Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Comparação de diferentes formas de colheita florestal na Amazônia brasileira através da modelagem da produção e do crescimento

Tito Nunes de Castro

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Recursos Florestais. Opção em: Silvicultura e Manejo Florestal

Piracicaba
2012

Tito Nunes de Castro
Engenheiro Florestal

Comparação de diferentes formas de colheita florestal na Amazônia brasileira através da modelagem da produção e do crescimento

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JOÃO LUIS FERREIRA BATISTA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Recursos Florestais. Opção em: Silvicultura e Manejo Florestal

Piracicaba
2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP

Castro, Tito Nunes de
Comparação de diferentes formas de colheita florestal na Amazônia brasileira através da modelagem da produção e do crescimento / Tito Nunes de Castro. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2012.
73 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Colheita florestal 2. Exploração de impacto reduzido 3. Exploração madeireira 4. Florestas tropicais - Amazônia brasileira 5. Manejo florestal 6. Modelagem I. Título

CDD 634.983
C355c

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço ao meu orientador professor doutor João Luis Ferreira Batista, pelo apoio, ensinamentos e confiança. Agradeço também ao professor doutor Edson Vidal por ter me cedido seus dados, assim como pelos ensinamentos. Agradeço a todos os outros professores do Departamento de Ciências Florestais que auxiliaram nesse meu aprendizado, assim como os funcionários do departamento.

A todos os meus colegas de pós-graduação pela convivência. Aos meus amigos de graduação pelo apoio, carinho e amizade. E a todos os outros meus amigos.

A república Área 51 e todos seus moradores e ex-moradores por me acolher e me aguentar durante esses mais de dois anos de mestrado.

Aos meus pais, pela força, carinho, amizade e amor. A toda minha família, pelo apoio durante minha vida.

Aos colegas e amigos de laboratório, pelas risadas, cafés e amizade.

A todos aqueles que conheci durante esses dois anos de mestrado que por mais rápido que tenha sido o contato também contribuiu de certa forma com minha formação.

Não citarei nomes para ter certeza que não me esquecerei de ninguém.

E por fim, agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa concedida.

À minha mãe, Silvana, e ao meu pai, Raymundo, dedico.

“É melhor tentar e falhar, do que preocupar-se e ver a vida passar. É melhor tentar, ainda que em vão, que sentar-se fazendo nada até o final.”

Martin Luther King

SUMÁRIO

RESUMO **11**
ABSTRACT **13**
1 INTRODUÇÃO **15**
1.1 Exploração florestal na Amazônia brasileira 15
1.1.1 Exploração Convencional 17
1.1.2 Exploração de Impacto Reduzido 17
1.2 Modelagem da Produção e do Crescimento 18
1.3 Objetivos 20
1.3.1 Objetivo geral 20
1.3.2 Objetivos específicos 20
1.4 Considerações 20
Referências 21
2 EXPLORAÇÃO MADEIREIRA NA AMAZÔNIA: COMPARAÇÃO E EFICÁCIA DE MÉTODOS ATRAVÉS DA MODELAGEM DA PRODUÇÃO **25**
Resumo 25
Abstract 25
2.1 Introdução 26
2.2 Materiais e métodos 27
2.2.1 Área de estudo 27
2.2.2 Dados 28
2.2.3 Descrição do Modelo 28
2.2.4 Recuperação da floresta 29
2.3 Resultados e Discussão 30
2.3.1 Ajuste e seleção dos modelos 30
2.3.2 Produção 31
2.4 Conclusão 36
Referências 37

3 ANÁLISE DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL NA AMAZÔNIA ORIENTAL BRASILEIRA ATRAVÉS DE MATRIZES DE TRANSIÇÃO 39
Resumo 39
Abstract 39
3.1 Introdução 40
3.2 Materiais e métodos 41
3.2.1 Área de estudo 41
3.2.2 Dados 41
3.2.3 Descrição dos Modelos 42
3.2.4 Montagem da matriz e seleção dos modelos 45
3.2.5 Recuperação da floresta 46
3.3 Resultados e discussão 46
3.3.1 Matriz de transição 46
3.3.2 Erro médio 49
3.3.3 Desenvolvimento da floresta 50
3.4 Conclusões 61
Referências 62
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS 65
APÊNDICES 67

RESUMO

Comparação de diferentes formas de colheita florestal na Amazônia brasileira através da modelagem da produção e do crescimento

A exploração madeireira na floresta Amazônica tem sido bastante discutida nos últimos anos. Novas técnicas de exploração que visam a redução do impacto proveniente da exploração têm sido criadas almejando o uso sustentável da floresta. Dessa forma, essa dissertação tem o objetivo de avaliar o período de recuperação da floresta tropical amazônica depois da Exploração de Impacto Reduzido e da Exploração Convencional, comparando-as. O experimento foi instalado na fazenda Agrossete em Paragominas, estado do Pará, no ano de 1993 com a exploração madeireira da área. Foram alocadas parcelas na área de exploração convencional, exploração de impacto reduzido e na área de preservação permanente que totalizam em cada área 24,5 hectares. Os dados de diâmetro a altura do peito, nome da espécie e características qualitativas foram coletados antes da exploração no ano de 1993, e depois da exploração nos anos de 1994, 1995, 1996, 1998, 2000, 2003, 2006 e 2009 nas árvores de interesse comercial com diâmetro a altura do peito (DAP) maior que 10 cm e nas árvores sem interesse comercial com DAP maior que 25 cm. Foi realizada a modelagem, a nível de povoamento, da produção a fim de determinar o incremento em volume das explorações, assim como, a modelagem da distribuição diamétrica através de matrizes de transição após a exploração, definindo o padrão temporal de seu crescimento. A modelagem da produção indicou uma rápida recuperação do volume da floresta para ambas as explorações, em contrapartida, considerando apenas o volume comercial passível de corte, a área de Exploração de Impacto Reduzido não recuperou dentro do ciclo de corte e a área de Exploração Convencional não alcançará os mesmo níveis que possuía antes da exploração em um médio prazo. Na modelagem da distribuição dos diâmetros, a Exploração de Impacto Reduzido alcançou a mesma estrutura diamétrica após o período do ciclo de corte, diferentemente da área de Exploração Convencional, sendo que as classes diamétricas com os maiores diâmetros são favorecidas na Exploração de Impacto Reduzido, diferentemente do que ocorre na Exploração Convencional.

