variáveis estruturais que impactam ou afetam a biomassa, incluindo aquelas que variam geograficamente (Goodman et al., 2014), como altura comercial (HC) e Densidade da madeira (DEN).

Dos oito modelos lineares e não lineares para biomassa, todos apresentaram consistências e realismo biológico (Tabela 5). O melhor modelo linear foi o 3, Loetsch et al. (1973) e o melhor modelo não linear foi o 7 Schumacher-Hall (1933; modificado PNL 2018). Estes modelos apresentaram significância nos parâmetros e um menor RMSE, AIC e DAM, em comparação com os outros.

Apesar da densidade (DEN) da madeira ser considerada uma variável importante para estimar a biomassa, na maioria dos modelos ela não é considerada. Isso acontece, pois, determinação da densidade demanda tempo e financiamento, por isso que muitos pesquisadores e empresas desistem de tentar aplicar modelos que incluem essa variável (Brown et al., 1989; Nelson et al., 1999; Chave et al., 2003; Baker et al., 2004; Chave et al., 2005; Goodman et al., 2005; Nogueira et al., 2008b; Feldpausch et al., 2011; Alvarez et al., 2012; Goodman et al., 2014). Para tentar responder essas demandas, alguns pesquisadores vêm desenvolvendo bancos de densidade de madeira (Chave et al., 2005; Zanne et al., 2009; GlobAllomeTree, 2018). Nesse contexto, a omissão da variável DEN, aumenta o efeito da variável DAP e HC, criando incertezas nas estimativas da biomassa das árvores e da floresta (Baker et al., 2004; Chave et al., 2005; Goodman et al., 2014).

4.3. Equações alométricas para carbono comercial (CC)

Ter uma exatidão dos estoques de carbono acima do solo na Amazônia ocidental é fundamental para a caracterização das floresta, para a análise do papel dos ecossistemas no ciclo global de carbono na diminuição da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, além de auxiliar na implementação de pagamentos por serviços ecossistêmicos (Chave et al., 2005; Goodman et al., 2015). A variável teor de carbono (TC) é importante para estimar carbono nas árvores e na floresta, já que 49% da biomassa seca é composta por carbono consistindo na metade do total de biomassa acima do solo (AGB) (Higuchi e Carvalho, 1994; Walker et al., 2011; Soares et al., 2013). Desta forma segue os princípios físicos e biológicos da teoria alométrica (Niklas, 1995; West et al., 1999). Esse é um dado importante para determinar a remoção do dióxido de carbono na atmosfera, o que importante para entendimento das mudanças climáticas globais e dos seus impactos.

O modelo 3, denominado Loetsch et al. (1973; modificado PT2), apresentou o melhor ajuste para estimação do estoque de carbono acima do solo. As equações geradas para estimar carbono são primordiais para se conhecer o estoque de carbono nas florestas .

A variação da combinação das variáveis DAP e HC têm um impacto 87,5% e a combinação de DEN com TC tem um impacto de 98% sob o aumento do carbono estocado nas árvores comerciais. Portanto, a equação pode ser utilizada com confiabilidade para prever carbono comercial da área de estudo e regiões com floresta similares à deste estudo. As equações geradas para a variável carbono são poucas, principalmente, para estimar o carbono no sudoeste da Amazônia brasileira.

5. Conclusões

As equações ajustadas permitem estimativas exatas de volume, biomassa e carbono, a partir de variáveis explicativas DAP, HC, DEN e TC. Estas variáveis apresentam consistência nas estimativas, além de seguir o princípio físico, geométrico e biológico da floresta e simplicidade dos modelos.

Os modelos com melhores desempenhos para estimar volume, biomassa e carbono foram aqueles em que as variáveis densidade da madeira e teor de carbono, foram incorporadas, evidenciando os ganhos na exatidão das estimativas.

Reiteramos a importância da utilização das equações alométricas para quantificar com exatidão o estoque de volume e biomassa, desta forma podemos conhecer os estoques existentes nos reservatórios de biodiversidade e de carbono na Amazônia ocidental brasileira.

6. Referências Bibliográficas

Acre. Governo do Estado do Acre. 2010a. Zoneamento Ecológico Econômico do Acre, 2010a. Guia para o uso da terra acreana com sabedoria: Resumo educativo do Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre: fase II (escala 1: 250.000) Rio Branco

Acre. Governo do Estado do Acre, 2010b. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre, Fase II (Escala 1:250.000): Documento Síntese. 2. Ed. Rio Branco.

Achard, F., Stibig, HJ, Eva, H, Mayaux, P, 2002. Tropical forest cover monitoring in the humid tropics: TREES project. *Tropical Ecology* 43:9–20.

Alvares, CA., Stape, JL, Sentelhas, PC, Gonçalves, JLdeM, Sparovek, Gerd, 2014. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22 - 6: 711–728. DOI: 10.1127 / 0941-2948 / 2013/0507

Alvarez, E., Duque, A, Saldarriaga, J, Cabrera, K., de las Salas, G, del Valle, I, Lema, A, Moreno, F, Orrego, S, Rodríguez, L, 2012. Tree above-ground biomass allometries for carbon stocks estimation in the natural forests of Colombia. *Forest Ecology and Management*. 267, 297–308. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.12.013>

Akaike, H, 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control.*, Boston, v.19, n.6, p.716-723. DOI: 10.1109 / TAC.1974.1100705

Baker, TR., Phillips, OL, Malhi, Y, Almeida, S, Arroyo, L, Di Fiore, A, Erwin, T, Killeen, JT, Laurance, GS, 2004. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology*, 10, 545–562. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2004.00751.x>

Baskerville, GL., 1972. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Canadian Journal of Forest Research* 2:49–53. <https://doi.org/10.1139/x72-009>

Basuki, TM., van Laake, PE, Skidmore, AK, Hussin, YA, 2009. Allometric equations for estimating the aboveground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests. *Forest Ecology and Management* 257:1684–1694. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.01.027>

Brasil. 2002. Instrução normativa nº 30, de 31 de dezembro de 2002, http://www.mma.gov.br/estruturas/pnf/_arquivos/in_ibama_30_02.pdf (acessado em 18 de junho de 2018).

Brown, S., Gillespie A, Lugo AE, 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science* 35, 881–902. <https://doi.org/10.1093/forestscience/35.4.881>

Colpini, C., Travagin, DP, Soares, TS, Silva, VSM, 2009. Determinação do volume, do fator de forma e da porcentagem de casca de árvores individuais em uma Floresta Ombrófila Aberta na região noroeste de Mato Grosso. *Acta amazônica*, 39, 97 -104. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672009000100010>

Chambers, JQ., dos Santos, J, Ribeiro, RJ, Higuchi, N, 2001b. Tree damage, allometric relationships, and aboveground net primary production in central Amazon forest. *Forest Ecology and Management* 152:73–84. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00591-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00591-0)

Chave, J., Riera, B, Dubois, MA, 2001. Estimation of biomass in a neotropical forest of French Guiana: spatial and temporal variability. *Journal of Tropical Ecology* 17:79–96. RC-A. <https://doi.org/10.1017/S0266467401001055>

Chave, J., B. Riera, and M. A. Dubois. 2001. Estimation of biomass in a neotropical forest of French Guiana: spatial and temporal variability. *Journal of Tropical Ecology* 17:79–96. <https://doi.org/10.1017/S0266467401001055>

Chave, J., Condit, R, Aguilar, S, Hernandez, A, Lao, S, Perez, R, 2004. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. *Philos Trans Royal Soc B* 359, 409–420. DOI: 10.1098 / rstb.2003.1425

Chave, J., Andalo, C, Brown, S, Cairns, MA, Chambers, JQ, Eamus, D, Fölster, H, Fromard, F, Higuchi, N, Kira, T, Lescure, JP, Nelson, BW, Ogawa, H, Puig, H, Riéra, B, Yamakura, T, 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145, 87–99. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>

Chave, J., Rejou-Mechain, M., Burquez, A., Chidumayo, E., Colgan, S.M., Delitti, B.C. W., Duque, A., Eid, T., Fearnside, M.P., Goodman, C.R., Matieu, H., Martinez-rizar, A., Mugasha, A.W., Muller-Landau, C.H., Mencuccini, M., Nelson, W.B., Ngomanda, A., Nogueira, M.E., Ortiz-Malavassi, E., Pelissier, R., Ploton, P., Ryan, M.C., Juan, G., Saldarriaga, G.J., Vieilledent, G., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical. *Global Change Biology*, 20, 3177–3190. <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>

Clark, DB., Kellner JR, 2012. Tropical forest biomass estimation and the fallacy of misplaced concreteness. *Journal of Vegetation Science*, 23, 1191–1196. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01471.x>

Crow, TR., 1978. Common regressions to estimate tree biomass in tropical stands. *Forest Science* 24:110–114. <https://doi.org/10.1093/forestscience/24.1.110>

Djomo, AN., Ibrahima, A, Saborowski, J, Gravenhorst, G, 2010. Allometric equations for biomass estimations in Cameroon and pan moist tropical equations including biomass data from Africa. *Forest Ecology and Management*. 260, 1873–1885. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.08.034>

Elias, E., 2004. The Tarapoto process: establishing criteria and indicators for the sustainable management of Amazon forests. *Unasyuva* 218, 47–52.

Feldpausch, TR, Banin, L., Phillips, OL, Padois, TR, Lewis, SL, Quesada, CA, Affum-Baffoe, K., Arets, EJMM, Baga, NJ, Pássaro, M., Brondizio, ES, de Camargo, P., Chave, J., Djagbletey, G., Domingues, TF, Drescher, M., Fearnside, PM, França, MB, Fyllas, NM, Lopez-Gonzalez, G., Hladik, A., Higuchi, N., Hunter, MO, Iida, Y., Salim, KA, Kassim, AR, Keller, M., Kemp, J., Rei, DA, Lovett, JC, Marimon, BS, Marimon-Júnior, BH, Lenza, E., Marshall, AR, Metcalfe, DJ, Mitchard, ETA, Moran, EF, Nelson, BW, Nilus, R.,

Nogueira, EM, Palácio, M., Patiño, S., Peh, KS-H., Raventos Reitsma, JM, Saiz, G., Schrod, F., Sonké, B., Taedoumg, HE, Tan, S., White, L., Will, H. e Lloyd, J, 2011. Height-diameter allometry of tropical forest trees. *Biogeosciences*, 8, 1081-1106. <https://doi.org/10.5194/bg-8-1081-2011>

Feldpausch, TR, Lloyd, J., Lewis, SL, Brien, RJW, Gloor, M., Monteagudo Mendoza, A., Lopez-Gonzalez, G., Banin, L., Abu Salim, K., Affum-Baffoe, K., Alexiades, M., Almeida, S., Amaral, I., Andrade, A., Aragão, LEOC, Araújo Murakami, A., Arets, EJMM, Arroyo, L., Aymard C., GA, Baker, TR, Bánki, OS, Baga, NJ, Cardozo, N., Chave, J., Comiskey, JA, Alvarez, E., de Oliveira, A., Fiore Di, A., Djagbletey, G., Domingues, TF, Erwin, TL, Fearnside, PM, França, MB, Freitas, MA, Higuchi, N., E. Honório C., Iida, Y., Jiménez, E., Kassim, AR, Killeen, TJ, Laurance, WF, Lovett JC, Malhi, Y., Marimon, BS, Marimon-Júnior, BH, Lenza, E., Marshall, AR, Mendoza, C., Metcalfe, DJ, Mitchard, ETA, Neill, DA, Nelson, BW, Nilus, R., Nogueira, EM, Parada, A., Peh, KS-H.Pena Cruz, A., Peñuela, MC, Pitman, NCA, Prieto, A., Quesada, CA, Ramírez, F., Ramírez-Angulo, H., Reitsma, JM, Rudas, A., Saiz, G., Salomão, RP, Schwarz, M., Silva, N., Silva-Espejo, JE, Silveira, M., Sonké, B., Stropp, J., Taedoumg, HE, Tan, S., ter Steege, H., Terborgh, J., Torello-Raventos, M., van der Heijden, GMF, Vásquez, R., Vilanova, E., Vos, VA, Branco, L., Willcock, S., Woell, H. e Phillips, OL, 2012. Tree height integrated into pantropical forest biomass estimates. *Biogeosciences*, 9, 3381–3403. <https://doi.org/10.5194/bg-9-3381-2012>

Fearnside, PM, 2012. Brazil's Amazon forest in mitigating global warming: unresolved controversies. *Climate Policy*, 12:1, 70–81. <https://doi.org/10.1080/14693062.2011.581571>

Grace, J, 2004. Understanding and managing the global carbon cycle. *Journal of Ecology* 92, 189 –202. <https://doi.org/10.1111/j.0022-0477.2004.00874.x>

Goodman, RC., Phillips, OL, Baker, TR, 2014. The importance of crown dimensions to improve tropical tree biomass estimates. *Ecological Applications*, in press, 24(4): 680–698. <https://doi.org/10.1890/13-0070.1>

GlobAllomeTree, 2018. Avaliação do volume, biomassa e estoques de carbono de árvores e florestas. <http://www.globallometree.org/data/wood-densities/> (acessado em 10 de julho de 2018).

Gujarati, DN., Porter, DC, 2011. *Econometria básica*, quinta ed. São Paulo, Brasil

Higuchi, N., Carvalho, JR, J. A, 1994. Fitomassa, e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQÜESTRO DE CO2 - uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, 1994, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce, 125-153p.

Higuchi, N., Santos, J, Ribeiro, RJ, Minette, L, Biot, Y, 1998. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia brasileira. *Acta Amazonica* 28, 153–166. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43921998282166>.

Houghton, RA., 2003. Why are estimates of the terrestrial carbon balance so different?. *Glob Change Biol* 9, 500 –509. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00620.x>

Hunter, MO., Keller, M., Vitoria, D, Morton, DC, 2013. Tree height and tropical forest biomass estimation. *Biogeosciences Discussions*. 10, 10491–10529. DOI: 10.5194/bgd-10-10491-2013

Larjavaara, M., Muller-Landau HC, 2013. Measuring tree height: a quantitative comparison of two common field methods in a moist tropical forest. *Methods in Ecology and Evolution*, 4, 793–801. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12071>

Lescure, JP., Puig, H, Riera, B, Leclerc, D, Beekman, A, Beneteau, A, 1983. Phytomass in a tropical rain-forest of French Guiana. *Acta Oecologica* 4, 237–251.

MELO, AWF. Alometria de Árvores e Biomassa Florestal na Amazônia Sul-Occidental, 2017. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia Programa de Pós-Graduação em Ciências de Florestas Tropicais, 154 f.

Nelson, BW., Mesquita, R, Pereira, JLG, de Souza, SGA, Batista, GT, Couto, LB, 1999. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. *Forest Ecology and Management* 117, 149– 167. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00475-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00475-7)

Niklas KJ., 1995. Size-dependent allometry of tree height, diameter and trunk-taper. *Annals of Botany* 75, 217–227. <https://dx.doi.org/10.1038%2Fsrep31008>

Nogueira, EM., Fearnside, PM, Nelson, BW, Barbosa, RI, Keizer, EWH, 2008a. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. *Forest Ecology and Management* 256:1853–1867. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.07.022>

Overman, JPM., Witte, HJL, Saldarriaga, JG, 1994 Evaluation of regression models for above-ground biomass determination in Amazon rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 10, 207-218. <https://doi.org/10.1017/S0266467400007859>

Pokorny, B, Johnson, J, 2008. Community Forestry in the Amazon: the Unsolved Challenge of Forests and the Poor. ODI Natural Resource Perspectives 112. ODI, London.

Pokorny, B, Pacheco, P, 2014. Money from and for forests: A critical reflection on the feasibility of market approaches for the conservation of Amazonian forests. *Journal of Rural Studies* 36:441-452. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2014.09.004>

RADAMBRASIL, 1976. Levantamento dos Recursos Naturais, décima segunda ed. Folha SC19, Rio de Janeiro.

R Core Team, 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

REFLORA - Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> (acessado em 10 julho de 2018).

Ribeiro, RBdaS., Gama, JRV, Melo, L de O, 2014. Seccionamento para cubagem e escolha de equações de volume para a Floresta Nacional do Tapajós. *Cerne* 20, 605 -612. <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201420041400>

Ros-Tonen, MAF., van Andel, T, Morsello, C, Otsuki, K, Rosendo, S, Scholz, I, 2008. Forest-related partnerships in Brazilian Amazonia: There is more to sustainable forest management than reduced impact logging. *Forest Ecology and Management* 256, 1482 - 1497. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.02.044>

Selivon, CA, 2014. Plano de operação anual-POA, UPA-002. Fazenda Antimari I e II. Rio Branco, AC. p. 94.

Salimon, CL., Putz, FE, Menezes-Filho, L, Anderson, A Silveira, M, Brown, IF, Oliveira, LC, 2011. Estimating state-wide biomass carbon stocks for a REDD plan in Acre, Brazil. *Forest Ecology and Management* 262:555–560. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.04.025>

Silva, HF., Ribeiro, SC, Botelho, AS, Faria, RAVB, Teixeira, MBR, Mello, JM, 2015. Estimativa do estoque de carbono por métodos indiretos em área de restauração florestal em Minas Gerais. *Scientia Forestalis* 43, 108: 943-953 DOI: dx.doi.org/10.18671/scifor.v43n108.18

Soares, CPB., Leite, HG, Görgens, EB, 2005. Equações para estimar o estoque de carbono no fuste de árvores individuais e em plantios comerciais de eucalipto. *Revista Árvore* [online], 29:5, 711 -718. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622005000500006>

Silveira, P., Koehler, HC, Sanquetta, C R., Arce, JA., 2008. Estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. *Floresta*, 38, 185 -206. <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v38i1.11038>

Soares, BCP., Neto, PF, Souza, LA, 2013. *Dendrometria e Inventário Florestal*, primeira ed. Viçosa, Minas Gerais.

Somogyi, Z., Cienciala, E, Mäkipä, P, Muukkonen, P, Lehtonen, A, Weiss, P, 2007. Indirect methods of large-scale forest biomass estimation. *Eur. J. Forest. Res.* 126, 197 –207. <https://doi.org/10.1007/s10342-006-0125-7>

Spurr, SH, 1952. *Forest inventory*. Ronald, New York.

Thomas, SC, 1996. Asymptotic height as a predictor of growth and allometric characteristics Malaysian rain forest trees. *American Journal of Botany* 83, 556–566. DOI: 10.2307/2445913

Vidal, E., West, TAP, Putz, FE, 2016. Recovery of biomass and merchantable timber volumes twenty years after conventional and reduced-impact logging in Amazonian Brazil. *Forest Ecology and Management* 376, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.003>

Whitmore, T. 1998. *An introduction to tropical rain forests*. Oxford University Press, Oxford, UK.