Palavras-chave: Modelagem; Exploração de Impacto Reduzido; Exploração Convencional; Floresta Amazônica

ABSTRACT

Comparison between different kinds of logging in the Brazilian Amazon by growth and yield models

Logging in Amazon forest has been much discussed in recent years. New logging techniques aiming the reduction of impacts from logging has been developed trying to reach the sustainable use of forest resources. In this way, this project aims to asses and compare the recuperation time of Amazon rainforest after the Reduced Impact Logging and the Conventional Logging. The experiment was installed in Agrossete farm, localized in Paragominas - PA, in 1993 through of logging's area. Plots, with 24.5 ha each, were allocated in the Reduced Impact Logging area, Conventional Logging area and Permanent Preservation area. Diameter at breast height (DBH), specie name and qualitative characteristics were collected for commercial interest trees with DBH bigger than 10 cm and for trees without commercial interest with DBH bigger than 25 cm, before the logging in 1993 and after the logging in 1994, 1995, 1996, 1998, 2000, 2003, 2006, 2009. The volume increment and the diameter distribution, was shaped for the purpose of determine the forests yield and growth after the logging, so, defining temporal pattern of growth. The yield modeling showed a fast recovery of the forest volume for both logging system, however, considering only the commercial volume able to be harvest, the Reduced Impact Logging did not recover the volume in a 30 years period (cutting cycle) and the Conventional Logging will not recover the volume in a medium term. Modeling the diameter distribution, the Reduced Impact Logging reached the same diameter structure after the period of the cutting cycle, unlike Conventional Logging, and the diameter classes with larger diameters are favored in the Reduced Impact Logging, unlike what happens in conventional exploration

Keywords: Modeling; Reduced Impact logging; Conventional Logging; Amazon forest

1 INTRODUÇÃO

1.1 Exploração florestal na Amazônia brasileira

A floresta amazônica é um bioma de relativa importância para o futuro estratégico do Brasil. Sua área de cobertura atinge mais de metade do território brasileiro. Ela possui um potencial madeireiro estimado em 60 bilhões de metros cúbicos de madeira em tora, com valor econômico potencial de quatro trilhões de reais em madeira serrada (VERÍSSIMO et al., 2002).

Apesar dessa importância, esse ecossistema ainda sofre com grandes pressões de desmatamento. Isto é causado devido ao avanço de fronteiras agrícolas e pela extração irregular de madeira, sendo a maioria ocasionada em áreas privadas ou sob diversos estágios de posse (71%) e o restante em assentamentos de reforma agrária (16,5%), Unidades de Conservação (11,5%) e terras indígenas (1,5%) (HAYASHI et al, 2012). Sendo a extração madeireira nessa região feita em grande parte por métodos convencionais e destrutivos, no qual, a maioria o faz de maneira ilegal, em áreas onde a retirada das árvores não foi previamente autorizada pelo IBAMA (BARROS et al., 2002).

O manejo de florestas tropicais tem sido discutido amplamente, a partir dos anos 1990 principalmente, em um contexto mundial. Muitos têm procurado alternativas para a Exploração Convencional da floresta tentando assim minimizar o impacto causado a ela. Exploração que em sua maior parte é caracterizada por ser feita sem planejamento e por um grau mínimo de controle, resultando em altos índices de revolvimento de solo e danos à vegetação residual (HOLMES et al., 2002).

Nesse contexto, a Exploração de Impacto Reduzido surgiu com o objetivo de reduzir os impactos causados ao solo, ao povoamento e ao ecossistema com a hipótese de que reduzindo os danos à floresta ela regenera melhor e o período de ciclo de corte também é reduzido, tentando assim, alcançar o manejo sustentável. Para isso, alguns princípios silviculturais como o diâmetro mínimo de corte (DMC) entre 45 e 55 cm e o ciclo de corte entre 25 e 35 anos foram estabelecidos com critérios que satisfazem as indústrias madeireiras, mas não as exigências ecológicas de algumas espécies madeireiras.

A legislação brasileira, que define o manejo florestal sustentável como sendo “a administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies”, possui

exigências para alcançá-lo (BRASIL, 2009). São exigências quanto à duração do ciclo de corte, diâmetro mínimo de corte, intensidade de exploração e algumas outras mais que podem mudar dependendo da utilização de máquinas de arraste de toras.

Muitas das técnicas presentes na Exploração de Impacto Reduzido não são novas, a sua utilização depende mais de obstáculos econômicos e de novos programas de incentivo para promover o uso dessas técnicas. Aumentando o uso dessas técnicas, provavelmente irá diminuir os impactos ambientais e haverá um ganho na produção nos futuros ciclos (SAYER et al., 1997).

Porém, alguns estudos recentes apresentam dúvidas na capacidade destas técnicas em garantir ciclos de cortes sucessivos sem alteração na diversidade e da produção. Sist et al.(2007) mostraram em um estudo na Amazônia Oriental, que após um ciclo de 30 anos, em um cenário otimista, apenas 50% dos indivíduos com interesse comercial vão se regenerar a ponto de atingir o diâmetro mínimo de corte reduzindo drasticamente a produção no segundo ciclo de corte. Em outro estudo realizado na Indonésia, Sheil et al. (2003) observaram que para a Exploração de Impacto Reduzido ser realizada de forma mais sustentável, deve se cortar apenas os indivíduos com diâmetro à altura do peito entre 60 e 100 cm.

Em contrapartida outros estudos mostram vantagens da Exploração de Impacto Reduzido em relação à Exploração Convencional. Holmes et al. (2002) relataram em seu estudo na Amazônia Oriental que a proporção de terreno afetado por árvores derrubadas, pela ação de máquinas pesadas, foi 37% menor na Exploração de Impacto Reduzido em comparação à Exploração Convencional, além de uma renda líquida maior da Exploração de Impacto Reduzido em relação à Exploração Convencional. Vidal et al. (1998) relataram, após três anos da exploração, diferença significativa na diversidade de espécies apenas na área com exploração convencional em relação à área não explorada, o que não ocorreu na área de exploração planejada.

Nesse contexto, estudos que comparam os tipos de exploração, verificam a real eficácia e propõe novas metodologias que ajudem a garantir a sustentabilidade da floresta é importante devido ainda possuir pouco conhecimento sobre o verdadeiro impacto proveniente da exploração madeireira em florestas tropicais (SIST et al., 2007; GONÇALVES & SANTOS, 2008).

1.1.1 Exploração Convencional

A Exploração Convencional é a mais utilizada em toda a região amazônica. Ela consiste, basicamente, em uma exploração sem planejamento. Suas etapas partem de uma definição da área de exploração, sem um prévio conhecimento da localização das árvores de interesse de corte, seguem para a localização e corte das árvores comerciais por uma equipe de motosserristas. A partir disso, é iniciada a construção de estradas de arraste e pátios de estocagem para as toras cortadas, sendo essa, montada em local de relevo plano e poucas árvores grandes que possam vir a dificultar a abertura da área. Por fim, realiza-se o arraste das toras derrubadas por trator de esteira sem guincho dos ramais provisórios até as estradas de arraste seguindo para os pátios de estocagem aonde são levadas às serrarias (SILVA, 2002).

1.1.2 Exploração de Impacto Reduzido

A exploração de impacto reduzido (EIR), segundo Amaral et al. (1998), é dividida em três etapas: atividades pré-exploratórias, atividades exploratórias e atividades pós-exploratórias.

A atividade pré-exploratória inicia-se dois anos antes da exploração com a delimitação do talhão e abertura de trilhas para a realização do censo dos indivíduos com DAP maior que 25 cm. Em seguida, com 1 a 2 anos antes da exploração é realizado o corte de cipós com diâmetro maior que 2 cm presentes nas árvores que serão derrubadas. Faltando três meses para a exploração é feita a delimitação das estradas principais e dos pátios de estocagem.