ARTIGO 2

Estimativa de volume, biomassa e carbono na parte aérea de espécies comerciais em floresta neotropical

Resumo: A conservação das florestas vem se tornando muito importante nos últimos anos para evitar que o recurso florestal se torne escasso ao longo do tempo, o que é a preocupação de órgãos ambientais internacionais e nacionais. As intervenções antrópicas ocasionam distúrbios ou perturbação no ecossistema natural. Compreender como esses distúrbios impactam o estoque de carbono é importante no contexto das mudanças climáticas. Este estudo objetivou estimar volume, biomassa e carbono presente na parte aérea de espécies florestais comerciais em uma floresta manejada antes e depois da exploração madeireira na região sudeste do estado do Acre, Brasil. As informações são provenientes do inventário florestal 100% de uma área de 1.253,02 ha sob manejo florestal sustentável. 12.794 árvores comerciais foram mensuradas (DAP \geq 10 cm), pertencentes a 22 famílias, 68 gêneros e 81 espécies, classificadas por categoria de árvores: árvore explorável ou de corte, árvores em área de preservação permanente (APP), árvores de corte futuro, árvores porta semente ou matriz, árvores raras e árvores protegidas por lei.. A biomassa com casca foi obtida pela multiplicação do volume pela densidade básica da madeira. O estoque de carbono foi estimado considerando-se que 49% da biomassa é composta por carbono. O volume, biomassa e estoque de carbono das 81 espécies comerciais, a nível da árvore total (toco, fuste e copa) no cenário pré exploratório totalizaram 81,04 m³ ha⁻¹, 44,97 Mg ha⁻¹ e 22,28 MgC ha⁻¹. No cenário exploratório ou de intervenção e abate das árvores totalizaram 36,06 m³ ha⁻¹, 20,34 Mg ha⁻¹ e 10,06 MgC ha⁻¹. Os valores do cenário exploratório estão divididos no fuste retirado da área de estudo que é 19,72 m³ ha⁻¹, 11,11 Mg ha⁻¹ e 5,50 Mg ha⁻¹ e o toco e copa equivalente a 16,34 m³ ha⁻¹, 9,19 Mg ha⁻¹ e 4,55 Mg ha⁻¹ que ficam na floresta após derrubada, formando a necromassa que será decomposta no longo dos anos. No cenário pós exploratório, árvores que permanecem em pé como remanescente florestal que estoca carbono em todos os compartimentos acima do solo, é 44,98 m³ ha⁻¹, 24,67 Mg ha⁻¹ e 12,23 Mg ha⁻¹. Por fim, tem-se como resultado que das 22,28 MgC ha⁻¹ de carbono existente na área, apenas 5,5 MgC ha⁻¹ sairá do sistema, correspondendo a 24,69%. Ao considerar o estoque de carbono total, incluindo todas as árvores e não só as comerciais, com base em outros estudos na região amazônica, que chega a 163,23 MgC ha⁻¹, infere-se que os 5,5 MgC ha⁻¹, representam apenas 3,51% de carbono que vai sair da floresta. Desta forma, a floresta manejada atua como sumidouro para remoção de CO₂ da atmosfera, e isto é um importante argumento técnico que pode ser discutido nas políticas como estratégia de mitigação das mudanças climáticas e seu potencial para pleitear os créditos de carbono.

Palavras-chave: Perturbação florestal, cenários de exploração florestal, mitigação das mudanças climáticas, carbono estocado na floresta, exploração sustentável, manejo florestal sustentável.

Estimation of volume, biomass and carbon in the aerial part of commercial species in neotropical forest

Abstract: Forest conservation has become very important in recent years to prevent the forest resource from becoming scarce over time, which is the concern of international and national environmental agencies. Anthropogenic interventions cause disruption or disturbance in the natural ecosystem. Understanding how these disturbances impact the carbon stock is

important in the context of climate change. This study aimed to estimate volume, biomass and carbon present in the aerial part of commercial forest species in a forest managed before and after logging in the southeastern region of the state of Acre, Brazil. The information comes from the 100% forest inventory of an area of 1,253.02 ha under sustainable management. 12,794 commercial trees were evaluated ($DAP \geq 10$ cm), belonging to 22 families, 68 genera and 81 species, classified by tree category: exploitable or cut tree, trees in permanent preservation area (PPA), future trees, tree seed or matrix trees, rare trees and trees protected by law. The trunk volume was obtained by applying the volume equation $V = 0.003 \cdot DAP^{1.761} \cdot HC^{0.800}$ in the total study area. The biomass with bark was obtained by multiplying the volume by the basic density of the wood. The carbon stock was estimated considering that 49% of the biomass is composed of carbon. The volume, biomass and carbon stock of the 81 commercial species at the level of the total tree (toco, bole and canopy) in the pre-exploratory scenario totaled 81,04 m³ ha⁻¹, 44,97 Mg ha⁻¹ and 22,28 MgC ha⁻¹. In the exploratory or intervention scenario, the trees totaled 36.06 m³ ha⁻¹, 20.34 Mg ha⁻¹ and 10.06 MgC ha⁻¹. The values of the exploratory scenario are divided into the stem taken from the study area, which is: 19.72 m³ ha⁻¹, 11.11 Mg ha⁻¹ and 5.50 Mg ha⁻¹, and the stump and cup equivalent to 16, 34 m³ ha⁻¹, 9,19 Mg ha⁻¹ and 4,55 Mg ha⁻¹ that remain in the forest after clearing, forming the necromass that will be decomposed over the years. In the post-exploratory scenario, trees that remain standing as forest remnants that store carbon in all compartments above ground, are 44.98 m³ ha⁻¹, 24.67 Mg ha⁻¹ and 12.23 Mg ha⁻¹. Finally, it has been shown that of the 22.28 MgC ha⁻¹ of carbon in the area, only 5.5 MgC ha⁻¹ will leave the system, corresponding to 24.69%. When considering the total carbon stock, including all the trees and not only the commercial ones, based on other studies in the Amazon region, which reaches 163.23 MgC ha⁻¹, it is inferred that the 5.5 MgC ha⁻¹, they represent only 3.51% of carbon that will leave the forest. It should be noted that the stage of exploitation causes disturbances in the forest, produces greenhouse gases, in particular carbon dioxide, and at the same time causes a stimulation for the growth of the species. Thus, part of these emissions is offset by a growth of the managed forest, since there will be more light and space for growth due to the trees that have been removed, consequently a certain amount will be restored in the cutting cycle. In addition, there are products that will be obtained from the log and will keep the carbon stored for a long period. In this way, the managed forest acts as a sink for the removal of CO₂ from the atmosphere, and this is an important technical argument that can be discussed in policies as a strategy to mitigate climate change and its potential to claim carbon credits.

Keywords: Forest disruption, forest exploitation scenarios, mitigation of climate change, carbon stocking in the forest, sustainable exploitation, sustainable management.

1. Introdução

Nos últimos anos, intensificaram-se os estudos relacionados a preservação e conservação das florestas em função do aumento da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera (Brown, 2001; Chaves et al., 2014; Goodman et al., 2014). Isso porque as florestas cumprem um papel muito importante no ciclo global do carbono, pela remoção do dióxido de carbono na atmosfera e, assim, mitigação das mudanças climáticas (Brown, 2001; Fearnside, 2012; Tulasuwan et al., 2012; Chaves et al., 2014; Goodman et al., 2014; IPCC, 2016; UN-REDD, 2016). Em virtude disso, existe um grande interesse em monitorar o fluxo

e estoque de carbono nas florestas naturais, em especial na Amazônia (Asner et al., 2010; le Toan et al., 2011; Saatchi et al., 2011; Baccini et al., 2012; Clark e Kellner, 2012; Chaves et al., 2014), que possui grande estoque de carbono na biomassa florestal (Nogueira et al., 2008a; Salimon et al., 2011; Goodman et al., 2014) e é fonte de produtos e serviços para a sociedade (Baskent e Keleş, 2009).

As mudanças de uso do solo associadas ao desmatamento e incêndios florestais, motivaram a criação e aprimoramento de sistemas de pagamentos por serviços ambientais (PSA), em especial relativos ao carbono. Os PSA são mecanismo econômico para garantir a manutenção das florestas em pé em virtude do serviço ambiental prestado de sequestrar o CO₂ da atmosfera e estocar o carbono na biomassa florestal. Nesse sentido, foram criados os créditos de carbono florestal, os quais podem ser obtidos por meio de projetos no mercado regulado e não regulado. Uma das modalidades de projetos do mercado não regulado que visa a conservação florestal e o aumento de sumidouros de carbono é o REDD+ (Redução das emissões de gases de efeito estufa provenientes do desmatamento e degradação florestal em países em desenvolvimento; incluindo o papel da conservação florestal, do manejo sustentável de florestas e do aumento dos estoques de carbono florestal) (Brasil, 2016). O REDD+ é uma alternativa para regiões que possuam áreas florestais conservadas e manejadas, como é o caso da Amazônia. Entretanto, para gerar os créditos de carbono nessas áreas é necessário estimar e avaliar o estoque da biomassa e carbono acima do solo e, assim, reduzir as incertezas sobre a magnitude desses estoques frente as mudanças climáticas (Crow, 1978; Cunia, 1987; Brown et al., 1989; Houghton et al., 2001; Chave et al., 2001; Chave et al., 2005).

Isso é particularmente importante em áreas manejadas para se conhecer a contribuição do manejo florestal sustentável na mitigação das emissões de gases de efeito estufa. O uso de técnicas de exploração de impacto reduzido, associada às tecnologias como o Modelflora (EMBRAPA, 2018), possibilita planejar, executar e monitorar as atividades de manejo florestal sustentável com alta precisão e com reduzido impacto ambiental negativo (Lindenmayer et al., 2000; Sheil e Wunder, 2002; Putz et al., 2008a, Putz et al., 2008b; Miller et al., 2011; Putz et al., 2012; Vidal et al., 2016). O resultado disso é a redução dos danos à vegetação remanescente, redução das emissões de dióxido de carbono (Odum, 1986; Putz et al., 2008a, Putz et al., 2008b; Miller et al., 2011; Putz et al., 2012; Vidal et al., 2016) e aumento da remoção de CO₂ e estoque de carbono devido à maior taxa de crescimento florestal.

O potencial de estoque de carbono na biomassa florestal das florestas manejadas pode ser obtido a partir de inventários florestais que fornecem a base de dados para se determinar ou estimar a biomassa e o estoque de carbono florestal (Chaves et al., 2004; Chaves et al., 2005; Goodman et al., 2014). No entanto, poucos estudos se dedicaram a quantificar a biomassa e carbono florestal em florestas manejadas na Amazônia (e.g. Mazzei

et al., 2010; Martins et al., 2015), sendo ainda mais escassos estudos no sudoeste da Amazônia. Dessa forma, pouco se sabe sobre a real contribuição do manejo florestal sustentável na mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Nesse contexto, no presente estudo objetivou-se estimar o volume, biomassa e carbono na parte aérea de espécies florestais comerciais em uma floresta manejada antes e depois da exploração madeireira na região sudeste do estado do Acre. Tais informações poderão contribuir na inserção futura do manejo florestal sustentável como atividade passível de gerar créditos de carbono no âmbito do mercado regulado.

2. Material e métodos

2.1. Área de estudo

O presente estudo foi realizado na Fazenda Antimary I e II ($9^{\circ}23'43''\text{S}$ e $67^{\circ}58'50''\text{W}$), localizada no município de Porto Acre, Acre, Brasil (Figura 1). A vegetação do sudoeste da Amazônia está classificada como Floresta Úmida de Terra Firme (Whitmore, 1998; Achard et al., 2002; Goodman et al., 2014). Constituída de formações florestais com predominância de Floresta Aberta com Bambu + Floresta Aberta com Palmeiras + Floresta Densa (Acre, 2010a; Salimon et al., 2011; Selivon, 2014).

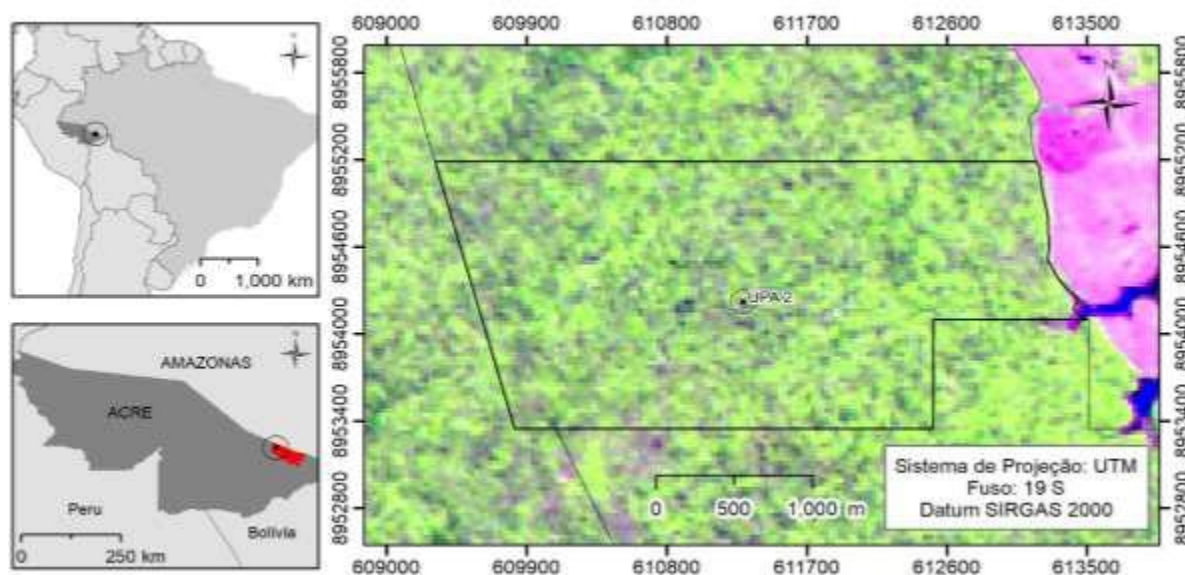


Figura 01. Localização da área de estudo na Fazenda Antimary I e II - de Porto Acre, AC, em uma unidade de produção anual de 1.253,02 hectares.

O clima da região é do tipo Am de acordo a classificação de Köppen (Alvares et al., 2014). A temperatura média anual é de $24,5^{\circ}\text{C}$ (Oliveira e Braz, 2006). A precipitação anual varia de 1750 a 2250 mm. O período chuvoso se inicia entre o mês de outubro até abril ou maio, sendo o primeiro trimestre do ano o de maior acúmulo de precipitação. O período de

estiagem se inicia nos meses de junho a setembro, etapa de início das atividades de exploração sustentável florestal (RADAMBRASIL, 1976; Oliveira e Braz, 2006).

A área de estudo apresenta dois tipos de solos que são classificados em Argissolo Vermelho e Latossolo Vermelho Amarelo Distróficos (Selivon, 2014). A topografia predominante é plana, com declividade em torno de 5%, e quase nunca superior a 10% (RADAMBRASIL, 1976). A variação altimétrica é, de aproximadamente, 220 a 300 m acima do mar (Acre, 2010b).

O levantamento exploratório da vegetação estudada se encontra em uma área sob manejo florestal sustentável com procedimentos de exploração de impacto reduzido denominado Modelflora, com Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), Plano de Operação Anual (POA) e unidade de produção anual (UPA). A área de estudo engloba um total de 1.253,02 ha, sendo designado como UPA 002. Na área foi realizado um Inventário Florestal 100%, em maio de 2015, que foi aprovado em 2016 pelo Instituto de Meio Ambiente do Acre (IMAC) (Selivon, 2014).

2.2. Processamento e análises de dados

Os dados usados nesse estudo foram disponibilizados pela empresa responsável pelo manejo florestal sustentável e se basearam em um inventário florestal 100% no qual foram mensurados o diâmetro e a altura comercial (HC) de todos os indivíduos de valor comercial com diâmetro a altura do peito (DAP; 1,30m de altura) ≥ 10 cm. As árvores comerciais presentes na base de dados foram classificadas em seis categorias: i) árvores a explorar ou de corte, ii) árvores em área de preservação permanente (APP), iii) árvores de corte futuro, iv) árvores porta semente ou matriz, v) árvores protegidas por lei ou proibidas de corte e vi) árvores raras. No estudo em questão, as árvores de corte futuro, árvores porta semente ou matriz e árvores raras foram agrupadas como remanescentes. As árvores em área de preservação permanente (APP) e árvores protegidas por lei ou proibidas de corte foram denominadas a proteger, conforme IBAMA (2007).

Os nomes científicos das espécies comerciais inventariadas foram comparados com os nomes comuns descritos no Inventário Florestal 100% e no POA. Para conferência dos nomes científicos foi usada a Flora do Brasil 2020 (REFLORA, 2008). Os parâmetros fitossociológicos calculados foram Densidade, Dominância, Valor de Cobertura (Moro e Martins, 2011).

O volume comercial (VC; m³) das árvores inventariadas foi estimado usando-se a equação $VC = 0,0003 DAP^{1,761} HC^{0,800}$ (DAP = diâmetro com casca medido a 1,30 m de altura, cm; HC = altura comercial, m), que foi desenvolvida para a área de estudo avaliada (Capítulo 1).

O volume do toco (VTo; m³), foi estimado por meio da equação $V_{To} = 0,3 (DAP/200)^2 \cdot \pi$ (DAP = diâmetro com casca medido a 1,30 m de altura, cm; 0,3 = altura do toco em metros) (SFB, 2007).

Para estimar o volume da copa (VCo; m³), usou-se a equação $V_{Co} = (0,44/0,56) \cdot F_t$ (0,44 e 0,56 = fatores de expansão; F_t = volume do fuste total, m³) proposta por Goodman et al. (2014), que considera que 44% da árvore é composta por galhos, folhas e frutos e assume-se que o restante (56%) é composto de fuste comercial e toco, denominado fuste total.

O volume total de cada árvore foi obtido pelo somatório dos volumes dos compartimentos fuste, toco e copa. Posteriormente, efetuou-se a soma dos volumes de todas as árvores inventariadas e a extrapolação por hectare para se obter o volume por unidade de área da floresta. A biomassa do fuste, toco e copa, foi obtida pela multiplicação do volume de cada componente pela densidade da madeira. Utilizou-se, os valores de densidade básica da madeira, descrito para cada espécie no Capítulo 1. No caso de algumas espécies que não se tem a densidade trabalhou-se com o gênero, ou seja, calculou-se a média dos gêneros para aquelas espécies.

O carbono estocado em cada compartimento foi determinado pela multiplicação da biomassa obtida em cada compartimento pelo teor de carbono 0,49, descrito no Capítulo 1. Tais dados referem-se à produção por indivíduo. Posterior a isso, fez-se o somatório total da biomassa e carbono individuais para se obter, respectivamente, a biomassa e o estoque de carbono por hectare.

Como este estudo quantificou apenas o estoque de carbono para as árvores comerciais, considerando outros estudos existentes para a floresta amazônica (e.g. Brown et al. (1995); Brown et al. (2009); Salimon et al. (2011); d'Oliveira et al. (2012); SFB (2014); Souza et al. (2012)). Fez-se uma extrapolação por hectare para obter o carbono estocado por unidade de área. Aqueles estudos que o dado era apenas de biomassa, Utilizou-se o teor de carbono 0,49 para obtenção do estoque de carbono.

3. Resultados

Doze mil setecentos e noventa e quatro (12.794) árvores de espécies comerciais foram encontradas nos 1.253,02 hectares, abrangendo 22 famílias, 68 gêneros e 81 espécies. As famílias com maior número de espécies foram: Fabaceae Lindl. (20), Sapotaceae Juss. (7), Moraceae Gaudich. (6), Malvaceae Juss. (6), Lecythidaceae A.Rich. (5) (Anexo 1). As quatro espécies de maior valor de importância (Anexo 2) foram o caucho (*Castilla ulei* Warb;

8,52%), sumauma preta (*Ceiba samauma* (Mart.) K.Schum; 7,91%); angico (*Parkia nitida* Miq.; 5,61%) e mirandiba amarela (*Buchenavia tetraphylla* (Aubl.) R.A.Howard; 4,01%).

O número de indivíduos comerciais que compõe a comunidade vegetal por unidade de superfície foi de 10,21 ind ha⁻¹ e a influência de cada espécie na comunidade através de sua biomassa é de 3,65 m² ha⁻¹ (Anexo 2).

Os valores médios dos indivíduos arbóreos para árvore total (fuste, toco e copa) para volume foi de 8,44 m³ ind⁻¹, biomassa de 4,66 Mg ind⁻¹ e carbono 2,31 MgC ind⁻¹. Para fuste comercial dos indivíduos arbóreos obteve-se o volume de 4,62 m³ ind⁻¹, biomassa de 2,55 Mg ind⁻¹ e carbono 1,26 MgC ind⁻¹ (Anexo 3).

3.1. Estimava do volume, biomassa e carbono das árvores com valor comercial na floresta

O número total de árvores comerciais existentes na floresta, etapa pré-exploração, classificadas por categoria, foi: explorável (3.733), árvore em APP (3.219), corte futuro (2.588), porta semente (1.872), protegida por lei (767) e rara (615) (Tabela 1). As estimativas totalizam um volume de 81,04 m³ ha⁻¹, a biomassa de 44,97 Mg ha⁻¹ e carbono de 22,28 MgC ha⁻¹ (Tabela 1 e 2).

Tabela 1 – Número de indivíduos (n), Densidade absoluta (n ha⁻¹), volume (m³ ha⁻¹) de diferentes compartimentos arbóreos comerciais e desvio padrão por categoria em uma UPA no sudoeste da Amazônia, Brasil.

Categoria	n	DA	Volume (m ³ ha ⁻¹)				%
			Fuste	Toco	Copa	Total	
Explorável	3.733	2,98	19,72	0,47	15,87	36,06	44,50
Protegida por Lei	767	0,61	0,36	0,01	0,29	0,66	0,82
Rara	615	0,49	1,77	0,04	1,42	3,24	3,99
Árvore em APP	3.219	2,57	12,25	0,30	9,86	22,40	27,64
Corte Futuro	2.588	2,07	3,68	0,08	2,96	6,73	8,30
Porta Semente	1.872	1,49	6,53	0,16	5,26	11,96	14,75
Total Geral	12.794	10,21	44,32	1,07	35,66	81,04	100

O estoque de carbono total existente na área das árvores comerciais é de 22,28 MgC ha⁻¹ (Tabela 2). Deste total, 45,13% está presente nas árvores exploráveis. Além disso, deve-se considerar que apenas o fuste, que possui 54,67% do carbono total da árvore (Tabela 3), vai ser retirado do sistema. A copa (44,04%) e o toco (1,29%) permanecerão na floresta (Tabela 3).

Tabela 2 – Biomassa (Mg ha^{-1}), carbono (MgC ha^{-1}), e porcentagem (%) do carbono por categoria em uma UPA no sudoeste da Amazônia, Brasil.

Categoria	Biomassa (Mg ha^{-1})	Carbono (Mg C ha^{-1})	%
Explorável	20,30	10,06	45,13
Protegida por Lei	0,32	0,16	0,70
Rara	1,83	0,91	4,07
Árvore em APP	11,99	5,94	26,65
Corte Futuro	3,85	1,91	8,56
Porta Semente	6,69	3,31	14,88
Total Geral	44,97	22,28	100

Tabela 3 – Número de indivíduos (n), volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), biomassa (Mg ha^{-1}), carbono (MgC ha^{-1}), de diferentes compartimentos arbóreos em uma UPA no sudoeste da Amazônia, Brasil.

Categoria	n	Volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)	%	Biomassa (Mg ha^{-1})	%	Carbono (MgC ha^{-1})	%
Fuste		19,72	54,69	11,11	54,73	5,50	54,67
Toco	3733	0,47	1,30	0,26	1,28	0,13	1,29
Copa		15,87	54,31	8,93	43,99	4,43	44,04
Total	3733	36,06	100	20,30	100	10,06	100

Por fim, tem-se como resultado que das $22,28 \text{ MgC ha}^{-1}$ de carbono existente na área, em média apenas $5,5 \text{ MgC ha}^{-1}$ sairão do sistema, correspondendo a 24,69%. Ao considerarmos o estoque de carbono total, incluindo todas as árvores e não só as comerciais, com base em outros estudos na região amazônica, que chega a $163,23 \text{ Mg ha}^{-1}$, (Tabela 4) infere-se que os $5,5 \text{ Mg ha}^{-1}$, representam apenas 3,51%.

Tabela 3 – Estoque de carbono (MgC ha^{-1}) da literatura extrapolado para área de estudo em porcentagem (%), em uma UPA no sudoeste da Amazônia, Brasil.

Estudos	Estoque de carbono (MgC ha^{-1})	Extrapolção (%)
SFB (2014)	174,40	3,15
Brown et al. (1995)	139,65	3,94
Brown et al. (2009)	213,00	2,58
Souza et al. (2012)	181,01	3,04
Salimon et al. (2011)	157,78	3,49
d'Oliveira et al. (2012)	113,53	4,84
Média Geral	163,23	3,51

4. Discussão

A retirada das espécies exploráveis (ou de corte), respondem as normas técnicas de elaboração do Plano Operacional Anual (POA), conforme a Instrução Normativa Nº 05 do MMA, de 11 de dezembro de 2006 e a Norma de Execução Nº 1 do IBAMA, de 24 de abril de 2007. O volume retirado ($19,72 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) do sistema, se encontra na margem volumétrica de outros documentos técnicos (*e.g.* Schaaf, 2016; Caldas, 2017; AGROCORTX, 2015), que variam entre 15,48 a $27,53 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ nos estados de Rondônia, Pará e Acre. Isto inclui todos os valores, em todos os empreendimentos, tanto públicos quanto os privados. Estas variações podem ser explicadas pela quantidade de espécies e número de hectares a serem exploradas. De tal forma, o estoque de madeira do presente estudo se encontra dentro das instruções normativas de exploração para espécies comerciais.

Em termos de carbono, o fuste que será retirado da floresta possui um estoque médio de $5,50 \text{ MgC ha}^{-1}$. Parte do carbono do fuste comercial explorado será estocado na forma de produtos sólidos, com maior resistência e durabilidade, de acordo com o tipo de espécies como tábua, viga, caibro e vigota que serão utilizados na fabricação de móveis e na construção civil, mantendo desta forma o carbono estocado por um longo período. Os resíduos do processamento do fuste comercial podem se decompor na serraria ou serem queimados, gerando gases de efeito estufa. Entretanto, estes resíduos podem ser utilizados em substituição aos combustíveis fósseis, utilizados nas termelétricas para geração de energia e, com isso, diminuir as emissões de gases de efeito estufa. Os outros componentes (toco e copa), que equivalem a $4,56 \text{ MgC ha}^{-1}$, permanecem na floresta como necromassa que será decomposta ao longo dos anos, produzindo gases de efeito estufa. Desse total, 76% é emitido para atmosfera e os outros 24% ficam como material decomposto na camada fina superficial (necromassa) (Chambers et al., 2001a). Neste processo podem ocorrer duas situações, uma de estocagem nos produtos e a outra na emissão de dióxido de carbono na atmosfera pelos resíduos e pela decomposição da copa e toco. Os produtos estocarão o carbono por um longo período, os quais poderiam compensar as emissões dos resíduos nas serrarias e as emissões da copa e toco, tendo em vista que alguns casos, o toco pode voltar a regenerar e a copa irá se decompor em matéria orgânica do solo, contribuindo o crescimento vegetal mediante seus efeitos em propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. A favor da matéria orgânica, como resultado da decomposição da copa, e a vida útil do produto, pode minimizar as emissões que ocorrem na exploração florestal

No caso das árvores remanescentes e a proteger na floresta, que estocam $12,23 \text{ MgC ha}^{-1}$, possibilitam a remoção do dióxido de carbono da atmosfera mediante seus diferentes

componentes arbóreos, por um período de até 35 anos (Brasil, 2009). No caso das árvores a proteger, como as que se encontram em APP e árvores protegidas por lei (ou proibidas de corte) a remoção do dióxido de carbono ocorrerá continuamente enquanto essas estiverem metabolicamente ativas. Os estoques dessas árvores podem ser considerados como geração de crédito de carbono no âmbito do mercado regulado, pela emissão evitada em áreas com ameaça de desmatamento. Os pagamentos fomentariam os manejadores a conservarem as suas florestas e na melhoria das técnicas de manejo.

Os valores obtidos no presente trabalho, quando relacionados e comparados com outros estudos de volume, biomassa e carbono apresentam diferenças em termos de estoque e em número de espécies existentes por hectare. Segundo Steege (2018), existem de 227 a 300 espécies, em geral, por hectare. No presente trabalho, foram encontradas 81 espécies de valor comercial identificadas nos 1.253,02 ha. Esta diferença ocorre pelo fato do inventário florestal usado ter focado apenas árvores de interesse comercial.

Outros dos valores encontrados na literatura também diferem em termos de produção das variáveis volume, biomassa e carbono por hectare dos valores obtidos no presente estudo. O Serviço Florestal Brasileiro (SBF, 2014) para a fitofisionomia de Floresta Ombrófila Densa, no bioma amazônico, obtiveram volume médio de 315,45 m³ ha⁻¹, biomassa de 333,25 Mg ha⁻¹ e estoque de carbono de 174,40 MgC ha⁻¹.

Higuchi et al. (1998), em estudo realizado em dois transectos na região da bacia do Rio Cuieiras (Manaus/AM), em uma floresta não manejada, encontraram um volume de 430,5 m³ ha⁻¹. Teixeira et al. (2007) realizaram um estudo na mesma área e encontraram um volume médio de 346,38 m³ ha⁻¹. Souza et al. (2012) realizaram um estudo na Amazônia Ocidental, em Manaus/AM, e estimaram um volume de 360,67 m³ ha⁻¹ e 181,01 MgC ha⁻¹. Brown et al. (1995) obtiveram um valor de biomassa de 285,00 Mg ha⁻¹ para uma área de estudo em Rondônia, Brasil.

Salimon et al. (2011), utilizando métodos de sensoriamento remoto, estimaram a biomassa média acima do solo em 246 ± 90 Mg ha⁻¹ para a região do Acre. Quando separados por tipo de floresta, os autores encontraram uma biomassa de 322 ± 20 Mg ha⁻¹ para Floresta Densa, 20 ± 30 Mg ha⁻¹ para Floresta Oligotrófica (Campinarana) e de 224 ± 50 a 246 ± 44 Mg ha⁻¹ para Florestas de Dossel abertas dominadas por Palmeiras e Bambu (para as quais os dados baseados em solo são escassos). d'Oliveira et al. (2012) encontraram valores de 231,69 Mg ha⁻¹ de biomassa para Floresta Ombrófila, no estado do Acre, Brasil. Já Brown et al. (2009) para uma floresta primária estimaram um valor de 213,00 MgC ha⁻¹ para o estado do Acre, Brasil.

Diante dos valores expostos é possível inferir que as estimativas de volume (81,04 m³ ha⁻¹), biomassa (44,97 Mg ha⁻¹) e carbono (22,29 MgC ha⁻¹) obtidas no presente estudo são inferiores aos demais estudos. Isto ocorre devido à mensuração apenas de espécies comerciais, desconsiderando assim as demais espécies encontradas por hectare na floresta. Outra das características importantes que tem influenciado os resultados finais do presente estudo é a presença de vegetação densa e aberta com bambu e palmeiras nas florestas do estado do Acre, quando comparadas com florestas da Amazônia Central e Oriental (d'Oliveira et al., 2012; Brown et al., 2009; Salimon et al., 2011; Rockwell et al., 2014). Além disso, nestas áreas, há a presença do bambu (*Guadua sarcocarpa* e *Guadua weberbaueri*) nas formações florestais (Salimon et al., 2011; Rockwell et al., 2014). A isso é atribuído a baixa estocagem de carbono.

Por isso, as estimativas calculadas só representam 22,60% do total de volume, 15,66% de biomassa e 14,21% de carbono. A retirada do fuste do sistema em termos de volume (5,50%) e carbono (3,51%) representa uma pequena parte em comparação do estoque por hectare.

Desta forma, pode-se inferir que volume e carbono retirados na colheita não causam danos consideráveis na floresta, refletindo em um baixo impacto, o que demonstra baixo grau de distúrbio ocasionado pela exploração de impacto reduzido, com a diminuição dos impactos negativos praticados ao ambiente e continuidade da diversidade biológica (Miller et al., 2011; Putz et al., 2012; Lindenmayer et al., 2000; Sheil e Wunder, 2002; Silkor, 2006). Entretanto, em termos de produção, a madeira retirada da floresta contribuirão na disponibilização de produtos finais, tornando-se positivo para atendimento das demandas da sociedade. São duas situações diferentes que devem ser tratadas e discutidas no manejo florestal sustentável. Para tal efeito, é necessário incorporar em todos os planos de manejo da Amazônia, os procedimentos de exploração de impacto reduzido para minimizar os impactos na colheita e, conseqüentemente, satisfazer a sociedade com produtos finais com baixo impacto.

A boa aplicação do impacto reduzido permite o aumento da regeneração e taxas de recuperação de volume, portanto de biomassa, e carbono devido ao menor impacto causado ao ambiente pelas atividades florestais sustentáveis, e menor emissão de dióxido de carbono nas atividades silviculturais das etapas de exploração (Pinard e Cropper, 2000; Putz et al., 2008a; Putz et al., 2008b; Miller et al., 2011; Putz et al., 2012; West et al., 2014; Rutishauser et al., 2015).

A partir disso, a implementação de um bom manejo florestal sustentável de impacto reduzido pode proporcionar à floresta a abertura de espaços para a entrada de luz (Johns et al., 1996; Pinard e Putz, 1996; Vidal et al., 2016), por conta das árvores que foram retiradas tanto no manejo como na abertura dos pátios de estocagem, caminhos e trilhas de arraste, favorecendo a regeneração das espécies dependentes de luz. Por outro lado, o bambu, que possui influência negativa na regeneração e recrutamento de árvores na sudeste da Amazônia (Rockwell et al., 2014), pode, em alguns casos, invadir a área da colheita pela abertura de clareiras na área, desta forma comprometendo a regeneração dos indivíduos e espécies dentro do sistema.

Devido às situações apresentadas, a aplicação de tratamentos silviculturais pós colheita são necessários e fundamentais para a conservação das florestas. Na atualidade, os tratamentos silviculturais pós colheita no sudoeste da Amazônia não ocorrem, por não serem obrigatórios, mesmo podendo ser exigidos no POA (Plano Operacional Anual). Além disso, não há entre os empreendedores a iniciativa própria de manter a floresta, nas mesmas condições em termos de benefícios às próximas gerações, mesmo sendo permitido pela legislação. Por isso, o governo deveria adotar leis que incentivem os empreendedores a proceder as práticas de tratamentos silviculturais que favoreçam a regeneração natural, monitoramento e continuidade dos benefícios gerados pelas florestas. Além disso, deve haver a aplicação de tratamentos silviculturais com técnicas de enriquecimento para posterior restauração das florestas (Lamprecht, 1990; Fredericksen et al., 2001; Fredericksen e Putz, 2003). Deste modo, o manejo florestal sustentável com exploração de impacto reduzido pode ser praticado sem afetar significativamente a floresta, possibilitando aumento da remoção do dióxido de carbono da atmosfera pelas árvores remanescentes, árvores a proteger e na fase de regeneração natural e crescimento das árvores, principalmente na idade jovem, ou seja, atuando, desta maneira, como um sumidouro de carbono. A aplicação de tratamentos silviculturais pós colheita favorecerá o enriquecimento das espécies e continuidade e monitoramento das mesmas para aumentar a taxa de crescimento e o ingresso de novos indivíduos. Assim, ocorreria o aumento do estoque de carbono na biomassa florestal (Fredericksen et al., 2001; Fredericksen e Putz 2003; Putz e Fredericksen 2004).

Mediante o exposto, cria-se um argumento técnico que pode ser discutido nas políticas como estratégia de mitigação das mudanças climáticas e seu potencial de geração de créditos de carbono, no mercado regulado e não regulado. Isto pode contribuir para a estabilização das concentrações de dióxido de carbono na atmosfera, por meio da

conservação, gestão sustentável das florestas e aumento dos estoques de carbono na floresta (UN-REDD, 2016).

5. Conclusões

Em um ciclo de corte de 35 anos, será a taxa de crescimento para repor a exportação de carbono deverá ser de $0,1571 \text{ MgC ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ o equivalente a $0,56 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ abaixo do estabelecido pela legislação brasileira que é de $0,86 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

No manejo florestal sustentável, o fuste que é retirado da floresta representa uma pequena parte (3,3%) do carbono total, incluindo as espécies não comerciais, estocado na floresta ($5,5 \text{ Mg ha}^{-1}$).

Nas áreas sob manejo, as árvores remanescentes e árvores a proteger que ficam em pé, irão contribuir com a remoção do dióxido de carbono enquanto estas estiverem metabolicamente ativas, pois estas não sairão do sistema. Além disso, os novos indivíduos na fase de regeneração natural e o crescimento dos indivíduos, principalmente na idade jovem, irão repor o carbono retirado da floresta pela extração de madeira. Assim, a floresta atuará como sumidouro de CO_2 da atmosfera e os produtos da madeira explorada, como forma de estocagem do carbono.

A relevância do sudoeste da Amazônia, em termos de estocagem de carbono, é de grande importância, e sua manutenção é necessária e pertinente para a contribuição na mitigação das mudanças climáticas. Por isso, é necessário ver as florestas do sudoeste da Amazônia como áreas nas quais é possível satisfazer a demanda da sociedade para subsistência e também contribuir para a mitigação das mudanças climáticas.

6. Referências Bibliográficas

Acre. Governo do Estado do Acre, Zoneamento Ecológico Econômico do Acre, 2010a. Guia para o uso da terra acreana com sabedoria: Resumo educativo do Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre: fase II (escala 1: 250.000) Rio Branco

Acre. Governo do Estado do Acre, Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre, Fase II (Escala 1:250.000): Documento Síntese, 2010b. 2. Ed. Rio Branco

Achard, F.H., Stibig, F., Eva, H., Mayaux, P., 2002. Tropical forest cover monitoring in the humid tropics: TREES project. *Tropical Ecology* 43:9–20.

AGROCORTEx - Agrocortex Madeiras do Acre Agroflorestal LTDA. Plano Operacional Anual -UPA-3. Rio Branco, AC. Brasil, p. 154.