As atividades exploratórias consistem na realização, poucos dias antes da exploração, a orientação da colheita pela equipe de planejamento. Realiza-se a orientação de pequenas trilhas marcadas com balizas e fitas plásticas coloridas, a confecção de mapa para simples conferência pela equipe de derrubada e arraste. São feitas orientações distribuídas na abertura das estradas principais para caminhões nos pátios de estocagem, nos ramais de arraste e na direção de queda das árvores. Após isso é realizada a derrubada das árvores de acordo com a legislação e boas práticas de segurança no trabalho.

As atividades pós-exploratórias consistem em tratamentos silviculturais e monitoramento através de medições anuais realizado em parcelas permanentes**.**

1.2 Modelagem da Produção e do Crescimento

Para realizar a analise dos impactos provenientes da exploração florestal, o monitoramento do crescimento da floresta antes e depois de uma atividade exploratória aparece como a principal ferramenta. A partir desse monitoramento pode se verificar o estado atual da floresta e/ou prever cenários futuros a partir da modelagem do crescimento e da produção do povoamento, de árvores individuais, ou então de classes de tamanho.

Modelos de povoamento fornecem estimativas de crescimento e produção para a população como um todo ou então para proporções comerciais (AZEVEDO et al.,2007). Esses modelos requerem relativamente menos informação para simular o crescimento do povoamento, porém ele oferece como resposta informações de produção bastante geral sobre cenários futuros do povoamento (VANCLAY, 1994).

A modelagem de produção se define por ser uma série de equações matemáticas que fornecem como resultado, estimativas de crescimento da variável de interesse por área (ATTA-BOATENG E MOSER, 2000), sendo a produção o tamanho final individual ou de uma população ao fim de certo período de tempo (VANCLAY, 1994). Já a modelagem do crescimento se caracteriza por descrever o incremento em tamanho individual ou de uma população durante certo período de tempo (ZEIDE, 1993; VANCLAY, 1994).

A escolha do modelo deve-se basear nas aplicações que ele vai ter e nos seus recursos. Basicamente, ele deve prover informações suficientemente precisas e detalhadas para atender a sua finalidade (VANCLAY, 1994). Ele deve ser o mais simples possível, mas também o tão complexo necessário para as atribuições particulares da modelagem, o tipo de ecossistema e para os valores que vão ser preditos (KIMMINS et al., 2008). A escolha do modelo errado pode levar a resultados com grande viés prejudicando o planejamento florestal, pois decisões sobre duração do ciclo de corte, operações silviculturais e investimentos financeiros requerem predições precisas da produção da floresta (ATTA-BOATENG E MOSER, 2000). Devido a isso, os modelos de crescimento devem ter um papel mais amplo no manejo florestal e na formação de políticas florestais (VANCLAY, 1994).

Apesar dessa importância, ainda é pequena a literatura que aborda a modelagem em florestas de diferentes idades e espécies em comparação com a modelagem de crescimento para povoamentos florestais equiâneos (VANCLAY, 1994; NEEF et al., 2005). A problemática é que as florestas tropicais são um grande desafio para a modelagem de crescimento, isso porque se trata de um complexo ecossistema, que pode conter 100 espécies de árvores em 1 hectare, 1000 espécies em uma unidade de manejo onde 100 podem ter uma

importância comercial, sendo que cada uma possui seu habito de crescimento e forma de tronco (VANCLAY, 1995). Essa grande variabilidade de espécies gera dificuldade de encontrar um modelo que se ajuste com precisão a todas essas espécies.

Para analisar o crescimento da floresta em uma área na Floresta Nacional do Tapajós, Carvalho et al. (2004), estudou duas intensidades de exploração, na primeira foi explorada 38 espécies comercias com DAP acima de 45 cm e na segunda foi explorada as mesmas 38 espécies mas com DAP maior que 55 cm, verificando o incremento do diâmetro por um período de oito anos após a exploração. A análise de variância foi utilizada para comparar os dois tratamentos divididos em diferentes classes de tolerância e não tolerância à luz. Jesus et al. (1992) instalaram e analisaram um ensaio na Reserva Florestal de Linhares, Espírito Santo, em blocos ao acaso com cinco repetições e nove tratamentos, sendo cada tratamento um nível de intervenção na floresta, afim de analisar o crescimento em diâmetro após cada intensidade de exploração no período de 10 anos. Vanclay (1989) estudou o crescimento da floresta tropical de Queensland, Austrália, através da modelagem do crescimento, agrupando as espécies em grupos com perfil de crescimento similar, e, a partir disso, utilizou de equações para predizer o incremento de diâmetro, o recrutamento e a mortalidade. Valle et al. (2007) comparou o crescimento e a produção da floresta amazônica após a exploração Convencional e a de Impacto Reduzido na região de Paragominas (PA) através da calibração do SIMFLORA, a floresta foi monitorada em um período da 10 anos. Phillips et al. (2004) avaliaram a sustentabilidade da exploração de Impacto Reduzido em uma área do Grupo Orsa Florestal e na Floresta Nacional do Tapajós durante um período de 16 anos utilizando a calibração do SYMFOR. Huth et al. (2001) avaliaram o impacto a longo prazo de diferentes explorações em uma floresta tropical localizada na Malásia através da utilização do modelo FORMIX3.

Grande parte dos estudos que abordam a modelagem empírica através da criação de novos modelos em florestas tropicais não a utiliza como ferramenta para comparação de diferentes técnicas de colheita. E quando o objetivo é essa comparação, os pesquisadores utilizam a calibração de modelos já existentes para compará-los.

Simuladores de produção como, por exemplo, o SYMFOR e o FORMIX3 foram projetados para uma determinada área utilizando parâmetros do local e a sua calibração pode levar a dados enviesados, devido a essa generalização dos modelos.

Outra alternativa para a avaliação do crescimento florestal é através de matrizes de transição. Essas matrizes são um instrumento que tem como objetivo a previsão do

recrutamento, mortalidade e o estoque por classe diamétrica ao longo do tempo (SANQUETTA et al., 1996).

As informações obtidas pela modelagem são de extrema importância para determinar possíveis distúrbios causados pela exploração madeireira, estabelecer sistemas de regulação e controle de exploração que compatibilize com o manejo sustentável das florestas, além de dar informações essenciais para determinar e comparar os efeitos de diferentes sistemas de manejo (VANCLAY, 1995; VALLE et al., 2007). Sendo assim, a modelagem do crescimento e produção da floresta é uma importante ferramenta de comparação, determinação e aprimoramento de sistemas de manejo florestal para região amazônica pela projeção do crescimento e da produção que o modelo possibilita, tendo em vista a recente utilização de práticas de manejo na região.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo geral avaliar a Exploração de Impacto Reduzido em comparação com a Exploração Convencional, definindo as eficiências dessas técnicas de exploração quanto ao impacto gerado na estrutura da floresta.

1.3.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos esse trabalho visa:

- Avaliar a recuperação da floresta após a exploração através de modelos empíricos de crescimento e produção;
- prever o tempo de recuperação necessário de cada exploração;
- estimar o ciclo de corte de cada exploração;
- e definir a vantagem de uma exploração em comparação a outra em relação à resiliência da floresta a curto e longo prazo.