Alvarez, E. A., Duque, J., Saldarriaga, K., Cabrera, G. de las Salas, I. del Valle, A. Lema, F. Moreno, S. Orrego, and L. Rodríguez. 2012. Tree above-ground biomass allometries for

carbon stocks estimation in the natural forests of Colombia. *Forest Ecology and Management*. 267, 297–308. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.12.013>

[Amaral, P., Veríssimo, T., Araujo, Cd'S, d'Souza, H, 2007. Guia para o manejo florestal comunitário. Imazon, Belém-PA.](#)

Asner, G.P., Powell, G.V.N., Mascaró, J., Knappa, D.E, Clarka , J.K., Jacobsona, J., Kennedy-Bowdoina, T., Balajia, A., Acostaa P.G., Victoriac, E., Secadad, L., Valquid, M., Hughese, R.F. 2010. High-resolution forest carbon stocks and emissions in the Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 107, 16738– 16742. <https://doi.org/10.1073/pnas.1004875107>

Başkent, EZ., Keleş, S, 2009. Developing alternative forest Management Planning Strategies Incorporating Timber, Water and Carbon Values: An Examination of their Interactions. *Assessment* 14(4): 467-480 DOI: 10.1007/s10666-008-9148-4

Baccini, A., Goetz ,S.J., Walker, W.S., Laporte, N. T., Sun, M., Sulla-Menashe, D., Sulla-Menashe, D., Beck, P. S. A., Dubayah, R., Friedl, M. A., Samanta, S., Houghton, R. A. 2012. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. *Nature Climate Change*. 2, 182–185. <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate1354>

Brasil, 2007. Norma de Execução Nº 1 do IBAMA, de 24 de abril de 2007. <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=91545> (Acessado em 13 de outubro de 2018).

Brasil, 2009. Resolução no 406, de 02 de fevereiro de 2009 publicado no dou nº 26, de 06/02/2009. <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=597> (Acessado em 13 de outubro de 2018).

Brasil. Ministério do Meio Ambiente, 2016. ENREDD+: estratégia nacional para redução das emissões provenientes do desmatamento e da degradação florestal, conservação dos estoques de carbono florestal, manejo sustentável de florestas e aumento de estoques de carbono florestal. pág. 52. http://redd.mma.gov.br/images/publicacoes/enredd_documento_web.pdf (Acessado em 13 de outubro de 2018).

Brown, S., Gillespie, A., Lugo, A.E., 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science* 35, 881–902. <https://doi.org/10.1093/forestscience/35.4.881>

Brown, S., 2002. Measuring carbon in forests: current status and future challenges. *Environmental Pollution* 116:3, 363-372. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00212-3](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00212-3)

Brown, I. F., Martinelli, L. A. ,W. W., Thomas, M. Z. Moreira, C. A. Cid Ferreira, and R. A. Victoria. 1995. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: An example from Rondônia, Brazil. *Forest Ecology and Management* 75:175– 189.

Brown I.F., Nepstad D.C., Pires I. O., Luz M.L., Alechandre A.S., 2009. Carbon Storage and Land-use in Extractive Reserves, Acre, Brazil. Cambridge University Press, 19, 307 – 315. <https://doi.org/10.1017/S0376892900031428>

d'Oliveira, MVN., Reutebuchb SE, Gaugheyl, RJMc, Andersen, HE, 2012. Estimating forest biomass and identifying low-intensity logging areas using airborne scanning lidar in Antimary State Forest, Acre State, Western Brazilian Amazon. *Remote Sensing of Environment*, 124, 479-481. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.05.014>

Caldas, Md`S., 2017. Plano Operacional Anual -UPA. UMF 1, Floresta Nacional de Altamira, Pará, Brasil, p. 80

Chave, J., R. Condit, A. Salomon, A. Hernandez, S. Lao, and R. Perez. 2004. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. *Philosophical Transactions Biological Sciences* 359:409–420. DOI: 10.1098 / rstb.2003.1425

Chave J, Andalo C, Brown S et al., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145, 87 –99. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>

Chave, J., Rejou-Mechain, M., Burquez, A., Chidumayo, E., Colgan, S.M., Delitti, B.C. W., Duque, A., Eid, T., Fearnside, M.P., Goodman, C.R., Matieu, H., Martinez- rizar, A., Mugasha, A.W., Muller-Landau, C.H., Mencuccini, M., Nelson, W.B., Ngomanda, A., Nogueira, M.E., Ortiz-Malavassi, E., Pelissier, R., Ploton, P., Ryan, M.C., Juan, G., Saldarriaga, G.J., Vieilledent, G., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical. *Global Change Biology*, 20, 3177–3190. <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>

Chambers, JQ, Schimel, JP, Nobre, AD, 2001a. Respiration from coarse wood litter in central Amazon forests. *Biogeochemistry* 52: 115. <https://doi.org/10.1023/A:1006473530673>

Clark, DB., Kellner, JR, 2012. Tropical forest biomass estimation and the fallacy of misplaced concreteness. *Journal of Vegetation Science*, 23, 1191–1196. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01471.x>

Cunia, T., 1987. Error of forest inventory estimates: its main components. In: Wharton EH, Cunia T (eds) *Estimating tree biomass regressions and their error*. USDA For Serv Gen Tech Rep NE-117, p 303

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2018. Modelo Digital de Exploração Florestal – Modelflora. <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1315/modelo-digital-de-exploracao-florestal--modeflora> (Acessado em 13 de outubro de 2018).

Fearnside, PM, 2012. Brazil’s Amazon forest in mitigating global warming: unresolved controversies. *Climate Policy*, 12:1, 70–81. <https://doi.org/10.1080/14693062.2011.581571>

Fredericksen, T., Contreras, F, Pariona, W, 2001. Guía de Silvicultura para Bosques Tropicales de Bolivia. Santa Cruz, Bolivia, p. 82.

Fredericksen, TD., Putz, FE., 2003. Silvicultural intensification for tropical forest conservation. *Biodiversity and Conservation*, 12, 1445–1453. DOI: 10.1023/A:1023673625940

Goodman RC., Phillips OL, Baker, TR, 2014. The importance of crown dimensions to improve tropical tree biomass estimates. *Ecological Applications*, in press, 24(4): 680–698. <https://doi.org/10.1890/13-0070.1>

Higuchi, N., J. Santos, R. J. Ribeiro, L. Minette, and Y. Biot. 1998. Biomassa da parte área da vegetação da floresta tropical umida de terra firme da Amazônia brasileira, Biomass of the aboveground vegetation of humid tropical forest on terra firme in the Brazilian Amazon. *Acta Amazonica* 28:153–166. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43921998282166>.

Houghton, R.A., Lawrence, K.L., Hackler, J.L., Brown, S., 2001. The spatial distribution of forest biomass in the Brazilian Amazon: a comparison of estimates. *Global Change Biology* 7, 731–746. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2001.00426.x>

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2018: The Physical Science Basis, 2003. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Frontmatter_FINAL.pdf (acessado em 10 julho de 2018).

Johns, J.S., Barreto, P., Uhl, C., 1996. Logging damage during planned and unplanned logging operations in the eastern Amazon. *For. Ecol. Manage.* 89, 59–77. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(96\)03869-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03869-8)

Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los Trópicos*. Cooperación Técnica de la Republica Federal de Alemania.

le Toan T, Quegan S, Davidson M et al., 2011. The BIOMASS mission: mapping global forest biomass to better understand the terrestrial carbon cycle. *Remote Sensing of Environment*, 115, 2850–2860. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.03.020>

Lindenmayer, D.B., Margules, C.R., Botkin, D.B., 2000. Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management. *Conservation Biology*. 14, 941–950. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.98533.x>

Mazzei, L., Sist, P., Ruschel, A., Putz, F.E., Marco, P., Pena, W., Ferreira, J.E.R., 2010. Above-ground biomass dynamics after reduced-impact logging in the Eastern Amazon. *Forest Ecology and Management* 259, 367–373. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.10.031>

Martin, PA., Newton, AC, Pfeifer, M., Khoo, M., Bullock, JM, 2015. Impacts of tropical selective logging on carbon storage and tree species richness: a meta-analysis. *Forest Ecology and Management* 356, 224-233. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.07.010>

Miller, S.D., Goulden, M.L., Huttyra, L.R., Keller, M., Saleska, S.R., Wofsy, S.C., Figueira, a.M.S., da Rocha, H.R., de Camargo, P.B., 2011. Reduced impact logging minimally alters tropical rainforest carbon and energy exchange. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 108, 19431–19435. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1105068108>.

Moro, MF., Martins, FR, 2011. Métodos de levantamento do componente arbóreo-arbustivo, em: Felfili, JM, Eisenlohr, PV, d`Melo, MMd`RF, d`Andrade,LA, Neto, JAAM (Eds), *Fitossociologia no Brasil, Métodos e estudos de caso.*, Viçosa, pp. 174-212.

Nogueira, EM., Fearnside, PM, Nelson, BW, Barbosa, RI, Keizer, EHW, 2008a. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. *Forest Ecology and Management* 256:1853–1867. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.07.022>

Nogueira, EM., Nelson, BW, Fearnside, PM, Franca, MB, d'Oliveira, ACA, 2008b. Tree height in Brazil's 'arc of deforestation': Shorter trees in south and southwest Amazonia imply lower biomass. *Forest Ecology and Management* 255:2963–2972. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.02.002>

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986. 434 p.

Pinard M.A., Putz F.E. 1996. Retaining forest biomass by reducing logging damage. *Biotropica* 28: 278–295. DOI: 10.2307/2389193

Pinard, M., Cropper, WP, 2000. Simulated effects of logging on carbon storage in dipterocarp forest. *J. Appl. Ecol.* 37, 267–283. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2664.2000.00488.x>.

Putz, F.E., Fredericksen, T.S., 2004. Silvicultural intensification for tropical forest conservation: a response to Sist and Brown. *Biodivers. Conserv.* 13, 2387–2390. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000048021.26833.cb>

Putz, F.E., Sist, P., Fredericksen, T., Dykstra, D., 2008a. Reduced-impact logging: challenges and opportunities. *For. Ecol. Manage.* 256, 1427–1433. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2008.03.036>.

Putz, F.E., Zuidema, P.A., Pinard, M.A., Boot, R.G.A., Sayer, J.A., Sheil, D., Sist, P., Elias, Vanclay, J.K., 2008b. Improved tropical forest management for carbon retention. *PLoS Biol.* 6, 1368–1369. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pbio.0060166>.

Putz, F.E., Zuidema, P.A., Synnott, T., Peña-Claros, M., Pinard, M.A., Sheil, D., Vanclay, J.K., Sist, P., Gourlet-Fleury, S., Griscom, B., Palmer, J., Zagt, R., 2012. Sustaining conservation values in selectively logged tropical forests: the attained and the attainable. *Conserv. Lett.* 5, 296–303. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1755-263X.2012.00242.x>.

RADAMBRASIL. 1976. Levantamento dos Recursos Naturais. Folha SC19, Rio Branco. Vol. 12, DNPM, MME. Rio de Janeiro, Brasil, 458 pp.

REFLORA - Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> (acessado em 10 julho de 2018).

Romero, FMB, 2018. Contribuição do manejo sustentável em floresta do bioma amazônico para minimização de gases de efeito estufa. Tese (Doutorado em Ciências Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Florestal, xx f.

Rockwell, C., Kainer, KA, Marcondes, N, Baraloto C, 2007. Ecological limitations of reduced impact logging at the smallholder scale. *Forest Ecology and Management* 238:365–374. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.11.002>

Rutishauser, E., Hérault, B., Baraloto, C., Blanc, L., Descroix, L., Sotta, E.D., Ferreira, J., Kanashiro, M., Mazzei, L., D'Oliveira, M.V.N., De Oliveira, L.C., Peña-Claros, M., Putz, F.E., Ruschel, A.R., Rodney, K., Roopsind, A., Shenkin, A., Da Silva, K.E., De Souza, C.R., Toledo, M., Vidal, E., West, T.A.P., Wortel, V., Sist, P., 2015. Rapid tree carbon stock recovery in managed Amazonian forests. *Curr. Biol.* 25, R787– R788. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2015.07.034>

Saatchi, SS., Harris, NL, Brown, S, Lefsky, M, Mitchard, E.T.A., Salas, W, Zutta, BR, Buermann, W, Lewis, S.L, Hagen, S, Petrova, S, White, L, Silmani, M, Morel, A, 2011. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 108, 9899–9904. <https://doi.org/10.1073/pnas.1019576108>

Salimon, CI., Putz, FE, Menezes-Filho, L, Anderson, A, Silveira, M, Brown, IF, Oliveira, LC, 2011. Estimating state-wide biomass carbon stocks for a REDD plan in Acre, Brazil. *Forest Ecology and Management* 262:555–560. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.04.025>

SFB – Serviço Florestal Brasileiro, 2014. *Estoque das Florestas*. <http://snif.florestal.gov.br/pt-br/estoques-das-florestas> (Acessado em 13 de outubro de 2018).

Schaaf, H., 2016. Plano Operacional Anual -UPA-14. UMF III – Flona do Jamari. São Paulo, Brasil, p. 159.

Selivon, CA, 2015. Plano de operação anual-POA, UPA-002. Fazenda Antimary I e II. Rio Branco, AC. Brasil, p. 94.

Sheil, D. and S. Wunder. 2002. The value of tropical forest to local communities: complications, caveats, and cautions. *Conservation Ecology* 6(2): 9. [online] URL: <http://www.consecol.org/vol6/iss2/art9/>

Silveira, P.; Koehler, H. C.; Sanquetta C. R.; Arce, J. A. Estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 38, n. 1, jan./mar. 2008.

Steege, H. Dinâmica da Biodiversidade “It amazes me that 1 hectare of tropical forest can have more than 300 tree species. Why, how?” <https://science.naturalis.nl/en/people/scientists/hans-ter-steege/> (Acessado em 13 de outubro de 2018).

Souza, CR., Azevedo, CP, Rossi, LM, Silva, KM, Santos, J, Higuchi, N, 2012. Dinâmica e estoque de carbono em floresta primária na região de Manaus/AM. *Acta Amazonica*, 42, 501 – 506. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672012000400007>

Teixeira, LM., Chambers, JQ, Silva, AR., Lima, AJN, Carneiro, VMC, Santos, J, Higuchi, N, 2007. Projeção da dinâmica da floresta natural de Terrafirme, região de Manaus-AM, com o uso da cadeia de transição probabilística de Markov. *Acta Amazonica*, 37 (3): 377-384. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672007000300009>

Tulyasuwan, N., Henry, M., Secrieru, M., Jonckheere, I., Federici, S. 2012. Issues and challenges for the national system for greenhouse gas inventory in the context of REDD+. *Greenhouse Gas Measurement and Management*, 2: 2-3, 73–83. <https://doi.org/10.1080/20430779.2012.716298>

UN-REDD PROGRAMME: REDD+ ACADEMY, 2016. *Climate Change and the Role of Forests: Chapter 1-Forest, Carbon Sequestration and Climate Change*. p 18.

Vidal, E., West, TAP, Putz, FE, 2016. Recovery of biomass and merchantable timber volumes twenty years after conventional and reduced-impact logging in Amazonian Brazil. *Forest Ecology and Management* 376, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.003>

West, TAP., Vidal, E., Putz, F.E., 2014. Forest biomass recovery after conventional and reduced-impact logging in Amazonian Brazil. *For. Ecol. Manage.* 314, 59–63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2013.11.022>.

Whitmore, T. 1998. *An introduction to tropical rain forests*. Oxford University Press, Oxford, UK.

Anexo 1.

Listagem de espécies arbóreas inventariadas na Fazenda Antimary I e II - de Porto Acre, AC. De acordo com a família, nome científico, nome vulgar, em que NI – Número de indivíduos, das 81 espécies e estudo.

Família	Nome científico	Nome vulgar
Anacardiaceae R.Br.	<i>Astronium lecointei</i> Ducke	MARACATIARA
	<i>Spondias</i> L.	CAJA
Apocynaceae Juss.	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.	PEROBA
Bignoniaceae Juss.	<i>Crescentia cujete</i> L.	CUEIRA
	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	IPÊ ROXO
	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	IPE AMARELO
	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don	CAXETA
Boraginaceae Juss.	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Cham.	FREIJO
Burseraceae Kunth	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	BREU
Calophyllaceae J.Agardh	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	CEDRO MANGUE
Clusiaceae Lindl.	<i>Rheedia brasiliensis</i> (Mart.) Planch. & Triana	BACURI
	<i>Tovomita amazonica</i> (Poepp.) Walp.	AZEDINHO
Combretaceae R.Br.	<i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aubl.) R.A.Howard	MIRINDIBA AMARELA
	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel.) Exell	CUIARANA
Euphorbiaceae Juss.	<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg.	SERINGUEIRA
	<i>Hura crepitans</i> L.	AÇACU
	<i>Sebastiania Spreng.</i>	BRANQUILHO
Fabaceae Lindl.	<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	FAVA AMARELA
	<i>Amburana acreana</i> (Ducke) A.C.Sm.	CEREJEIRA
	<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) Benth.	ANGELIM DA FOLHA LARGA
	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	GARAPEIRA
	<i>Arachis hypogaea</i> L.	AMENDOIM
	<i>Barnebydendron riedelii</i> (Tul.) J.H.Kirkbr.	GUARIBEIRO

Anexo 1.

Listagem de espécies arbóreas inventariadas na Fazenda Antimary I e II - de Porto Acre, AC. De acordo com a família, nome científico, nome vulgar, em que NI – Número de indivíduos, das 81 espécies e estudo. (Continuação).

Família	Nome científico	Nome vulgar
	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	ANGELIM AMARGOSO
	<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	CEDRO MARA
	<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	COPAIBA
	<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	TAMARINDO
	<i>Diploptropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	SUCUPIRA PRETA
	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	CUMARU
	<i>Enterolobium maximum</i> Ducke	TIMBAUBA
	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	ORELHA DE MACACO
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	JATOBA
	<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber	JATAI
	<i>Hymenolobium</i> Benth	ANGELIM AMARELO
	<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke	ANGELIM COCO
	<i>Martiodendron elatum</i> (Ducke) Gleason	POROROCA
	<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms	BALSAMO
	<i>Ormosia flava</i> (Ducke) Rudd	CERNAMBI DE INDIO
	<i>Parkia nitida</i> Miq.	ANGICO
	<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby	PINHO CUIABANO
	<i>Vatairea sericea</i> (Ducke) Ducke	SUCUPIRA AMARELA
Lauraceae Juss.	<i>Mezilaurus</i> Taub.	ITAUBA
	<i>Ocotea amazonica</i> (Meisn.) Mez	LOURO CANELA
	<i>Ocotea</i> Aubl.	LOURO
Lecythidaceae A.Rich.	<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	CASTANHEIRA

Anexo1.

Listagem de espécies arbóreas inventariadas na Fazenda Antimary I e II - de Porto Acre, AC. De acordo com a família, nome científico, nome vulgar, em que NI – Número de indivíduos, das 81 espécies e estudo. (Continuação).