1.4 Considerações

Sendo assim, o capítulo 2 irá tratar da questão da criação de um modelo empírico de produção a nível de povoamento para a Exploração de Impacto Reduzido e para a Exploração

Convencional e o capítulo 3 irá abordar a modelagem da distribuição de diâmetros através de matrizes de transição para ambas as explorações.

Referências

AMARAL, P.H.C.; VERÍSSIMO, J.A.O.; BARRETO, P.G.; VIDAL, E.J.S. **Floresta para Sempre: um Manual para Produção de Madeira na Amazônia**. Belém: Imazon, 1998. p.130.

ATTA-BOATENG, J.; MOSER JR, J, W. A compatible growth and yield model for the management of mixed tropical rain forest. **Canadian Journal of Forest Research**,Ottawa, n.30, p. 311 – 323, 2000.

AZEVEDO, C.P.;SANQUETTA, C.R.; SILVA, J.N.M.; MACHADO, S.A.; SOUZA, C.R.; OLIVEIRA, M.M. Predição da distribuição diamétrica de uma floresta manejada experimentalmente através de um sistema de equações diferenciais. **Acta Amazonica**, Manaus v.37,n.4, p. 521 – 532, 2007.

BRASIL. Resolução CONAMA n. 406 de 2 de fevereiro de 2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável - PMFS com fins madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma Amazônia. **Publicação Diário Oficial da União**, n. 26, 6 fev. 2009.p.100.

CARVALHO, J.O.P.;SILVA, J.N.M.; LOPES, J.C.A. Growth rate of a rate terra firme rain forest in brazilian Amazonia over an eight-year period in response to logging. **Acta Amazonica**, Manaus, 34 ,n.2, p. 209 – 217, 2004.

GONÇALVES, F.G.; SANTOS, J.R. Composição florística e estrutura de uma unidade de manejo floresta sustentável na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n.2, p. 229 – 224, 2008.

HAYASHI, S., SOUZA JR., C., SALES, M. & VERÍSSIMO, A. **Boletim Transparência Florestal da Amazônia Legal Dezembro de 2011**. Imazon, Belém. 2012. p. 13.

HOLMES, T.P.; BLATE, G.M.; ZWEEDE, J.C.; PEREIRA JUNIOR, R.; BARRETO, P.; BOLTZ, F. **Custos e benefícios financeiros da exploração de impacto reduzido em comparação à exploração florestal convencional na Amazônia Oriental**. Belém: Fundação Floresta Tropical, 2002.66 p.

HUTH, A.; DITZER, T. Long-term impact of logging in a tropical rain forest - a simulation study. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, n. 142, p. 33 – 51,2001.

JESUS, R.M.; COUTO, H.T.Z.; GARCIA, A. Manejo Florestal em Linhares 1 - Crescimento em função de diferantes níveis de intervenção. CONGRESSO NACIONAL DE ESSÊNCIAS NATIVAS. **Anais congresso nacional de essências nativas**, v.2, São Paulo, 1992**.** p. 653 - 660.

KIMMINS, J.P.; BLANCO, J.A.B.; SEELY, B.; WELHAM, C.; SCOULLAR, K. Complexity in modelling forest ecosystems: How much is enough? **Forest Ecology Management**, Amsterdã, n. 256, p. 1646 – 1658, 2008.

NEEFF, T.; SANTOS, J. R. A growth model for secondary forest in central amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, n. 216, p. 270 – 282, 2005.

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

ROLIM, S.G.; COUTO, H.T.Z.; JESUS, R.M.; FRANCA, J.T. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA). **Acta Amazônica**, Manaus, v.36, n.1, p. 107-114, 2006.

ROSSI, L.M.B.; KOEHLER, H.S.;SANQUETTA, C.R.; ARCE, J.E.. Modelagem de recrutamento em florestas. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 453 – 467, 2007b.

SAYER, J. A., VANCLAY, J. K., BYRON, N.. Technologies for Sustainable Forest Management: Challenges for the 21st Century. Center for International Forestry Research, Commonwealth Forestry Congress**. Anais center for international forestry research, commonwealth forestry congress**, Victoria Falls, Zimbábue, 1997.

SHEIL, D.; SIST, P.; KARTAWINATA, K.; PRIYADI. Reduced-impact logging in Indonesian Borneo: some results confirming the need for new silvicultural prescriptions. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, n.179, p. 415 – 427, 2003.

SIST, P.; FERREIRA, F.N. Sustainability of reduced-impact logging in the Eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, n. 243, p. 199 – 209, 2007.

SILVA, L.N. **Exploração tradicional e planejada numa área da Amazônia oriental: fitossociologia e diversidade de espécies arbóreas**. 2002. / 72 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura ”Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2002.

VALLE, D.; SCHULZE, M.; VIDAL, E.; GRGAN, J.; SALES, M. Identifying bias in stand-level growth model and yield estimations: A case study in eastern Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, n. 236, p. 127 – 135, 2006.

VALLE, D; PHILLIPS, P.; VIDAL, E.; SCHUZEL, M; GROGAN, J.; SALES, M.; van GARDIGEN, P. Adaptation of a spatially explicit individual tree-based growth and yield model and longterm comparison between reduced-impact and conventional logging in eastern Amazonia, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, n. 243, p. 187 -198, 2007.

VANCLAY, J.K. A growth model for North Queensland. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, n.27, p 245 – 271, 1989.

VANCLAY, J.K. **Modelling Forets Growth and Yield - Applications to mixed tropical forests**. Wallingford, UK: CAB International, 1994. 312 p.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A**. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro:IBGE, 1991. 124 p.

VIDAL, E.; VIANA, V.M.; BATISTA, J.L.F.Crescimento de floresta tropical três anos após colheita de madeira com e sem manejo florestal na Amazônia oriental. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.61, p.133-143, 2002.

ZEIDE, B. Analysis of growth equations. **Forest Science**, Lawrence, v.39, n. 3, p. 594 - 616. 1993.

2 EXPLORAÇÃO MADEIREIRA NA AMAZÔNIA: COMPARAÇÃO E EFICÁCIA DE MÉTODOS ATRAVÉS DA MODELAGEM DA PRODUÇÃO

Resumo

A exploração madeireira na Amazônia é uma importante atividade econômica, apesar disso, grande parte dessa exploração é realizada de forma predatória. Para isso, novas técnicas de exploração são realizadas a fim de diminuir os impactos da exploração. Este estudo teve como objetivo comparar e avaliar a Exploração de Impacto Reduzido (EIR) com a Exploração Convencional (EC) através da modelagem de produção. Utilizou-se para isso dado de estudo instalado no ano de 1993, no município de Paragominas, nordeste do Pará, em uma área de EIR e de EC, com 14 parcelas contínuas de 25 x 700 m, totalizando 24,5 ha para cada área. A exploração aconteceu em 1993, seis meses após a instalação das parcelas e da primeira medição. As medições seguintes ocorreram no ano de 1994, após a exploração, 1995, 1996, 1998, 2000, 2003, 2006, 2009. Foram coletados dados de diâmetro à altura do peito (DAP), nome da espécie para todos os indivíduos com DAP acima de 25 cm. Foi utilizado para ajuste um modelo de volume (V), em m³/ha, em função da área basal residual (G_0), m²/ha, e do tempo (t), em anos, sendo ele: $\ln(V_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(G_0) + \beta_2 \ln(t) + \beta_3 (t)^{-1}$. A modelagem da produção indicou uma elevada diferença na recuperação da floresta após as duas explorações. A EIR obteve uma recuperação mais alta do estoque de madeira em relação à EC quando utilizada toda a população, assim como quando utilizada apenas as espécies comerciais. Porém, nenhuma das duas explorações possui sustentabilidade volumétrica, pois depois de um ciclo de corte de 30 anos nenhuma das duas recuperou o estoque de madeira anterior à colheita.