Família	Nome científico	Nome vulgar
Malvaceae Juss.	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	JEQUITIBA
	<i>Couratari macrosperma</i> A.C.Sm.	TAUARI
	<i>Eschweilera bracteosa</i> (Poepp. ex O.Berg) Miers	CASTANHARANA BRANCA
	<i>Eschweilera grandiflora</i> (Aubl.) Sandwith	CASTANHARANA VERMELHA
	<i>Bombax</i> L.	EMBIRUÇU
	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	SUMAUMA
	<i>Ceiba samauma</i> (Mart.) K.Schum.	SUMAUMA PRETA
	<i>Matisia cordata</i> Kunth	SAPOTA
	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb	ALGODOEIRO
	<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H.Karst.	CHICHA
Meliaceae A.Juss.	<i>Cedrela odorata</i> L.	CEDRO ROSA
	<i>Guarea</i> F.Allam. ex L.	JITO
	<i>Swietenia macrophylla</i> King	MOGNO
	<i>Trichilia maynasiana</i> C.DC	AMARELÃO
	<i>Brosimum</i> Sw.	MANITE
Moraceae Gaudich.	<i>Castilla ulei</i> Warb.	CAUCHO
	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	GUARIUBA BRANCA
	<i>Clarisia</i> Ruiz & Pav.	GUARIUBA
	<i>Ficus frondosa</i> Standl	APUI
	<i>Ficus insipida</i> Willd.	FIGUEIRA
	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	UCUUBA PRETA
Myristicaceae R.Br.	<i>Agonandra silvatica</i> Ducke	MARFIM

Anexo 2.

Listagem de espécies arbóreas inventariadas na Fazenda Antimary I e II - de Porto Acre, AC. De acordo com a família, nome científico, nome vulgar, em que NI – Número de indivíduos, das 81 espécies e estudo. (Continuação).

Família	Nome científico	Nome vulgar
Rubiaceae Juss.	<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) K.Schum.	MULATEIRO
Rutaceae A.Juss.	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	LIMAOZINHO
Sapotaceae Juss.	<i>Manilkara amazonica</i> (Huber) Standl.	MAPARAJUBA
	<i>Manilkara bidentata</i> subsp. surinamensis (Miq.) T.D.Penn.	MAÇARANDUBA
	<i>Micropholis</i> (Griseb.) Pierre	CURUPIXA
	<i>Micropholis</i> sp.	ABIU ROSA
	<i>Planchonella Pachycarpa</i> Pires	ABIU CASCA GROSSA
	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk	ABIU
	<i>Pouteria pachycarpa</i>	ABIU GOIABÃO
Verbenaceae J.St.-Hil.	<i>Lantana camara</i> L.	CAMBARÁ
Vochysiaceae A.St.-Hil.	<i>Erisma Rudge</i>	LIBRA
	<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	CEDRINHO
	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	CATUABA ROXA
	<i>Qualea tessmannii</i> Mildbr.	CATUABA AMARELA

Anexo 2

Parâmetros fitossociológicos relativos da estrutura horizontal por espécie, em ordem de valor de importância (maior VC%) para as 81 espécies arbóreas da Fazenda Antimary I e II - de Porto Acre, AC. DA – Densidade Absoluta (ind ha⁻¹), DR — Densidade relativa (%), DoR - Dominância relativa (%), DoA – Dominância absoluta (m² ha⁻¹), VC – Valor de cobertura (%).

Nome científico	DA	DR%	DoA	DoR%	VC
<i>Castilla ulei</i> Warb.	0,9146	8,9573	0,2870	8,0819	8,52
<i>Ceiba samauma</i> (Mart.) K.Schum.	0,7510	7,3550	0,3004	8,4574	7,91
<i>Parkia nitida</i> Miq.	0,5331	5,2212	0,2130	5,9974	5,61
<i>Buchenavia tetraphylla</i> (Aubl.) R.A.Howard	0,4477	4,3849	0,1291	3,6342	4,01
<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby	0,4006	3,9237	0,1017	2,8647	3,39
<i>Eschweilera grandiflora</i> (Aubl.) Sandwith	0,3559	3,4860	0,1310	3,6895	3,59
<i>Hura crepitans</i> L.	0,2666	2,6106	0,1889	5,3196	3,97
<i>Eschweilera bracteosa</i> (Poepp. ex O.Berg) Miers	0,3464	3,3922	0,1079	3,0393	3,22
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	0,1532	1,5007	0,2174	6,1208	3,81
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	0,2259	2,2120	0,1620	4,5605	3,39
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	0,2282	2,2354	0,1408	3,9653	3,10
<i>Agonandra silvatica</i> Ducke	0,2737	2,6809	0,0921	2,5926	2,64
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H.Karst.	0,3025	2,9623	0,0715	2,0137	2,49
<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg.	0,3591	3,5173	0,0129	0,3621	1,94
<i>Cedrela odorata</i> L.	0,2434	2,3839	0,0835	2,3518	2,37
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	0,2690	2,6340	0,0653	1,8394	2,24
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	0,2514	2,4621	0,0608	1,7133	2,09
<i>Clarisia</i> Ruiz & Pav.	0,2426	2,3761	0,0530	1,4931	1,93
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don	0,2330	2,2823	0,0543	1,5276	1,90
<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	0,1253	1,2271	0,1015	2,8590	2,04
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	0,1429	1,3991	0,0889	2,5040	1,95
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	0,1971	1,9306	0,0479	1,3497	1,64
<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	0,2330	2,2823	0,0095	0,2683	1,28
<i>Barnebydendron riedelii</i> (Tul.) J.H.Kirkbr.	0,1405	1,3756	0,0586	1,6496	1,51

Anexo 2

Parâmetros fitossociológicos relativos da estrutura horizontal por espécie, em ordem de valor de importância (maior VC%) para as 81 espécies arbóreas da Fazenda Antimary I e II - de Porto Acre, AC. DA – Densidade Absoluta (ind ha⁻¹), DR — Densidade relativa (%), DoR - Dominância relativa (%), DoA – Dominância absoluta (m² ha⁻¹), VC – Valor de cobertura (%) (Continuação).

Nome científico	DA	DR%	DoA	DoR%	VC%
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk	0,1580	1,5476	0,0417	1,1746	1,36
<i>Trichilia maynasiana</i> C.DC	0,1620	1,5867	0,0302	0,8490	1,22
<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) K.Schum.	0,1157	1,1333	0,0523	1,4722	1,30
<i>Brosimum</i> Sw.	0,1085	1,0630	0,0483	1,3589	1,21
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	0,1373	1,3444	0,0219	0,6157	0,98
<i>Bombax</i> L.	0,1173	1,1490	0,0326	0,9188	1,03
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	0,1205	1,1802	0,0291	0,8187	1,00
<i>Martiodendron elatum</i> (Ducke) Gleason	0,1157	1,1333	0,0242	0,6827	0,91
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	0,0974	0,9536	0,0203	0,5722	0,76
<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber	0,0878	0,8598	0,0255	0,7173	0,79
<i>Amburana acreana</i> (Ducke) A.C.Sm.	0,0782	0,7660	0,0302	0,8515	0,81
<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke	0,0878	0,8598	0,0234	0,6600	0,76
<i>Qualea tessmannii</i> Mildbr.	0,0734	0,7191	0,0283	0,7975	0,76
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	0,0798	0,7816	0,0179	0,5051	0,64
<i>Micropholis</i> (Griseb.) Pierre	0,0463	0,4533	0,0326	0,9167	0,69
<i>Myroxylon balsamum</i> (L.) Harms	0,0694	0,6800	0,0145	0,4085	0,54
<i>Couratari macrosperma</i> A.C.Sm.	0,0519	0,5081	0,0181	0,5098	0,51
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	0,0439	0,4299	0,0184	0,5175	0,47
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	0,0479	0,4690	0,0126	0,3538	0,41
<i>Ormosia flava</i> (Ducke) Rudd	0,0471	0,4612	0,0122	0,3448	0,40
<i>Planchonella Pachycarpa</i> Pires	0,0359	0,3517	0,0180	0,5061	0,43
<i>Sebastiania</i> Spreng.	0,0439	0,4299	0,0105	0,2967	0,36
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	0,0423	0,4143	0,0090	0,2535	0,33
<i>Ocotea</i> Aubl.	0,0407	0,3986	0,0077	0,2165	0,31

Anexo 2

Parâmetros fitossociológicos relativos da estrutura horizontal por espécie, em ordem de valor de importância (maior VC%) para as 81 espécies arbóreas da Fazenda Antimary I e II - de Porto Acre, AC. DA – Densidade Absoluta (ind ha⁻¹), DR — Densidade relativa (%), DoR - Dominância relativa (%), DoA – Dominância absoluta (m² ha⁻¹), VC – Valor de cobertura (%) (Continuação).

Nome científico	DA	DR%	DoA	DoR%	VC%
<i>Mezilaurus</i> Taub.	0,0343	0,3361	0,0076	0,2139	0,28
<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel.) Exell	0,0255	0,2501	0,0101	0,2835	0,27
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	0,0207	0,2032	0,0133	0,3749	0,29
<i>Hymenolobium</i> Benth	0,0287	0,2814	0,0065	0,1823	0,23
<i>Swietenia macrophylla</i> King	0,0200	0,1954	0,0101	0,2836	0,24
<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	0,0239	0,2345	0,0063	0,1781	0,21
<i>Pouteria pachycarpa</i>	0,0247	0,2423	0,0043	0,1203	0,18
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Cham.	0,0223	0,2189	0,0042	0,1184	0,17
<i>Guarea F.Allam. ex L.</i>	0,0215	0,2110	0,0045	0,1267	0,17
<i>Tovomita amazonica</i> (Poepp.) Walp.	0,0152	0,1485	0,0063	0,1766	0,16
<i>Manilkara bidentata subsp. surinamensis</i> (Miq.) T.D.Penn.	0,0152	0,1485	0,0059	0,1655	0,16
<i>Arachis hypogaea</i> L.	0,0160	0,1563	0,0047	0,1316	0,14
<i>Erisma</i> Rudge	0,0136	0,1329	0,0060	0,1687	0,15
<i>Ocotea amazonica</i> (Meisn.) Mez	0,0152	0,1485	0,0031	0,0886	0,12
<i>Diploptropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	0,0120	0,1172	0,0043	0,1212	0,12
<i>Erisma uncinatum</i> Warm.	0,0096	0,0938	0,0045	0,1277	0,11
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	0,0080	0,0782	0,0035	0,0997	0,09
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb	0,0088	0,0860	0,0021	0,0585	0,07
<i>Manilkara amazonica</i> (Huber) Standl.	0,0072	0,0703	0,0021	0,0580	0,06
<i>Matisia cordata</i> Kunth	0,0040	0,0391	0,0012	0,0347	0,04
<i>Rhedia brasiliensis</i> (Mart.) Planch. & Triana	0,0032	0,0313	0,0017	0,0470	0,04
<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.	0,0032	0,0313	0,0015	0,0420	0,04
<i>Lantana camara</i> L.	0,0032	0,0313	0,0004	0,0121	0,02

Anexo 2

Parâmetros fitossociológicos relativos da estrutura horizontal por espécie, em ordem de valor de importância (maior VC%) para as 81 espécies arbóreas da Fazenda Antimary I e II - de Porto Acre, AC. DA – Densidade Absoluta (ind ha⁻¹), DR — Densidade relativa (%), DoR - Dominância relativa (%), DoA – Dominância absoluta (m² ha⁻¹), VC – Valor de cobertura (%) (Continuação).

Nome científico	DA	DR%	DoA	DoR%	VC%
<i>Ficus frondosa</i> Standl	0,0008	0,0078	0,0013	0,0378	0,02
<i>Crescentia cujete</i> L.	0,0016	0,0156	0,0007	0,0187	0,02
<i>Vatairea sericea</i> (Ducke) Ducke	0,0016	0,0156	0,0006	0,0164	0,02
<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) Benth.	0,0016	0,0156	0,0004	0,0115	0,01
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	0,0016	0,0156	0,0002	0,0061	0,01
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	0,0008	0,0078	0,0004	0,0112	0,01
<i>Spondias</i> L.	0,0008	0,0078	0,0001	0,0031	0,01
Total	10,2105	100,0	3,5515	100	100

Anexo 3

Variáveis de volume, biomassa e carbono dos doze mil setecentos e noventa e quatro indivíduos em uma área de manejo florestal sustentável no estado do Acre, Brasil,

Nome científico	n	Árvore			Fuste Comercial		
		Volume (m ³)	Biomassa (Mg)	Carbono (Mg)	Volume (m ³)	Biomassa (Mg)	Carbono (Mg)
		Média	Média	Média	Média	Média	Média
<i>Agonandra silvatica</i> Ducke	343	6,34	3,56	1,76	3,45	1,94	0,96
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	247	5,60	3,57	1,77	3,07	1,95	0,97
<i>Amburana acreana</i> (Ducke) A,C,Sm,	98	9,13	5,70	2,83	4,99	3,12	1,55
<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) Benth,	2	6,09	3,81	1,89	3,33	2,08	1,03
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J,F,Macbr,	286	13,98	10,71	5,31	7,64	5,86	2,90
<i>Arachis hypogaea</i> L,	20	7,51	4,69	2,33	4,12	2,57	1,28
<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll,Arg,	4	10,64	5,97	2,96	5,82	3,27	1,62
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	315	6,64	5,43	2,69	3,65	2,98	1,48
<i>Barnebydendron riedelii</i> (Tul.) J,H,Kirkbr,	176	10,39	5,93	2,94	5,69	3,25	1,61
<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl,	292	0,82	0,56	0,28	0,44	0,31	0,15
<i>Bombax</i> L,	147	7,05	2,76	1,37	3,86	1,51	0,75
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	172	3,67	2,29	1,14	2,01	1,26	0,62
<i>Brosimum</i> Sw,	136	10,43	3,96	1,96	5,71	2,17	1,07
<i>Buchenavia tetrphylla</i> (Aubl.) R,A,Howard	561	6,36	4,39	2,18	3,47	2,40	1,19
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess,	53	4,62	2,60	1,29	2,53	1,42	0,70
<i>Calycophyllum spruceanum</i> (Benth.) K,Schum,	145	10,68	6,00	2,97	5,85	3,28	1,63
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	26	13,90	7,80	3,87	7,59	4,26	2,11
<i>Castilla ulei</i> Warb,	1146	6,24	2,54	1,26	3,40	1,38	0,68
<i>Cedrela odorata</i> L,	305	7,03	2,99	1,48	3,83	1,63	0,81
<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	30	6,58	3,69	1,83	3,61	2,02	1,00
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn,	192	33,38	9,61	4,76	18,27	5,26	2,61

Anexo 3

Variáveis de volume, biomassa e carbono dos doze mil setecentos e noventa e quatro indivíduos em uma área de manejo florestal sustentável no estado do Acre, Brasil, (Continuação),

Nome científico	n	Árvore			Fuste Comercial		
		Volume (m ³)	Biomassa (Mg)	Carbono (Mg)	Volume (m ³)	Biomassa (Mg)	Carbono (Mg)
		Média	Média	Média	Média	Média	Média
<i>Ceiba samauma</i> (Mart.) K,Schum,	941	7,85	3,97	1,97	4,28	2,16	1,07
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav,	1	13,36	5,08	2,52	7,33	2,79	1,38
<i>Clarisia</i> Ruiz & Pav,	304	4,63	1,76	0,87	2,53	0,96	0,48
<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	157	16,73	8,68	4,30	9,13	4,74	2,35
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav,) Cham,	28	4,88	2,74	1,36	2,68	1,50	0,75
<i>Couratari macrosperma</i> A,C,Sm,	65	9,68	5,43	2,69	5,32	2,98	1,48
<i>Crescentia cujete</i> L,	2	9,51	7,84	3,89	5,20	4,29	2,13
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	122	5,52	3,45	1,71	3,03	1,89	0,94
<i>Diploptropis purpurea</i> (Rich,) Amshoff	15	9,54	5,96	2,95	5,23	3,27	1,62
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd,	283	17,87	14,39	7,13	9,79	7,88	3,91
<i>Enterolobium maximum</i> Ducke	31	6,19	3,87	1,92	3,37	2,11	1,04
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth,	10	9,54	5,96	2,95	5,21	3,25	1,61
<i>Erismia Rudge</i>	17	11,39	6,40	3,17	6,25	3,51	1,74
<i>Erismia uncinatum</i> Warm,	12	11,98	6,73	3,33	6,57	3,69	1,83
<i>Eschweilera bracteosa</i> (Poepp, ex O,Berg) Miers	434	8,11	5,30	2,62	4,45	2,91	1,44
<i>Eschweilera grandiflora</i> (Aubl.) Sandwith	446	9,76	7,14	3,54	5,36	3,92	1,94
<i>Ficus frondosa</i> Standl	1	31,34	11,91	5,90	17,05	6,48	3,21
<i>Ficus insipida</i> Willd,	172	8,79	3,10	1,54	4,79	1,69	0,84
<i>Guarea F,Allam, ex L,</i>	27	4,10	1,74	0,86	2,23	0,95	0,47
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart, ex DC,) Mattos	151	6,45	5,32	2,64	3,54	2,92	1,45
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S,Grose	337	6,38	5,26	2,61	3,50	2,89	1,43

Anexo 3

Variáveis de volume, biomassa e carbono dos doze mil setecentos e noventa e quatro indivíduos em uma área de manejo florestal sustentável no estado do Acre, Brasil, (Continuação),

Nome científico	n	Arvore			Fuste Comercial		
		Volume (m ³)	Biomassa (Mg)	Carbono (Mg)	Volume (m ³)	Biomassa (Mg)	Carbono (Mg)
		Média	Média	Média	Média	Média	Média
<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd, ex A.Juss.) Müll,Arg,	450	0,72	0,26	0,13	0,39	0,14	0,07
<i>Hura crepitans</i> L,	334	12,37	4,47	2,21	6,71	2,43	1,20
<i>Hymenaea courbaril</i> L,	179	16,21	12,32	6,10	8,89	6,76	3,35
<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber	110	7,55	4,72	2,34	4,14	2,59	1,28
<i>Hymenolobium</i> Benth	36	5,44	3,40	1,69	2,98	1,86	0,92
<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke	110	6,82	4,26	2,11	3,74	2,34	1,16
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl,) D,Don	292	5,82	4,80	2,38	3,19	2,63	1,30
<i>Lantana camara</i> L,	4	3,56	2,00	0,99	1,96	1,10	0,54
<i>Manilkara amazonica</i> (Huber) Standl,	9	5,75	3,23	1,60	3,14	1,76	0,87
<i>Manilkara bidentata</i> subsp. <i>surinamensis</i> (Miq,) T,D,Penn,	19	8,40	4,71	2,34	4,59	2,57	1,28
<i>Martiodendron elatum</i> (Ducke) Gleason	145	3,55	2,22	1,10	1,93	1,20	0,60
<i>Matisia cordata</i> Kunth	5	7,44	2,91	1,44	4,07	1,59	0,79
<i>Mezilaurus</i> Taub,	43	5,63	3,16	1,57	3,09	1,73	0,86
<i>Micropholis</i> (Griseb,) Pierre	58	16,57	9,30	4,61	9,07	5,09	2,52
<i>Micropholis</i> sp,	48	4,40	2,47	1,22	2,41	1,35	0,67
<i>Myroxylon balsamum</i> (L,) Harms	87	5,56	3,48	1,72	3,05	1,91	0,94
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav, ex Lam,) Urb	11	5,89	2,30	1,14	3,23	1,26	0,63
<i>Ocotea amazonica</i> (Meisn,) Mez	19	5,43	3,05	1,51	2,98	1,67	0,83
<i>Ocotea</i> Aubl,	51	4,63	2,60	1,29	2,54	1,42	0,71
<i>Ormosia flava</i> (Ducke) Rudd	59	7,30	4,56	2,26	4,01	2,51	1,24
<i>Parkia nitida</i> Miq,	668	9,60	4,45	2,21	5,26	2,44	1,21