Palavras-chave: Exploração de Impacto Reduzido; Exploração Convencional; Amazônia

Abstract

Logging in Amazon is an important economic activity, but despite this, much of this exploration is conducted in a predatory way. For this, new logging techniques are performed in order to reduce the exploration impacts. Thus, this study aimed to compare and evaluated the Reduced Impact Logging (RIL) with the Conventional Logging (CL) through yield modelling. For this, was used data of a study installed in 1993 at Paragominas, PA, in a CL e RIL areas, with 14 continuous plots of 25 x 700 m for each area. The logging occurred at 1993, six months after the plots installations and the first measurement. The following measurements occurred at 1994, after logging, 1995, 1996, 1998, 2000, 2003, 2006 and 2009. Diameter at Breast Height (DBH) and specie name were the data collected for all individuals with DBH above 25 cm. A model of volume (m³/ha) as a function of residual basal area (m²/ha) and time (years) was used to fit: $\ln(V_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(G_0) + \beta_2 \ln(t) + \beta_3 (t)^{-1}$. The yield modelling shows a high difference between loggings after the exploration. The RIL has a higher wood stock recuperation compared to CL when used all population, as well as when utilized only commercial species. However, neither of these loggings can be considered sustainable, because after a cutting cycle of 30 years none of the two recovered the wood stock prior to harvest.

Keywords: Reduced Impact Logging; Conventional Logging; Amazon

2.1 Introdução

A exploração madeireira na região amazônica é uma importante atividade econômica tanto para a região, quanto para o Brasil (SABOGAL et al., 2006). Porém, a exploração desordenada desse bioma pode levar ao fim da biodiversidade da floresta, assim como, dos recursos madeireiros. Dessa forma, técnicas de manejo florestal são implementadas a fim de suavizar o impacto causado pela exploração e garantir a sustentabilidade da atividade.

Essas técnicas tentam conciliar a exploração com a conservação da diversidade da floresta, o que requer um claro entendimento dos impactos provenientes dessa exploração (CHAZDON, 1998; GERWING, 2005). Porém, existe pouco conhecimento sobre o verdadeiro impacto causado pela exploração madeireira em florestas tropicais, principalmente na Amazônia, visto que sua exploração florestal com a utilização de técnicas que minimizem os impactos exploratórios é recente (SILVA et al., 1995; SIST et al. 2007; GONÇALVES & SANTOS, 2008). Dessa forma, estudos que avaliem a real eficácia dessas técnicas de manejo florestal são importantes, assim como, estudos que comparam diferentes técnicas de exploração (KAMMESHEIDT, 2001; PEREIRA Jr. et al., 2002; HOLMES et al., 2004; PRIYAD & GUNARSO, 2006; VALLE et al., 2007; BULFE et al., 2008).

Um dos pré-requisitos almejando o manejo florestal sustentável é ele se basear em informações concisas de crescimento e produção de diferentes regimes de manejo e técnicas silviculturais (SILVA et al., 1995). Como consequência, o monitoramento da floresta antes e após a exploração torna-se uma importante ferramenta verificadora do real estado da floresta a fim de almejar o manejo sustentável. A partir disso, torna-se possível a previsão de cenários através da modelagem.

A modelagem surge com objetivo de prever cenários a longo prazo não alcançáveis com os dados obtidos de pequenos períodos de tempo (KAMMESHEIDT, 2001). Uma variável com grande importância econômica e ecológica para prever cenários é a produção. Produção se refere ao tamanho final individual ou de uma população ao fim de certo período, sendo o volume (m^3) de uma população um exemplo (VANCLAY, 1994). Modelos de produção florestal consistem em uma série de equações matemáticas que fornecem como resultado, estimativas de crescimento em volume por área (ATTA-BOATENG e MOSER, 2000). Essa ferramenta é importante para projetar e quantificar o estoque da floresta após certo período de tempo auxiliando no planejamento.

Alguns estudos utilizaram-se da modelagem de produção na avaliação de técnicas de manejo. Valle et al. (2007) observaram que a Exploração de Impacto reduzido (EIR) possui uma recuperação mais rápida do volume em relação à Exploração Convencional (EC), mas

ciclos maiores do que os estabelecidos pela legislação são necessários. Kammesheidt et al.(2001) definiram através de modelos de produção que a EC não é sustentável ao longo do tempo enquanto que a EIR necessita menor intensidade de exploração a cada ciclo para se tornar sustentável.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo, comparar e avaliar a Exploração de Impacto Reduzido (EIR) e a Exploração Convencional (EC) através da modelagem de produção verificando a real eficácia entre ambas em ganhos volumétricos da floresta e, também, definir os seus ciclos de corte através da extrapolação dos modelos.

2.2 Materiais e métodos

2.2.1 Área de estudo

A área de estudo é uma floresta localizada na fazenda Agrossete, no município de Paragominas, a 30 km da sede de município, nordeste do Pará (Figura 2.1).

O clima local é caracterizado por um período de chuvas regulares (janeiro a maio) e por um período mais seco (junho a novembro), com pluviosidade média de 40 mm/mês e 1700 mm/ano.

Os solos da região são do grupo Latossolo Amarelo, pobres e bem profundos, com textura variando da média a muito argilosa, com relevo bastante plano.

A vegetação do município de Paragominas é classificada em floresta ombrófila densa, floresta ombrófila aberta mista com cipós e palmeiras e floresta ombrófila aluvial, segundo Veloso et al. (1991). A vegetação da área de estudo é do tipo floresta ombrófila densa, ou seja, floresta de terra firme.