Anexo 3

Variáveis de volume, biomassa e carbono dos doze mil setecentos e noventa e quatro indivíduos em uma área de manejo florestal sustentável no estado do Acre, Brasil, (Continuação),

Nome científico	n	Árvore			Fuste Comercial		
		Volume (m ³)	Biomassa (Mg)	Carbono (Mg)	Volume (m ³)	Biomassa (Mg)	Carbono (Mg)
		Média	Média	Média	Média	Média	Média
<i>Planchonella Pachycarpa</i> Pires	45	12,41	6,97	3,45	6,80	3,82	1,89
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav,) Radlk	198	6,50	3,65	1,81	3,56	2,00	0,99
<i>Pouteria pachycarpa</i>	31	4,37	2,45	1,22	2,39	1,34	0,67
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl,) Marchand	2	2,95	1,65	0,82	1,61	0,90	0,45
<i>Qualea grandiflora</i> Mart,	60	6,73	3,78	1,87	3,69	2,07	1,03
<i>Qualea tessmannii</i> Mildbr,	92	9,21	5,17	2,56	5,04	2,83	1,40
<i>Rheedia brasiliensis</i> (Mart,) Planch, & Triana	4	12,72	7,14	3,54	6,97	3,91	1,94
<i>Schizolobium parahyba</i> var, <i>amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby	502	6,16	2,94	1,46	3,37	1,61	0,80
<i>Sebastiania</i> Spreng,	55	6,41	2,32	1,15	3,52	1,27	0,63
<i>Spondias</i> L,	1	3,45	2,82	1,40	1,89	1,55	0,77
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq,) H,Karst,	379	6,01	2,28	1,13	3,29	1,25	0,62
<i>Swietenia macrophylla</i> King	25	10,64	4,52	2,24	5,81	2,47	1,22
<i>Terminalia amazonia</i> (J,F,Gmel,) Exell	32	8,16	4,58	2,27	4,45	2,50	1,24
<i>Tovomita amazonica</i> (Poepp,) Walp,	19	9,07	5,09	2,52	4,96	2,78	1,38
<i>Trichilia maynasiana</i> C,DC	203	5,12	2,18	1,08	2,81	1,20	0,59
<i>Vatairea sericea</i> (Ducke) Ducke	2	8,88	5,55	2,75	4,86	3,04	1,51
<i>Virola sebifera</i> Aubl,	100	6,04	3,39	1,68	3,32	1,86	0,92
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam,	55	9,49	5,33	2,64	5,19	2,91	1,44
Geral	12794	8,44	4,66	2,31	4,62	2,55	1,26

ARTIGO 3

Avaliação do estoque de carbono nas árvores, toras e produtos madeireiros provenientes de áreas sob manejo florestal sustentável na Amazônia Ocidental brasileira

Resumo

O estoque de carbono dos produtos obtidos a partir dos planos de manejo sustentável de florestas da Amazônia Ocidental permanece incerto no contexto das mudanças climáticas. Nesse contexto, avaliou-se o estoque de carbono nas árvores, toras e produtos madeireiros provenientes de áreas sob manejo florestal sustentável na região Sudeste do estado do Acre, Brasil. Um número de 136 árvores, pertencentes a 12 espécies foram abatidas e cubadas. O volume do tronco foi obtido aplicando a fórmula de *Smalian*. Para obter o volume do toco (VTo) aplicou-se a fórmula de $V_{To} = 0,3 (DAP/200)^2 \pi$. Para o volume da copa (VCo) considerou-se um fator de expansão de 44% da árvore é composta por galhos, folhas e frutos. A biomassa com casca foi obtida pela multiplicação do volume pela densidade básica da madeira. O estoque de carbono foi estimado considerando que 49% de biomassa é composta por carbono. As toras passaram pelo processo de desdobramento na serraria. Para obter o Coeficiente de Rendimento Volumétrico (CRV) e Coeficiente de Rendimento de Carbono (CRC) para a tora e produto foram determinado individualmente para cada indivíduo de cada espécie, pela média do rendimento volumétrico (RV) e rendimento de carbono (RC). O CRV da madeira serrada para as 12 espécies a nível no fuste comercial foi de 52,34%. O CRC em relação à tora é de 53,21% e em relação à árvore é de 29,12%. O volume no produto final é 484,20 m³, na biomassa 302,60 Mg e carbono 149,49 MgC. O carbono existente no produto varia de 2,2% até 21% nas 12 espécies. Do fuste comercial foram obtidos 44.783 produtos, distribuídos em caibro, prancha, pranchões, sarrafo, tábuas, viga e vigota. A maior produção é da tábuas com 54,57% em volume e 47,44% de carbono. Os pranchões com 0,01% de volume e 0,02% de carbono tiveram a menor produção. Portanto, é interessante se fazer uma releitura do manejo florestal sustentável com enfoque nas mudanças climáticas reorganizando as espécies que capturam maior quantidade de carbono e conseqüentemente produtos que estocam carbono por um longo período de tempo. Assim, as espécies que retêm baixas quantidades de carbono poderiam ser mantidas em grande parte na floresta, para evitar o desperdício e baixo rendimento na serraria e cumprir funções ambientais. Por outro lado, as espécies de madeira dura retiradas devem ser enriquecidas, para que não percam sua diversidade ecológica, e sua regeneração deve ser favorecida para manter seu ciclo de produção. Este é um argumento técnico que poderia ser discutido como estratégia de mitigação das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Coeficiente de rendimento de carbono, coeficiente de rendimento volumétrico, desdobro da madeira, serraria, produtos desdobrados, mudanças climáticas

Evaluation of the carbon stock in trees, logs and wood products from areas under sustainable management in the Brazilian Western Amazon

Abstract: The carbon stock of the products obtained from the sustainable forest management plans of the Western Amazon remains uncertain in the context of climate change. In this

context, the carbon stock in trees, logs and wood products from areas under sustainable management in the Southeastern region of the state of Acre, Brazil, was evaluated. A total of 136 trees, belonging to 12 species, were felled and rigorously planted. The trunk volume was obtained by applying the Smalian method. To obtain the volume of the stump (V_{To}) the formula of $V_{To} = 0.3 (DAP / 200) 2 \pi$ was applied. For canopy volume (V_{Co}) it was considered an expansion factor of 44% of the tree is composed of branches, leaves and fruits. The biomass with bark was obtained by multiplying the volume by the basic density of the wood. The carbon stock was estimated considering that 49% of biomass is composed of carbon. The logs went through the process of unfolding in the sawmill. In order to obtain the Volumetric Yield Coefficient (CRV) and Coefficient of Carbon Yield (CRC) for the log and product, the 12 species were determined individually for each species by the mean volumetric yield (RV) and carbon yield (RC). The CRV of lumber for 12 species at the level of the commercial stand was 52.34%. The CRC in relation to the log is 53.21% and in relation to the tree it is 29.12%. The volume in the final product is 484.20 m³, in the biomass 302.60 Mg and 149.49 MgC carbon. The carbon in the product ranges from 2.2% to 21% in the 12 species. From the commercial stand were obtained 44,783 products, distributed in girders, planks, boards, slats, boards, beams and vigota. The highest production is of the board with 54.57% by volume and 47.44% of carbon. The planktons with 0.01% of volume and 0.02% of carbon had the lowest production. The volume yield in trees and commercial stems will depend on the diameter, shape of the stem and numbers of individuals to be processed. The extractives can affect the unfolding of the wood. The carbon in the tree, stem and product will depend on the basic density of the wood ("mole" and "hard"). The higher the diameters, and the lower the wood densities, the smaller the proportion of carbon. And in the case of "hard" woods, larger diameters, and higher wood densities, they present larger amounts of carbon. Therefore, it is interesting to re-read sustainable forest management with a focus on climate change by reorganizing the species that capture the largest amount of carbon and consequently products that store carbon for an extended period of time. Thus, species that retain low amounts of carbon could be largely maintained in the forest, to avoid wastage and low yield at the sawmill and to fulfill environmental functions. On the other hand, hardwood species withdrawn must be enriched, so that they do not lose their ecological diversity, and their regeneration must be favored to maintain their production cycle. This is a technical argument that could be discussed as a strategy to mitigate climate change.

Keywords: Coefficient of carbon yield, coefficient of volumetric yield, unfolding of wood, sawmill, unfolded products, climatic changes

1. Introdução

O ser humano apresenta dependência para com os recursos florestais para sua subsistência (von Bertalanffy, 1973; Loomis, 1960; Ros-Tonen et al., 2008). Um dos produtos obtidos da floresta é a madeira, recurso importante utilizado para celulose, energia e serraria (Leite et al., 1995a e 1995b; Soares et al., 2003). A retirada da madeira da floresta e o processo de exploração florestal vem sendo questionado ao longo das últimas décadas devido a extração ilegal e desmatamento das florestas (Fearnside, 2000; Houghton et al., 2001, Nogueira et al., 2008; Salimon et al., 2011; IBAMA, 2017; FAO, 2018). Esta situação tem causado uma preocupação coletiva na população mundial e estimulação da criação de

normativas, diretrizes de regulamento, monitoramento, controle e novas formas de enfoques para o manejo dos recursos florestais (UN-REDD, 2016).

O manejo sustentável das florestas, incorpora-se como um paradigma de gestão florestal aplicável aos planos de manejo florestal sustentável com o princípio da diminuição dos impactos negativos praticados ao ambiente, manutenção da diversidade biológica (Lindenmayer et al., 2000; Sheil e Wunder, 2002; Sikor, 2006) e o desenvolvimento sócio econômico ambiental regional (Peters et al., 1989; Lele, 2000; Scherr et al., 2004; Pokorny e Johnson, 2008). Por meio do procedimento de exploração de impacto reduzido (Putz e Pinard, 1993; Putz et al., 2008a) que vem sendo incorporado dentro dos planos de manejo florestal da Amazônia brasileira – orientadas para reduzir os impactos da exploração sobre a floresta remanescente e reduzir os custos e desperdícios nas operações florestais – objetiva-se alcançar o produto final que é a madeira com a mitigação dos danos ambientais causados à floresta. O manejo florestal sustentável de impacto reduzido apresenta o benefício de favorecer a regeneração e crescimento das áreas manejadas além de recuperar os estoques de biomassa pós colheita. (Pinhard e Coper, 2000; Miller et al., 2011; Putz et al., 2012; West et al., 2014; Rutishuser et al., 2015; Vidal et al., 2016). O objetivo fundamental do manejo florestal sustentável de impacto reduzido se dá no aumento da matéria-prima para produção da madeira através do favorecimento da taxa de crescimento ao longo dos processos produtivos. (Sobogal et al., 2000; Holmes et al., 2002; DyKstra, 2002; Putz et al., 2008a; Putz et al., 2008b; Vidal et al., 2016).

O processamento de madeira está entre as principais atividades na região Amazônica. As serrarias são responsáveis pelo desdobro primário das toras e seus produtos. Ainda assim, os estudos do rendimento volumétrico em espécies comerciais na Amazônia Ocidental são relativamente escassos, bem como estudos relacionados com o papel dos produtos no ciclo do carbono global e sua contribuição na mitigação das mudanças climáticas.

Esta retenção de carbono se dá nos produtos finais da serraria (prancha, viga, vigota, caibro, tábuas, etc.), que darão origem a móveis, esquadrias (portas e janelas), telhados, escadas, esteios, etc., que tem vida útil datada por mais de cem anos conforme relatos (ECOHOUSES, 2018). Os produtos finais irão variar conforme a demanda da indústria e a classificação da madeira em grupos de comercialização. Destacam-se os laminados e serraria. Entre os usos, podemos citar: caixaria, compensados, lambril, etc. Sabe-se que no processo de obtenção desses produtos finais são gerados resíduos como serragem, etc. que, geralmente, são queimados e favorecem o retorno imediato CO₂ à atmosfera. Entretanto

estes resíduos podem ser utilizados como fonte energética, substituindo os combustíveis fósseis na termelétricas, que são muito comuns no norte do país.

Nesse contexto, objetivou-se avaliar o estoque de carbono nas árvores, toras e produtos madeireiros provenientes de áreas sob manejo florestal sustentável na região Sudeste do estado do Acre. Desta forma, tais informações visam observar a contribuição dos produtos finais na mitigação das mudanças climáticas no cenário do carbono.

2. Material e métodos

2.1. Área de estudo e descrição da serraria

O presente estudo foi realizado na Serraria pertencente a Fox Madeiras, empresa industrial localizada em Rio Branco, Acre. A serraria está situada às margens da Rodovia AC-10 - Km 27. A empresa trabalha com madeiras tropicais provenientes de Plano de Manejo Florestal Sustentável com procedimentos de exploração de impacto reduzido denominado ModeFlora. (Selivon, 2014). A matéria prima (toras serradas) foi obtida de uma vegetação constituída por formações florestais com predominância de Floresta Aberta com Bambu + Floresta Aberta com Palmeiras + Floresta Densa (ACRE, 2010; Salimon et al., 2011; Selivon, 2014) presentes na Fazenda Antimary I e II (9°23'43" de latitude Sul e 67°58'50" de longitude Oeste), localizada no município de Porto Acre, Acre, Brasil.

A serraria é composta por três pátios de estocagem, equivalente a 8 ha para alocação das toras proveniente das áreas de manejo – e dois galpões principais, sendo o primeiro galpão instalado com equipamentos como a serra fita vertical e o segundo galpão com a serra múltipla de desdobro simultâneo. Após o transporte até a serraria por caminhões da empresa, as toras são separadas por espécies e dispostas aleatoriamente nos pátios de estocagem por diâmetro e comprimento, para posterior processamento mecânico. Nos galpões, as toras são processadas mecanicamente com capacidade produtiva média em torno de 50 a 70 m³ por dia, conforme a espécie a ser serrada. Em seguida, são armazenadas em uma área destinada ao produto final (tábuas, pranchas, vigas, vigotas, caibro, etc.), localizada no primeiro galpão.

2.2. Seleção das amostras e coleta de dados

A seleção das espécies a serem amostradas para volume, biomassa e carbono fundamentou-se no Índice de Valor de Cobertura (VC), obtido a partir de informações provenientes do inventário florestal 100%, no qual foram mensurados todos os indivíduos

arbóreos de interesse comercial com diâmetro à altura do peito (DAP) ≥ 50 cm. Os nomes científicos foram confirmados com a Lista da Flora do Brasil 2020 (REFLORA, 2018).

Dessa forma, foram selecionadas as 12 espécies de maior valor de importância, as quais contribuem com 57,75% da área basal total do local e de maior valor comercial. Para determinar o número total de indivíduos amostrados utilizou-se o tamanho da amostra (n) para uma população considerada infinita, pela fórmula: $n = \frac{t^2 * CV^2}{(E\%)^2}$ (sendo n = número de indivíduos amostrados; t = estatística t para, $\alpha = 5\%$; CV = coeficiente de variação e $E\%$ = precisão requerida, 10%). O número de indivíduos amostrados por espécie foi proporcional ao valor da densidade relativa árvores (Souza e Soares, 2013). Os indivíduos amostrados por espécie foram selecionados considerando-se a distribuição diamétrica das árvores registradas no inventário florestal 100%.

As toras das espécies selecionadas passaram pelo processo de cubagem rigorosa, que é a medição sucessiva de diâmetros ao longo do fuste, com secções de comprimentos em 0,0 m, 0,30 m, 1,0 m, e depois em secções de 2,0 em 2,0 m, em comprimentos iguais para que se pudesse obter o volume real da tora, pela fórmula de *Smalian*. Para a medição dos diâmetros foi utilizada uma suta e para os comprimentos das secções foi utilizada a fita métrica. Uma vez que as toras foram alocadas nos pátios de estocagem, estas passaram pelo seccionamento em toretes para o processo de desdobro, com comprimentos que variam entre 4,30 e 8,30 metros. Esta medida é realizada conforme diâmetro, comprimento e em alguns casos, pela demanda do mercado.

Para o levantamento da informação dos produtos caibro, prancha, pranchões, sarrafo, tábuas, viga e vigota obtidos dos toretes, foi utilizada uma ficha de campo padronizada, onde foram anotadas as quantidades de produtos (peças) desdobradas, com suas dimensões espessura (E), largura (L) e comprimento (C).

Uma vez que os toretes passaram pelo processo de desdobro de madeira e obtenção das medidas dos produtos, se procedeu com a classificação da madeira serrada de acordo a nomenclatura das dimensões estabelecidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), resolução N° 474 de 06 de abril de 2016 (BRASIL, 2009, 2016), conforme se apresenta na Tabela 1.

Tabela 1

Classificação da madeira serrada conforme nomenclatura das dimensões das peças estabelecidas na Resolução nº 474, de 06 de abril de 2016.

Nome	Espessura (cm)	Largura (cm)
Bloco, Quadrado ou Filé*	> 12,0	> 12,0
Pranchão	> 7,0	> 20,0
Prancha	4,0 - 7,0	> 20,0
Viga	≥ 4,0	11,0 - 20,0
Vigota	4,0 - 11,0	8,0 - 10,9
Caibro	4,0 - 8,0	4,0 - 7,9
Tábua	1,0 - 3,0	> 10,0
Sarrafo	2,0 - 3,9	2,0 - 10,0
Ripa	< 2,0	≤ 10,0

* O produto “Bloco, Quadrado ou Filé” possui seção quadrada; portanto, uma peça de madeira somente poderá ser classificada desta forma quando coincidirem suas medidas de espessura e largura.

Fonte: BRASIL (2016).

2.3. Processamento e análises de dados

O volume real do tronco com casca foi determinado pelo método de *Smalian* (Soares et al., 2013). A partir do volume real do fuste das árvores, fez-se uma projeção da estimativa da copa para as árvores totais em estudo, utilizando-se o fator de expansão de Goodman et al., 2014 onde se considera que 44% da árvore é composta por galhos, folhas e frutos totalizando o volume da copa (Vco). O restante, 56% é composto de fuste comercial mais o toco, denominado fuste total (Ft). Para o cálculo de volume total da árvore acima do solo, calculou-se o volume por componente arbóreo fuste comercial, toco e copa. O volume do toco (VTo) foi calculado pela fórmula de $V_{To} = 0,3 \cdot (DAP/200)^2 \cdot \pi$ (em que DAP = diâmetro com casca medido a 1,30 m de altura; 0,3 = altura do toco em metros; π = constante matemática Pi).

Para o volume da árvore individual fez-se um somatório dos componentes arbóreos (fuste, toco e copa). Posteriormente, somou-se os volumes das árvores individuais totalizando o estoque da área para determinação dos produtos obtidos da tora, calculou-se o volume de madeira serrada pelo somatório do volume das peças, utilizando a seguinte fórmula: $V_m = \sum (L \cdot E \cdot C)$ (Em que: V_m = Volume total em madeira serrada (m³); $\sum (L \cdot E \cdot C)$ = Somatório dos produtos (m³); em que: E = Espessura da peça (cm); L = Largura da peça (cm); C = Comprimento da peça (m)) (SFB, 2012).