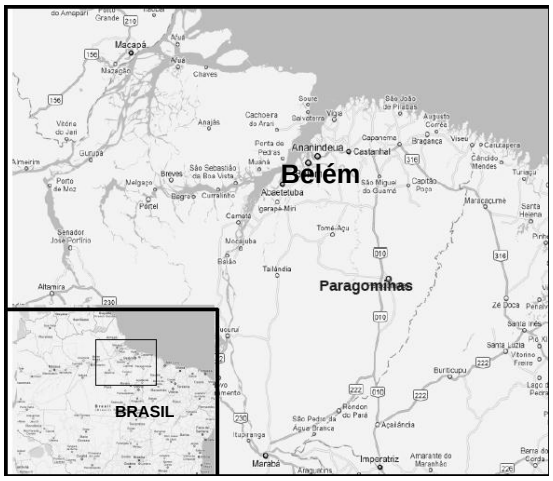

Figura 2.1. Mapa de localização do município de Paragominas –PA

2.2.2 Dados

A área recebeu três diferentes tratamentos. No primeiro foi explorada a área através de Exploração Convencional (EC), no qual não existe planejamento de colheita e a escolha das árvores é feita a esmo, no segundo a área foi explorada através da Exploração de Impacto Reduzido (EIR), que consiste em um manejo da área a ser explorada, com planejamento pré, durante e pós-colheita, almejando o menor impacto possível a floresta, e no terceiro não realizou exploração a fim de manter uma área controle.

A exploração da floresta ocorreu no ano de 1993, sendo que a coleta de dados foi realizada nos anos de 1993 (seis meses antes da exploração), 1994, 1995, 1996, 1998, 2000, 2003, 2006 e 2009. Foi coletados dados de diâmetro a altura do peito (DAP), acima de 10 cm para árvores comerciais e acima de 25 cm para árvores não comerciais, nome popular da espécie, coordenada X e Y na parcela, presença e quantidade de cipós, luminosidade da copa, assim como qualidade da copa e do fuste. Neste trabalho, apenas os dados de DAP para árvores acima de 25 cm e nome popular da espécie foram utilizados.

Tanto na área de EC quanto na área de EIR foram realizadas 14 parcelas contínuas de 25 m por 700 m. Para a área de controle instalou-se 28 parcelas contínuas de 25 m por 350 m, totalizando, para cada tratamento, 24,5 hectares.

O volume foi calculado através da equação obtida no estudo de Rolim et al. (2006), no qual, obtiveram como melhor equação de volume de simples entrada para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, (região próxima à área de estudo) no Pará, o modelo de Husch. A equação se encontra a seguir:

$$ln(V) = 2,3503 + 2,4359\ ln(d) \tag{2.1}$$

Onde:

V - Volume em metros cúbicos;

d - diâmetro à altura do peito em metros.

2.2.3 Descrição do Modelo

O modelo escolhido foi baseado no estudo de Mendonza & Gumpal (1987), no qual definiu um modelo de produção por área (m^3/ha) em função da área basal residual (m^2/ha) e do tempo após exploração em anos. Esse modelo possui a vantagem dessas variáveis serem

facilmente mensuradas e quantificadas. Tempo é simplesmente o quanto foi decorrido, em anos, após a exploração da floresta, e área basal residual está prontamente disponível nos dados de estoque residual logo após o registro.

$$lnV_t = \beta_0 + \beta_1 \, ln \, G_0 + \beta_2 \, ln \, t + \beta_3 \, t^{-1} \tag{2.2}$$

Onde:

V_t - volume (m³/ha) no tempo t;

G_0 - área basal (m²/ha) remanescente após a colheita;

t - tempo, em anos, após a colheita [t = 1,2,3,...];

β_i - parâmetros do modelo.

Esse modelo possui distribuição gaussiana e foi ajustado para cada tratamento separado (EC e EIR) e com os dados em conjunto para testar a hipótese de que a EIR é semelhante a EC (utilizando todas as espécies, sendo o DAP > 25cm). Além disso, o modelo foi ajustado considerando apenas as espécies comerciais (DAP > 25cm) e também as espécies comerciais passíveis de corte (DAP maior que 50 cm). A tabela com a lista das espécies comerciais encontra-se no apêndice.

A seleção do modelo foi feita através do Critério de Informação de Akaike (AIC), critério que seleciona o modelo que mais se aproxima ao modelo verdadeiro (BURNHAM & ANDERSON, 2002; VISMARA, 2009) e também pelo coeficiente de determinação (R^2), o qual mede a proporção da variância em torno da média (BUONGIORNO & MICHIE, 1980). O modelo que for mais próximo do modelo real apresentará o menor valor do AIC e o maior R^2.

2.2.4 Recuperação da floresta

A floresta pode ser considerada recuperada, em relação à produção por área (m³/ha), quando a produção da média de G_0 atingir os mesmos valores do volume médio antes da exploração. Para garantir a sustentabilidade da exploração, a recuperação da produção deve acontecer dentro do ciclo de corte de 30 anos.

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Ajuste e seleção dos modelos

Em todas as situações estudadas, o modelo que apresentou o melhor ajuste foi o que considerou cada tratamento separado. O valor obtido pelo AIC foi menor em comparação com os modelos com os dados agrupados (366,89 de diferença considerando todos os indivíduos; 287,57 de diferença considerando as espécies comerciais; e 412,42 de diferença considerando apenas as espécies comerciais com DAP maior que 50 cm), indicando estar mais próximo ao modelo real. Utilizando o coeficiente de determinação (R^2) como critério de seleção de modelos, o modelo que considerou cada tratamento separado também obteve o melhor ajuste (Tabela 2.1). O valor do AIC negativo deve-se ao uso do modelo de regressão logarítmico (2.2).

Ao analisar os parâmetros dos modelos selecionados, observa-se uma maior diferença entre os parâmetros das duas explorações correspondentes as taxas de crescimento (β_2 e β_3), em comparação como os parâmetros correspondentes ao intercepto (β_0) e a área basal residual (β_1). Indicando uma variação na taxa de crescimento entre as explorações (Tabela 2.2).

Tabela 2.1 – Critérios de seleção de modelos para cada modelo ajustado conforme a base de dados

Espécies	Critério	Base de Dados		
		EIR	EC	Agrupados
Todos indivíduos	AIC	-209,71	-173,80	-16,62
	R^2	0,85	0,80	0,06
Espécies comerciais	AIC	-159,14	-145,05	-16,62
	R^2	0,83	0,77	0,06
Espécies comerciais (DAP>50 cm)	AIC	-27,87	-29,09	355,46
	R^2	0,70	0,77	0,03

Tabela 2.2 – Parâmetros (βi) dos modelos selecionados com seus respectivos erro padrão (Sx)

BASE DE DADOS	EXPLORAÇÃO	β_0 (S_x)	β_1 (S_x)	β_2 (S_x)	β_3 (S_x)
Todos indivíduos	EC	2,1713 (0,13153)	0,9209 (0,04899)	0,1536 (0,03128)	0,2802 (0,09116)
	EIR	1,8354 (0,14259)	1,0288 (0,05567)	0,2571 (0,02604)	0,4037 (0,07590)
Espécies comerciais	EC	2,138308 (0,12710)	0,99941 (0,05776)	0,09085 (0,3622)	0,12554 (0,10557)
	EIR	2,0249 (0,12154)	0,9841 (0,05111)	0,2285 (0,03371)	0,3397 (0,09824)
Espécies comerciais (DAP $> 50\ cm$)	EC	2,5646181 (0,1663023)	0,8502483 (0,0467386)	0,0550140 (0,0654461)	0,0003326 (0,1907526)
	EIR	2,3504 (0,17302)	0,8415 (0,06066)	0,2047 (0,06585)	0,2756 (0,19194)

2.3.2 Produção

Comparando graficamente os modelos das duas explorações, observa-se uma diferença no desenvolvimento da floresta entre ambas as explorações (Figuras 2.2, 2.3 e 2.4). A extrapolação dos dados em um período de 30 anos indica que a floresta que foi submetida à EIR alcançou mais rapidamente o volume encontrado antes da colheita. Em todos os gráficos, as linhas contínuas em preto representam o valor do volume predito através do tempo em um horizonte de 30 anos, para cada classe de área basal residual.

Antes da exploração, o volume por hectare da área submetida à EIR, considerando todos os indivíduos com o DAP maior que 25 cm, era de 117,4 m^3/ha. A produção da floresta alcançou os níveis pré-exploratórios aproximadamente 7,6 anos depois. Para a área submetida à EC sua produção alcançava em média 120,9 m^3/ha antes da exploração, valor que foi atingindo, segundo o modelo, 53,75 anos após a exploração (Figura 2.2). Em relação ao Incremento Médio Anual (IMA), considerando um período de 30 anos, a EIR obteve um IMA médio de 2,20 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ variando entre 1,66 e 2,97 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$, enquanto que a EC obteve um IMA médio de 0,91 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ variando entre 0,74 e 1,45 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$.

Kammesheidt et al. (2001) modelaram uma floresta tropical na Amazônia Venezuelana e encontraram um incremento médio anual de 2,1 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ com desvio padrão de 1,8 m^3 na EIR com um ciclo de 30 anos e intensidade de extração de 30 $m^3.ha^{-1}$. Esses valores são semelhantes com os encontrados nesse estudo quando considerado a modelagem de todos os indivíduos para a EIR.

Considerando apenas as espécies comerciais com o DAP maior que 25 cm, a EIR alcançará os mesmos níveis de produção que possuía antes da exploração aproximadamente 12,8 anos após ela. Em relação à EC, não seria possível alcançar os mesmos níveis de produção após a exploração considerando apenas as espécies comerciais (Figura 2.3). Quanto ao IMA, a EIR atingiu um valor médio de 1,16 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ variando entre 0,81 e 1,75 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ para as espécies comerciais, enquanto que a EC atingiu um valor médio de 0,27 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$ variando entre 0,23 e 0,44 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$.

Se considerar apenas o volume passível de exploração - espécies comerciais com DAP maior que 50 cm (diâmetro mínimo de corte) -, a EIR também tem o melhor desempenho no desenvolvimento da produção. A EIR após 39,9 anos recupera o mesmo nível de produção nessas condições, enquanto que para a EC não seria possível alcançar os mesmo níveis de produção (Figura 2.4). Essa diferença é mostrada também quando se compara o IMA. A EIR obteve um IMA aos 30 anos após a exploração de 0,56 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$, variando entre 0,42 e 0,97 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$, enquanto que a EC obteve um IMA médio de 0,18 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$, variando entre 0,06 e 0,21 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$. Esse período de recuperação para a floresta foi observado por Valle et al. (2007) para o estoque de madeira comercial (DAP > 45cm) através da modelagem de produção.

Os modelos indicaram um ciclo de 40 anos, aproximadamente, para a EIR, enquanto que para a EC não foi possível alcançar os mesmo níveis pré-exploratórios de acordo com o modelo. Esse ciclo é maior do que o estabelecido pela legislação brasileira, que indica de 25 a 35 anos o ciclo de corte (BRASIL, 2009). Assim como demonstraram van Gardingen et al. (2006) e Valle et al. (2007), ciclos maiores de exploração ou menor volume explorado por hectare são necessários para obter uma exploração sustentável. Sistemas silviculturais do tipo ”corta e deixa” requerem ciclos maiores do que aqueles que incluem algum tratamento silvicultural periódico para estimular o crescimento de espécies de interesse (SILVA et al, 1995). Portanto, deve-se pensar em ciclos maiores e/ou menor intensidade de exploração aliada com técnicas silviculturais para alcançar a sustentabilidade da exploração.

A intensidade de exploração foi praticamente a mesma para ambas as áreas (19,4 m^3/ha e 23,4 m^3/ha, para EIR e EC respectivamente) divergindo apenas no volume total retirado da floresta em consequência a abertura de estradas e pátios e danos consequentes da derrubada das árvores. Sendo assim, o volume total extraído de cada área foi de 23,0m^3/ha para a EIR e 37,11m^3/ha para a EC.

Dessa forma, o planejamento exploratório com base em técnicas de manejo florestal auxiliaram na resiliência da floresta, tendo em vista que a EIR obteve uma maior recuperação do volume antes da exploração para todas as situações estudadas em comparação à EC.

O maior incremento quando se analisa todos os indivíduos deve-se ao fato de que existem muitas espécies pioneiras, como, por exemplo, a *Cecropia* sp. que possuem alta taxa de crescimento e não são consideradas espécies de uso comercial. Sendo elas espécies que obtém uma maior taxa de crescimento a partir da abertura de clareiras, evento bastante ocasionado pela exploração florestal. No caso das espécies comerciais, muitas delas possuem baixo crescimento em volume, como, por exemplo, a *Tabebuia* sp., sendo necessário um período maior do que o ciclo estabelecido pela legislação para total recuperação do estoque dessas espécies (SCHULZE et al., 2005).

Sendo assim, os mecanismos envolvidos na diferença de resiliência entre as explorações são, principalmente, as técnicas exploratórias adotadas. A abertura maior de clareiras, através da derrubada de árvores e abertura de pátios de estocagem de madeira, assim como a adoção de técnicas que visam o menor impacto à floresta são os possíveis causadores dessa diferença na taxa de crescimento entre as explorações.