O rendimento volumétrico (RV) da tora foi determinado pela relação entre o volume da tora processada e o volume obtido de madeira serrada, de acordo com a fórmula

seguinte: $RV = \left(\frac{V_m}{V_t}\right) \times 100$ (Em que: R = Rendimento do volume (%); V_m = Volume em madeira serrada (m^3); V_t = Volume da tora (m^3)). Para o rendimento de carbono (RC) na tora e árvore realizou-se o mesmo do cálculo do rendimento volumétrico, com uma única diferença que a variável a ser calculada é o carbono, onde: $RC = \left(\frac{C_m}{C_t}\right) \times 100$ (Em que: R = Rendimento do carbono (%); C_m = Carbono na madeira serrada (Mg); V_t = Carbono na tora (Mg) ou V_t = Carbono na árvore (Mg)). Para a obtenção do fator que transforma volume em carbono, por espécie, dividiu-se o carbono pelo volume por 100 em percentagem (%). A obtenção do coeficiente de rendimento volumétrico (CRV) e coeficiente de rendimento de carbono (CRC) foi determinado por espécie pela média dos RV ou RC (Brasil, 2009 e 2016). Para determinar a densidade básica da madeira, obteve-se discos de madeira coletados em campo que foram levados para o laboratório. Deles foi retirada uma cunha e obteve-se o volume saturado pelo método da imersão. Posteriormente, as amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 100 ± 2 °C, até a estabilização do seu peso seco. A densidade básica da madeira foi determinada por meio da razão entre o peso seco (g) e o seu volume saturado (cm^3). A densidade básica da madeira de cada espécie amostrada foi obtida pela média aritmética das densidades das amostras da mesma espécie (Goodman et al., 2014; Silva et al., 2015).

Para a análise elementar do teor de carbono, para cada espécie foram feitas amostras compostas a partir das cunhas de madeira. Essas amostras foram moídas e peneiradas, sendo utilizada a fração que passou pela peneira 200 mesh e ficou retida na de 270 mesh. Amostras de 2 mg foram acondicionadas em cápsulas de estanho e completamente incineradas a $1.200^\circ C$ em um analisador universal da marca Elementar, modelo Vario Micro Cube. O teor de carbono foi obtido pelo somatório dos elementos e subtraindo o teor de cinzas. O teor de carbono médio por espécie foi obtido pela média aritmética dos teores de carbono das amostras das mesmas espécies, totalizando 0,49

Para obter a biomassa e carbono existentes na árvore, o fuste comercial e os produtos finais, foram utilizadas a densidade básica da madeira e teor de carbono. A biomassa total da árvore, fuste comercial com casca e dos produtos, foi obtida pela multiplicação da densidade básica da madeira pelo volume total da árvore, fuste e produto. Para a obtenção do carbono estocado, por espécie, multiplicou-se a biomassa pelo teor de carbono 0,49.

3. Resultados

Cento e trinta e seis árvores foram cubadas, pertencentes a 12 espécies comerciais, com diâmetros entre 50,93 e 149,92 cm. A densidade variou de 0,29 a 0,82 gcm⁻³, com uma média de 0,60 g cm⁻³ (Tabela 2).

O produto final, como caibro, prancha, pranchões, sarrafo, tábuas, viga e vigota, obtido do processo de desdobro da madeira (fuste comercial) foi 484,20 m³, a biomassa 302,60 Mg e carbono 149,94 MgC.

O estoque de carbono presente nas árvores comerciais retiradas da floresta por espécie na árvore variou de 12,40 a 93,27 MgC, com média de 42,91 MgC e nos fustes que foram retirados da floresta variou de 6,73 MgC a 51,32 MgC, com média de 23,43 MgC. Já o estoque de carbono presente no produto por espécie variou de 3,32 MgC a 31,49 MgC, com média de 12,49 MgC. (Tabela 2).

Tabela 3

Volume, biomassa e carbono para as doze espécies amostradas provenientes de uma área de manejo florestal sustentável no estado do Acre, Brasil.

Nome científico	n	Produção											
		Intervalo de DAP		Densidade (g cm ⁻³)	Volume (m ³)	Produto		Fuste Comercial			Árvore		
						Biomassa (Mg)	Carbono (Mg)	Volume (m ³)	Biomassa (Mg)	Carbono (Mg)	Volume (m ³)	Biomassa (Mg)	Carbono (Mg)
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	15	54,75	79,26	0,64	10,62	6,72	3,33	25,53	16,17	8,01	46,88	29,70	14,72
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	13	64,30	130,51	0,77	74,25	56,64	28,07	126,61	96,56	47,85	231,26	176,38	87,40
<i>Castilla ulei</i> Warb.	8	56,66	120,96	0,41	73,74	30,39	15,06	162,77	66,29	32,85	300,90	122,51	60,71
<i>Cedrela odorata</i> L.	4	57,30	118,09	0,43	15,65	6,71	3,32	31,94	13,59	6,73	58,84	25,03	12,40
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	8	99,95	149,92	0,29	38,32	11,21	5,55	74,28	21,71	10,13	135,57	39,62	18,48
<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	6	78,94	136,87	0,52	31,25	16,70	8,27	63,60	33,02	16,36	116,09	60,27	29,87
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	11	70,03	123,50	0,80	79,86	63,55	31,49	121,80	97,66	51,32	221,39	177,50	93,27
<i>Eschweilera bracteosa</i> (Poepp. ex O.Berg) Miers	13	54,11	95,49	0,65	32,95	21,39	10,60	65,62	42,88	21,24	120,18	78,52	38,91
<i>Eschweilera grandiflora</i> (Aubl.) Sandwith	37	55,39	111,41	0,73	47,96	35,37	17,53	99,73	73,13	36,24	181,41	133,03	65,92
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	8	50,93	77,99	0,82	15,48	12,71	6,30	28,70	23,55	11,67	52,56	43,12	21,37
<i>Hura crepitans</i> L.	7	74,94	120,96	0,36	19,56	7,14	3,54	39,54	14,54	7,20	73,03	26,85	13,30
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	6	66,21	120,96	0,76	44,57	34,06	16,88	85,05	64,92	32,17	154,91	118,25	58,59
Total Geral	136	50,93	149,92		484,20	302,60	149,94	925,19	564,02	281,77	1693,02	1030,79	514,93
Média Geral				0,60	40,35	25,22	12,49	77,10	47,00	23,48	141,08	85,90	42,91

O fator que transforma volume da árvore em carbono na floresta, para as espécies 12 espécies, apresentaram variações de 13,63 a 42,13 %, com média de 30,41% (Tabela 3). Isto quer dizer que, a cada metro cúbico de volume existente na árvore, encontram-se 0,3041 MgC (30,41%) estocado.

Tabela 4

Fator de transformação de volume da árvore em carbono na floresta para as doze espécies amostradas provenientes de uma área de manejo florestal sustentável, no estado do Acre, Brasil.

Nome científico	Árvore		
	Volume (m ³)	Carbono (Mg)	Fator (%)
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth,) Burkart	46,88	14,72	31,39
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J,F,Macbr,	231,26	87,40	37,79
<i>Castilla ulei</i> Warb,	300,90	60,71	20,17
<i>Cedrela odorata</i> L,	58,84	12,40	21,08
<i>Ceiba pentandra</i> (L,) Gaertn,	135,57	18,48	13,63
<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	116,09	29,87	25,73
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl,) Willd,	221,39	93,27	42,13
<i>Eschweilera bracteosa</i> (Poepp, ex O,Berg) Miers	120,18	38,91	32,37
<i>Eschweilera grandiflora</i> (Aubl,) Sandwith	181,41	65,92	36,33
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S,Grose	52,56	21,37	40,66
<i>Hura crepitans</i> L,	73,03	13,30	18,22
<i>Hymenaea courbaril</i> L,	154,91	58,59	37,82
Total Geral	1,693,02	514,93	30,41

3.1. Rendimento em volume e carbono da madeira a nível de árvore e fuste comercial

O CRV (Coeficiente de Rendimento em Volume) da madeira serrada em relação à tora foi de 52,34% e o CRC (Coeficiente de Rendimento em Carbono) foi de 53,21% (Tabela 4). Ao considerar o carbono existente na árvore e o que fica estocado no produto obtém-se um CRC de 29,12% (Tabela 4).

Tabela 5

Coefficiente de rendimento volumétrico para a tora e coeficiente de rendimento de carbono na tora e na árvore para as doze espécies provenientes de uma área de manejo florestal sustentável no estado do Acre, Brasil.

Nome científico	Rendimento								
	Volume			Carbono					
	Tora (m ³)	Produto (m ³)	CRV%	Tora (Mg)	Produto (Mg)	CRC%	Arvore (Mg)	Produto (Mg)	CRC%
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	25,53	10,62	41,61	8,01	3,33	41,57	14,72	3,33	22,64
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J,F,Macbr,	126,61	74,25	58,65	47,85	28,07	58,66	87,40	28,07	32,11
<i>Castilla ulei</i> Warb,	162,77	73,74	45,30	32,85	15,06	45,85	60,71	15,06	24,81
<i>Cedrela odorata</i> L,	31,94	15,65	49,00	6,73	3,32	49,35	12,40	3,32	26,79
<i>Ceiba pentandra</i> (L,) Gaertn,	74,28	38,32	51,58	10,13	5,55	54,85	18,48	5,55	30,05
<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	63,60	31,25	49,13	16,36	8,27	50,57	29,87	8,27	27,70
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl,) Willd,	121,80	79,86	65,57	51,32	31,49	61,36	93,27	31,49	33,76
<i>Eschweilera bracteosa</i> (Poepp, ex O,Berg) Miers	65,62	32,95	50,21	21,24	10,60	49,89	38,91	10,60	27,25
<i>Eschweilera grandiflora</i> (Aubl,) Sandwith	99,73	47,96	48,09	36,24	17,53	48,37	65,92	17,53	26,59
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S,Grose	28,70	15,48	53,93	11,67	6,30	53,99	21,37	6,30	29,48
<i>Hura crepitans</i> L,	39,54	19,56	49,46	7,20	3,54	49,10	13,30	3,54	26,59
<i>Hymenaea courbaril</i> L,	85,05	44,57	52,40	32,17	16,88	52,46	58,59	16,88	28,80
Média Geral			52,34			53,21			29,12

O carbono estocado nos produtos para cada uma das 12 espécies, que variou de 3,32 (2,22%) a 31,39 MgC (21%). Em média, cada indivíduo estoca 1,10 MgC, com variação de 0,41 a 2,86MgC (Tabela 5).

Tabela 6

Carbono existente nos produtos para as doze espécies provenientes de uma área de manejo florestal sustentável no estado do Acre, Brasil.

Nome científico	Carbono no produto(MgC)	%	Média por indivíduo (MgC)
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	3,33	2,22	0,48
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	28,07	18,72	2,16
<i>Castilla ulei</i> Warb.	15,06	10,04	0,41
<i>Cedrela odorata</i> L.	3,32	2,22	0,42
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	5,55	3,70	1,39
<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	8,27	5,52	1,38
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	31,49	21,00	2,86
<i>Eschweilera bracteosa</i> (Poepp. ex O.Berg) Miers	10,60	7,07	0,71
<i>Eschweilera grandiflora</i> (Aubl.) Sandwith	17,53	11,69	1,35
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	6,30	4,20	0,79
<i>Hura crepitans</i> L.	3,54	2,36	0,59
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	16,88	11,26	2,11
Total Geral	149,94	100	1,10

3.2. Produtos finais desdobrados

Quarenta e quatro mil setecentos oitenta e três (44.783) peças como caibro, prancha, pranchões, sarrafo, tábua, viga e vigota foram desdobradas de cada uma das 12 espécies (Tabela 6). Dos produtos finais desdobrados na serraria, os pranchões com 0,0728m³ (0,01%) e 0,03 MgC (0,02) teve o menor valor. O maior valor é da tábua, com 264,221 m³ (54,57%) e 71,13 MgC, (47,44%) (Tabela 6). Os maiores diâmetros apresentam maior estoque de carbono, como no centro de classe 95 que teve 28,78% do total (Tabela 7).

Tabela 7

Volume e carbono existente em produtos finais obtidos da tora comercial, de doze espécies provenientes de uma área de manejo florestal sustentável no estado do Acre, Brasil.

Produtos	n	Volume da tora (m ³)	%	Carbono nos	
				produtos (Mg)	%
Caibro	12.639	119,12	24,60	43,67	29,12
Prancha	367	24,3	5,02	7,36	4,91
Pranchões	26	0,07	0,01	0,03	0,02
Sarrafo	11.798	46,07	9,51	16,1	10,74
Tábua	18.613	264,22	54,57	71,13	47,44
Viga	796	21,38	4,42	8,18	5,46
Vigota	544	9,04	1,87	3,46	2,31
Total Geral	44.783	484,2	100	149,94	100

Tabela 8

Distribuição diamétrica do carbono para os produtos desdobrados na serraria das doze espécies provenientes de uma área de manejo florestal sustentável no estado do Acre, Brasil.

Produto	Centro de classe de diâmetro (cm) /Carbono (Mg)										Total
	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	
Caibro	2,75	4,28	8,47	2,82	11,48	4,38	3,61	2,91	2,96		43,67
Prancha	0,81	1,03	0,21	0,23	4,30		0,78				7,36
Pranchões			0,03								0,03
Sarrafo	1,35	1,57	4,00	1,50	4,80	1,15	0,52	0,66	0,50	0,04	16,10
Tábua	3,23	7,47	14,70	10,61	18,16	3,30	2,29	5,40	2,75	3,23	71,13
Viga	0,23	0,31	0,66	1,67	3,74		1,58				8,18
Vigota		0,06	0,92	0,29	0,57	1,29	0,23	0,10			3,46
Total	8,38	14,71	28,99	17,13	43,04	10,13	9,01	9,08	6,21	3,26	149,94
%	5,59	9,81	19,34	11,42	28,70	6,76	6,01	6,05	4,14	2,18	100

A Tabela 9, apresenta o fator que transforma o volume em carbono estocado pelo produto em porcentagem (%). Onde indica que a cada metro cúbico de madeira existente na tora extraída da floresta, 0,1547 MgC (15,47%) fica estocado em produto.

Tabela 9

Fator de transformação de volume da tora em carbono no produto para as doze espécies amostradas provenientes de uma área de manejo florestal sustentável, no estado do Acre, Brasil.

Nome Científico	Volume da Tora (m ³)	Carbono do Produto (MgC)	Fator (%)
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	25,53	3,33	13,04
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	126,61	28,07	22,17
<i>Castilla ulei</i> Warb.	162,77	15,06	9,25
<i>Cedrela odorata</i> L.	31,94	3,32	10,39
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	74,28	5,55	7,47
<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	63,60	8,27	13,00
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	121,80	31,49	25,85
<i>Eschweilera bracteosa</i> (Poepp. ex O.Berg) Miers	65,62	10,60	16,15
<i>Eschweilera grandiflora</i> (Aubl.) Sandwith	99,73	17,53	17,58
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	28,70	6,30	21,95
<i>Hura crepitans</i> L.	39,54	3,54	8,95
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	85,05	16,88	19,85
Média Geral	77,10	12,50	15,47

4. Discussão

No cenário das mudanças climáticas, a estocagem de carbono é fundamental para remoção do dióxido de carbono na atmosfera e na mitigação das mudanças climáticas (Chave et al., 2005; Fernside, 2012; Tulasuwan et al., 2012; Chave et al., 2014; Goodman et al., 2014; UN-REDD, 2016). No presente estudo, observa-se que a quantidade de carbono tem sido influenciada pela densidade da madeira, teor de carbono (0,49), atributos da árvore e densidade das espécies, (Rocha, 2000; Murara Junior, 2005; Murara Junior, 2013) afetando os resultados, tais resultados estão referidos na Tabela 2.

A espécie *Cedrela odorata* L. possui 58,84m³ de madeira e 12,40 MgC, com densidade de 0,43 g cm⁻³, sendo afetada sua estocagem pela densidade da madeira, diâmetro e número de indivíduos. A espécie *Hura crepitans* L. com volumetria de 73,03 m³ e 13,30 MgC e densidade de 0,36 g cm⁻³, apresenta baixa estocagem devido a densidade da madeira, número de indivíduos e diâmetro.

No caso de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose com volumetria de 52,56m³, 21,37 MgC e densidade de 0,82 g cm⁻³ e a densidade da madeira foram fatores importantes para geração do resultado, além do diâmetro e número de indivíduos. Esta espécie é

considerada uma madeira dura. Para esta espécie o fator que transforma volume em carbono, é de 40,89% (Tabela 3).

Por fim, tem-se a *Ceiba pentandra* com volumetria de 135,57 m³ e estoque de carbono de 18,48 MgC. Devido à baixa densidade de 0,29 g cm⁻³ e poucos indivíduos, mas com elevado valor de diâmetro que favorece a volumetria em detrimento do teor de carbono. Para esta espécie o fator que transforma volume em carbono, é de 13,63% (Tabela 3).

A partir das observações apresentadas, infere-se que todas as espécies foram influenciadas pela densidade da madeira em seus resultados. As espécies de baixa densidade (madeiras moles) estocam menor quantidade de carbono que outras, com densidade mais elevada (madeiras duras).

As observações do rendimento volumétrico da madeira serrada do fuste comercial variam entre 41,61% e 65,57% (Tabela 4). Estas variações acontecem pelas características de cada espécie como a forma do fuste, a qualidade da tora e as dimensões do diâmetro (Tabela 2) (Rocha, 2000; Murara Junior, 2005; Murara Junior et al., 2013), a presença de extrativos (terpenóides, ácidos resínicos e substâncias fenólicas). Em alguns casos, essas características favorecem ou desfavorecem o desdobro (corte) na serraria e a posterior utilização da madeira para fins específicos (caixaria, compensados, etc.). Somado a isso, o fator econômico tem influência direta no produto final (Chichorro, 2000), sendo a demanda da madeira um fator determinante para produção dos produtos finais como móveis, esquadrias (portas e janelas), etc.

Durante o processo de experimentação na serraria, foi observado que a *Ceiba pentandra* apresenta forma de fuste semelhante a um cilindro e que teoricamente deveria ter bom aproveitamento, apresentou um rendimento volumétrico de apenas 51,58%. Isto é explicável porque ela possui baixa densidade, 0,29 g cm⁻³, e por isso praticamente se aproveita apenas para a produção de tábua e não há, assim, o processamento de outras peças que não são demandadas no mercado.

A *Albizia niopoides* apresenta, por sua vez, uma elevada densidade, 0,64g cm⁻³, porém baixo rendimento volumétrico 41,61% em relação às doze (12) espécies apresentadas, uma vez que possui constituintes extrativos que impedem a serragem por dificultar a passagem da serra no processo de fabricação das tábuas, sarrafos e vigotas. A madeira apresenta pouca demanda comercial quando constituída de extrativos e alta demanda ao ocorrer a remoção destes, haja vista que é uma madeira de alta qualidade para produção de móveis, esquadrias (portas e janelas), etc.

A madeira de *Dipteryx odorata*, por sua vez, possui alta densidade $0,80 \text{ g cm}^{-3}$ (madeira dura) e apresentou maior rendimento volumétrico entre as espécies apresentadas, com valor de 65,57%, com forma do fuste combinada entre paralelóide e cilíndrico com elevados diâmetros (Tabela 2). Essas características influenciam no desdobro das toras, que é executado de forma cautelosa, visando o maior rendimento da madeira serrada. Por possuir uma alta durabilidade natural, é muito demandada no cenário econômico para produção de artigos que requerem alta durabilidade e resistência.

Outra das características associadas para o rendimento volumétrico é a utilização dos equipamentos na serraria e manuseio dos mesmos, a qual melhoraria a eficiência do desdobro. A especificidade dos equipamentos não foi tratada no presente estudo.

O coeficiente de rendimento volumétrico (CRV) da pesquisa foi 52,34%. Em relação a Resolução CONAMA nº 474, de 6 de abril de 2016, que determina um rendimento de 35% (BRASIL, 2016) diz-se que os valores obtidos são superiores aos determinados. Ao mesmo tempo, é observado na Resolução número 474/2016 que são permitidas as apresentações de estudos, considerando grupos de espécies que representem a maior parte (50+1%) das espécies utilizadas (BRASIL, 2016). A partir disso, o exposto no projeto apresenta o valor volumétrico real do processamento da madeira.

No presente estudo, o CRV se encontra dentro da margem dos outros estudos (e.g. Martins et al., 2002; Tonini e Antônio, 2004; Biasi et al., 2006; Danieli et al., 2014) variaram de 48,28 até 59,67% para as localizações de Mato Grosso, Rondônia e Roraima.

Quanto ao coeficiente de rendimento de carbono no fuste comercial, este varia entre 41,57% a 61,36% (Tabela 4). Estas variações acontecem pelas características de densidade da madeira (Tabela 1) (Chave et al., 2005; Chave et al., 2014; Goodman et al., 2015). Tais valores permitem observar, distinguir e escolher a maior porcentagem de carbono existente no fuste e, conseqüentemente, nos produtos finais (caibro, prancha, pranchões, sarrafo, tábua, viga e vigota).

No caso do carbono estocado no produto final por espécie é de 149,94 MgC (Tabela 5) que varia conforme as especificidades de cada espécie. O menor valor de carbono foi na espécie *Cedrela odorata* com 2,22%. O maior valor foi da espécie *Dipteryx odorata* com 21,00%. Esses valores sofrem variação conforme as características de densidade da madeira (Tabela 1).

O carbono existente nos produtos por indivíduo por espécie com média 1,10 MgC tem sido influenciado pela densidade básica da madeira para estocagem de carbono nos produtos (Tabela 1), variando de 2,2% a 21% do carbono total por espécie. Estes resultados

corroboram que a densidade da madeira tem um papel muito importante na estocagem do carbono no produto. Onde, as espécies com densidade alta contribuem significativamente para a estocagem de produto. Por outro lado, as espécies que possuem baixa densidade, contribuem pouco para a estocagem de carbono.

Uma vez que os produtos (peças) foram desdobrados e classificados (44.783) por suas dimensões, a tábua obteve maior porcentagem de volume (54,57%) e carbono (47,44%) e os pranchões as menores porcentagens (Tabela 6). O carbono existente nos produtos está relacionado ao volume, densidade da madeira e número de peças.

A maior quantidade e diversidade de produtos em carbono, como caibro, sarrafo, tábua, pranchas, viga e vigotas apresentam-se na classe diamétrica entre 95 – 104,99 cm, justamente por encontrar-se em limites superiores das classes diamétricas, confirmando que a maior volumetria se encontra em classes superiores (Tabela 7) (Murara Junior, 2005; Murara Junior, 2013).

A relação encontrada entre volume encontrado na tora extraída da floresta e carbono estocado em produto (Tabela 8), permite inferir sobre a contribuição do manejo para a minimização das mudanças climáticas.

No Brasil, de acordo com os dados oficiais, disponibilizados pelo Serviço Florestal Brasileiro, a produção anual de madeira oriunda de manejo florestal sustentável no ano 2017 é de 140.305,2404 m³ de tora, correspondente a concessão florestal em quatro florestas nacionais (flonas: Altamira, Jacundá, Saracá Taquera–Lote Sul, Saracá-Taquera), Ao considerar este valor e que 15,47% do volume fica estocado em produtos, o valor pode perfazer um total de 21.705,2207 MgC por ano. Este valor pode ser potencializado, caso haja um aumento das áreas de manejo no Brasil. Este aumento da área manejada pode acontecer motivado por algum incentivo econômico, que pode vir como uma compensação dos benefícios do manejo na maior estocagem de carbono na superfície da terra.

Diante dos valores expostos, é interessante se fazer uma releitura do manejo florestal sustentável com enfoque na mitigação das mudanças climáticas e produção de produtos finais para a sociedade que contribuam na remoção de dióxido de carbono na atmosfera. Uma alternativa para esse tipo de releitura seria reorganizar as espécies que capturam maior quantidade de carbono para que estas sejam manejadas, tendo em vista que os produtos finais possuirão maiores quantidades de carbono estocado. Enquanto que as espécies de madeira mole poderiam ser mantidas em grande parte na floresta, para evitar o desperdício e baixo rendimento na serraria e cumprir funções ambientais como ciclagem de água, de nutrientes e outras funções ambientais. Vale ressaltar que deve-se tomar o cuidado para não reduzir

muito as espécies e tornar a floresta mais omogêna. As espécies de madeira dura no processo de pós colheita devem ser enriquecidas para que não percam sua diversidade ecológica e se mantenham nas florestas para manter seu ciclo de produção (produtos finais) e recuperação no ciclo do corte de 30 anos. Argumento técnico que poderia ser discutido nas políticas como estratégia de mitigação das mudanças climáticas e seu potencial para pleitear os créditos de carbono.

5. Conclusões

As características do desdobro da madeira vão depender da espécie a ser serrada, sendo as propriedades inerentes de cada espécie – como a forma do fuste, a qualidade da tora, a densidade, o teor de carbono, dentre outros fatores

O rendimento volumétrico mostrou que 52,34% do volume e 53,21% do carbono continuaram fixados em produtos serrados, ou seja, não serem emitidos por longo período.

As espécies de baixa densidade, conhecidas como madeiras moles, estocam menor quantidade de carbono e as espécies de alta densidade, conhecidas como madeiras duras, estocam maiores quantidades.

Os produtos finais estão relacionados com a densidade da madeira, diâmetros e número de indivíduos, influenciado pelas espécies de madeira menos densa resultando em menor quantidade de carbono estocado. Por outro lado, nas espécies com maior densidade, o teor de carbono é proporcionalmente mais elevado.

Por fim, deve-se fazer uma releitura do manejo florestal sustentável com enfoque nas mudanças climáticas, reorganizando as espécies que capturam maior quantidade de carbono e, conseqüentemente, produtos que estocam carbono por um longo período de tempo.

Espécies que retém baixas quantidades de carbono devem ser mantidas em grande parte na floresta, para evitar o desperdício devido ao baixo rendimento na serraria e cumprindo outras funções ambientais. Esta redefinição pode contribuir para a maior estocagem de carbono na floresta.

No manejo florestal sustentável para metro cúbico de madeira explorada, é possível manter mais de 50% estocado em produtos. Com isso, pode haver uma promoção da estocagem de produtos, evidenciando o papel do manejo na diminuição do CO₂ na atmosfera.

6. Referências Bibliográficas

7. Referências Bibliográficas

Acre. Governo do Estado do Acre, Zoneamento Ecológico Econômico do Acre, 2010a. Guia para o uso da terra acreana com sabedoria: Resumo educativo do Zoneamento Ecológico-

Econômico do Acre: fase II (escala 1: 250.000) primeira ed., Rio Branco.

Brasil, 2016. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 474, de 06 de abril de 2016. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

Chichorro, J. F., 2000. Análise estrutural e econômica de multiprodutos da madeira. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 241.

Dykstra, D.P., 2002. Reduced impact logging: concepts and issues. In: Enters, T., Durst, P.B., Applegate, G.B., Kho, P.C.S., Man, G. (Eds.), *Applying Reduced Impact Logging to Advance Sustainable Forest Management*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Bangkok, 371–381.

ECOHOUSES, 2018. La durabilidad de la madera en construcción. <http://www.ecohouses.es/la-durabilidad-de-la-madera-en-construccion/?lang=es> (accessed 13 October 2018).

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. El estado de los bosques del mundo: potenciar los beneficios socioeconómicos de los bosques. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/sofo/es/>> (accessed 15 December 2018).

Fearnside, P.M., 2000. Global warming and tropical land-use change: greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. *Climatic Change* 46, 115–158.

Goodman R.C., Phillips O.L., Baker T.R., 2014. The importance of crown dimensions to improve tropical tree biomass estimates. *Ecological Applications*, 24, 680-698. Doi: 10.1890/13-0070.1.

Houghton, R.A., Lawrence, K.L., Hackler, J.L., Brown, S., 2001. The spatial distribution of forest biomass in the Brazilian Amazon: a comparison of estimates. *Global Change Biology* 7, 731–746.

Holmes, T. P., Blate, G. M., Zweede, J. C., Pereira Junior, R., Barreto, P., Boltz, F., 2008. Custos e benefícios financeiros da exploração de impacto reduzido em comparação à exploração florestal convencional na Amazônia Oriental. Belém: Fundação Floresta Tropical.

Leite, H. G., Campos, J. C. C., Paula Junior, G. G., 1995a. Emprego de um modelo de programação dinâmica para conversão de troncos em multiprodutos da madeira. *Revista Árvore*, 19, 447-465.

Leite, H. G., Guimarães, D. P., Campos, J. C. C., 1995b. Descrição e emprego de um modelo para estimar múltiplos volumes de árvores. *Revista Árvore* 19, 65-79.

Lindenmayer, D.B., Margules, C.R., Botkin, D.B., 2000. Indicators of biodiversity forecologically sustainable forest management. *Conserv. Biol.* 14, 941–950.

Murara Junior, M. I., 2005. Desdobro de toras de pinus utilizando diagramas de corte para diferentes classes diamétricas. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciências florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

- Nogueira, E. M., P. M. Fearnside, B. W. Nelson, R. I. Barbosa, and E. W. H. Keizer. 2008a. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories. *Forest Ecology and Management* 256, 1853–1867.
- Nogueira, E. M., B.W. Nelson, P. M. Fearnside, M. B. Franca, and A. C. A. de Oliveira. 2008b. Tree height in Brazil's 'arc of deforestation': Shorter trees in south and southwest Amazonia imply lower biomass. *Forest Ecology and Management* 255, 2963–2972.
- Peters, C.M., Gentry, A.H., Mendelsohn, R.O., 1989. Valuation of an Amazonian rainforest. *Nature*, 339, 655 - 656.
- Pinard, M.A., Cropper, W.P., 2000. Simulated effects of logging on carbon storage in dipterocarp forest. *J. Appl. Ecol.* 37, 267–283. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2664.2000.00488.x>.
- Pokorny, B., Johnson, J., 2008. *Community Forestry in the Amazon: the Unsolved Challenge of Forests and the Poor* first ed. ODI Natural Resource Perspectives 112, London.
- Putz, F.E., Sist, P., Fredericksen, T., Dykstra, D., 2008a. Reduced-impact logging: challenges and opportunities. *For. Ecol. Manage.* 256, 1427–1433. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2008.03.036>.
- Putz, F.E., Zuidema, P.A., Pinard, M.A., Boot, R.G.A., Sayer, J.A., Sheil, D., Sist, P., Elias, Vanclay, J.K., 2008b. Improved tropical forest management for carbon retention. *PLoS Biol.* 6, 1368–1369. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pbio.0060166>.
- Putz, F.E., Zuidema, P.A., Synnott, T., Peña-Claros, M., Pinard, M.A., Sheil, D., Vanclay, J.K., Sist, P., Gourlet-Fleury, S., Griscom, B., Palmer, J., Zagt, R., 2012. Sustaining conservation values in selectively logged tropical forests: the attained and the attainable. *Conserv. Lett.* 5, 296–303. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1755-263X.2012.00242.x>.
- Ros-Tonen, M.A.F., T. van Andel, C. Morsello, K. Otsuki, S. Rosendo, and I. Scholz. 2008. Forest-related partnerships in Brazilian Amazonia: There is more to sustainable forest management than reduced impact logging. *Forest Ecology and Management* 256, 1482-1497.
- Rocha, M. P., 2000. *Eucalyptus grandis Hill ex Maiden e Eucalyptus dunnii Maiden como fontes de matéria prima para serrarias*. 185f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Rutishauser, E., Héroult, B., Baraloto, C., Blanc, L., Descroix, L., Sotta, E.D., Ferreira, J., Kanashiro, M., Mazzei, L., D'Oliveira, M.V.N., De Oliveira, L.C., Peña-Claros, M., Putz, F.E., Ruschel, A.R., Rodney, K., Roopsind, A., Shenkin, A., Da Silva, K.E., De Souza, C.R., Toledo, M., Vidal, E., West, T.A.P., Wortel, V., Sist, P., 2015. Rapid tree carbon stock recovery in managed Amazonian forests. *Curr. Biol.* 25, 787– 788. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2015.07.034>.
- Serviço Florestal Brasileiro – SFB, 2012. Guia para medição de produtos e subprodutos florestais madeireiros das concessões florestais.

<http://www.florestal.gov.br/publicacoes/569-guia-para-medicao-de-produtos-e-subprodutos-florestais-madeireiros-das-concessoes-florestais> (accessed 13 October 2018);

Soares, T. S., Vale do A. B., Leite, H. G., Machado, C. M. 2003. Otimização de multiprodutos em povoamentos florestais. *Revista Árvore* 27, 811-820.

Sheil, D., Wunder, S., 2002. The value of tropical forest to local communities: complications, caveats, and cautions. *Conserv. Ecol.* 6 - 22.

Sikor, T., 2006. Analyzing community-based forestry: local, political and agrarian perspectives. *For. Policy Econ.* 8, 339–349.

Scherr, S., White, A., Khare, A., 2004. The Current Status and Future Potential of Markets for the Ecosystem Services provided by Tropical Forests. *For Services Rendered.*, 21, In: ITTO Technical Series 21. ITTO, Yokohama

Salimon, C. I., F. E. Putz, L. Menezes-Filho, A. Anderson, M. Silveira, I. F. Brown, and L.C. Oliveira, 2011. Estimating state-wide biomass carbon stocks for a REDD plan in Acre, Brazil. *Forest Ecology and Management* 262, 555–560.

SELIVON, C.A. Plano de operação anual-POA, UPA-002. Fazenda Antimari I e II. Rio Branco, AC. 2015. p. 94.

Silva, H.F., Ribeiro, S.C., Botelho, A.S., Faria, R.A.V.B., Teixeira, M.B.R., Mello, J.M., 2015. Estimativa do estoque de carbono por métodos indiretos em área de restauração florestal em Minas Gerais. *Scientia Forestalis* 43, 943-953 DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v43n108.18](https://doi.org/10.18671/scifor.v43n108.18)

Silveira, P.; Koehler, H. C.; Sanquetta C. R.; Arce, J. A., 2008. Estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais primeira ed. Floresta, Curitiba.

Soares, B.C.P., Neto, D.P.F., Souza, D.L.A., 2011. Dendrometria e Inventário Florestal, primeira ed. Editora UFV, Viçosa.

Sabogal, C., Silva, J. N. M., Zweed, J., Pereira Júnior, R., Barreto, P., Guerreiro, C. A., 2000. Diretrizes técnicas para exploração de Impacto reduzido em operações florestais de terra firme na Amazônia Brasileira primeira ed. Embrapa, Belém.

Steege, H., 2018. Dinâmica da Biodiversidade “It amazes me that 1 hectare of tropical forest can have more than 300 tree species. Why, how?” <https://science.naturalis.nl/en/people/scientists/hans-ter-steege/> (accessed 13 October 2018).

Tulyasuwan N., Henry M., Secrieru M., Jonckheere I., Federici S., 2012. Issues and challenges for the national system for greenhouse gas inventory in the context of REDD+. *Greenhouse Gas Measurement and Management*, 2, 73–83.

UN-REDD PROGRAMME: REDD+ ACADEMY. Climate Change and the Role of Forests: Chapter 1-Forest, Carbon Sequestration and Climate Change. 2016. p 18.

von Bertalanffy, L., 1973. *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. Penguin University Books, Harmondworth.

West, T.A.P., Vidal, E., Putz, F.E., 2014. Forest biomass recovery after conventional and reduced-impact logging in Amazonian Brazil. *For. Ecol. Manage.* 314, 59– 63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2013.11.022>.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de equações alométricas para volume, biomassa e carbono para espécies comerciais mistas permite a redução dos erros em modelos não adequados e geração de estimativas com maior exatidão para a quantificação dos estoques de madeira, biomassa e carbono da floresta no sudoeste da Amazônia brasileira.

A implementação de um manejo florestal sustentável pode proporcionar à floresta a abertura de dossel para a entrada de luz, por conta das árvores que foram retiradas tanto no manejo como na abertura dos pátios de estocagem, caminhos e trilhas de arraste. Deste modo, o manejo florestal sustentável não afeta em termos significativos a floresta, possibilitando aumento da remoção do dióxido de carbono da atmosfera pelas árvores remanescentes, árvores a proteger e na fase de regeneração natural e crescimento das árvores, principalmente na idade jovem. Desta maneira, a floresta atua como um sumidouro para remoção de CO₂ da atmosfera

As árvores que ficam remanescentes no manejo, possibilitam a remoção do dióxido de carbono da atmosfera mediante seus diferentes componentes de estocagem (fuste, copa, frutos entre outros), durante o ciclo de corte. No caso das árvores a proteger, como as que se encontram em APP e árvores protegidas por lei (ou proibidas de corte) a remoção do dióxido de carbono ocorrerá continuamente, enquanto essas estiverem metabolicamente ativas.

Os estoques de madeira contidos no fuste e que são retirados da floresta, vem sendo transformados em produtos sólidos, com maior resistência e durabilidade, de acordo com o tipo de espécie, mantendo desta forma o carbono estocado por um longo período.

O rendimento da madeira nos fustes comerciais depende do diâmetro, forma do fuste e números de indivíduos a serem processados. Os extrativos podem afetar no desdobramento da madeira. O rendimento de carbono existente no fuste e produtos oriundos do desdobra dependerá da densidade básica da madeira (mole e dura). O rendimento, está relacionado com as características físicas e biológicas das árvores. Quanto maiores diâmetros, e menores densidades de madeira, apresentam menores quantidades de carbono, estocados em

produtos, proporcionalmente. E, no caso de madeiras duras, maiores diâmetros, e maiores densidades da madeira, apresentam maiores quantidades de carbono estocado em produtos.

No enfoque das mudanças climáticas é interessante se fazer uma releitura do manejo florestal sustentável, reorganizando as espécies que capturam maior quantidade de carbono e, conseqüentemente, produtos que estocam carbono por um longo período de tempo. Por outro lado, espécies que retêm baixas quantidades de carbono poderiam ser mantidas em grande parte na floresta, para evitar o desperdício e baixo rendimento na serraria e, também, para cumprir outras funções ambientais.

Estes argumentos técnicos podem servir de base para discussão de políticas estratégicas para mitigação das mudanças climáticas e seu potencial de geração de créditos de carbono, no mercado regulado ou outras formas de negociação no mercado, bem como, a sua utilização para o cumprimento da NDCs pelo Brasil. Isto pode contribuir para a estabilização das concentrações de dióxido de carbono na atmosfera, por meio da conservação, gestão sustentável das florestas e aumento dos estoques de carbono na floresta.