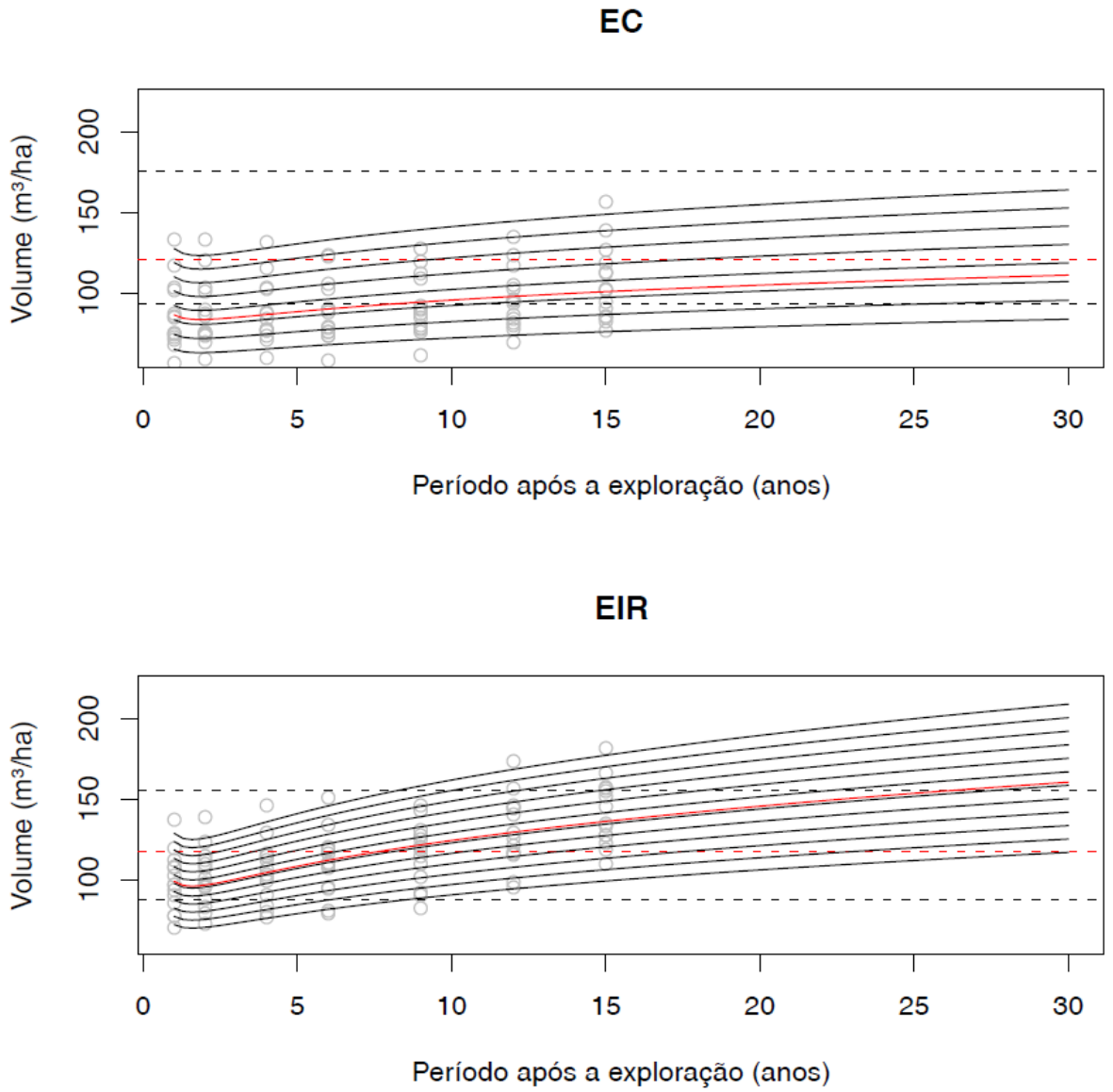

Figura 2.2 – Produção da floresta para um ciclo de 30 anos considerando toda a população (DAP > 25 cm) para cada classe de G_0, sendo a linha contínua em vermelho a sua média. Os dados, no qual o modelo foi ajustado, estão em cinza claro, e as linhas tracejadas representam os valores pré-exploratórios do volume, sendo as em preto os valores máximo e mínimo e a em vermelho o valor médio

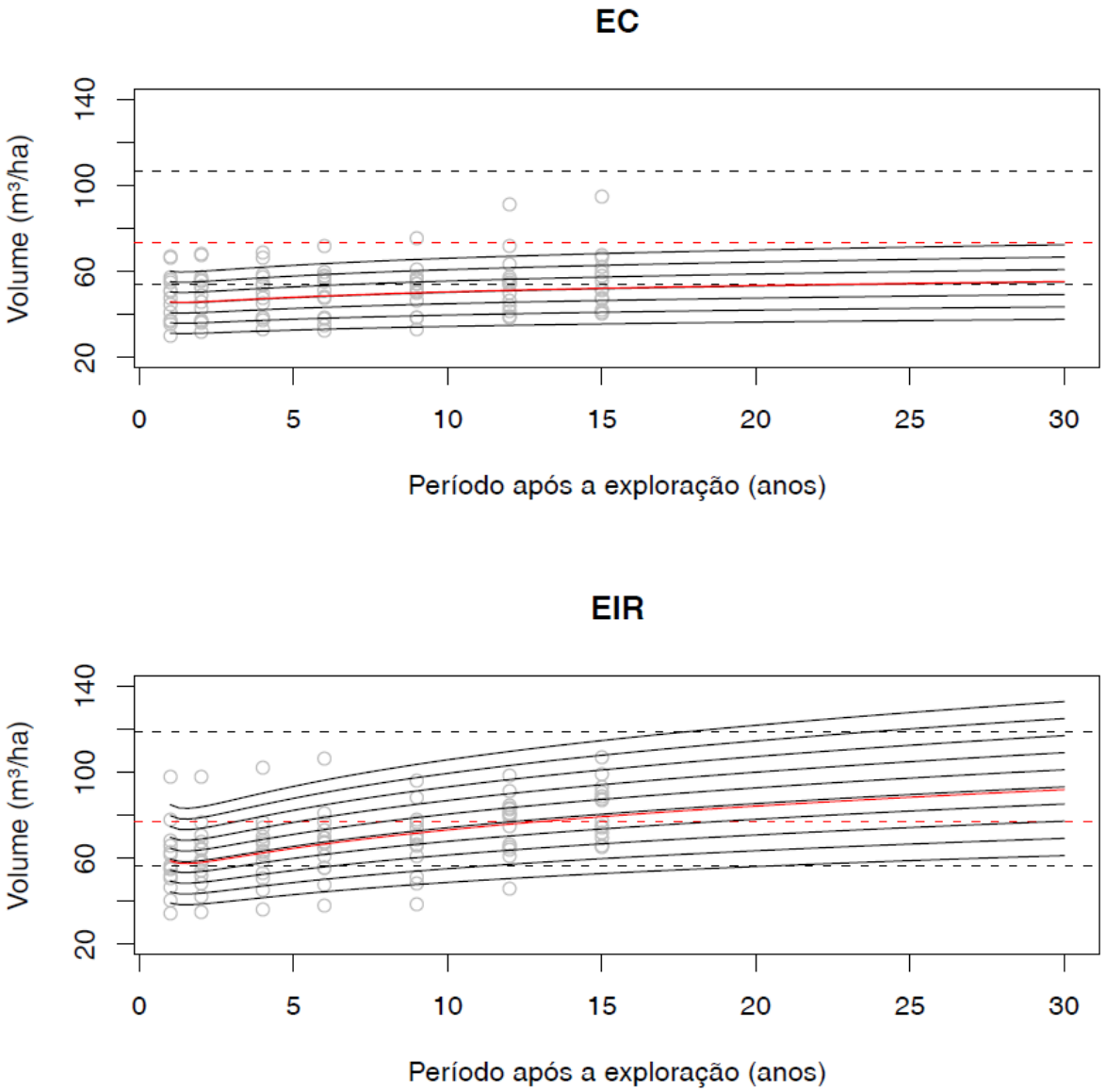

Figura 2.3 – Produção da floresta para um ciclo de 30 anos considerando apenas a população comercial (DAP>25cm) para cada classe de G_0, sendo a linha contínua em vermelho a sua média. Os dados, no qual o modelo foi ajustado, estão em cinza claro, e as linhas tracejadas representam os valores pré-exploratórios do volume, sendo as em preto os valores máximo e mínimo e a em vermelho o valor médio

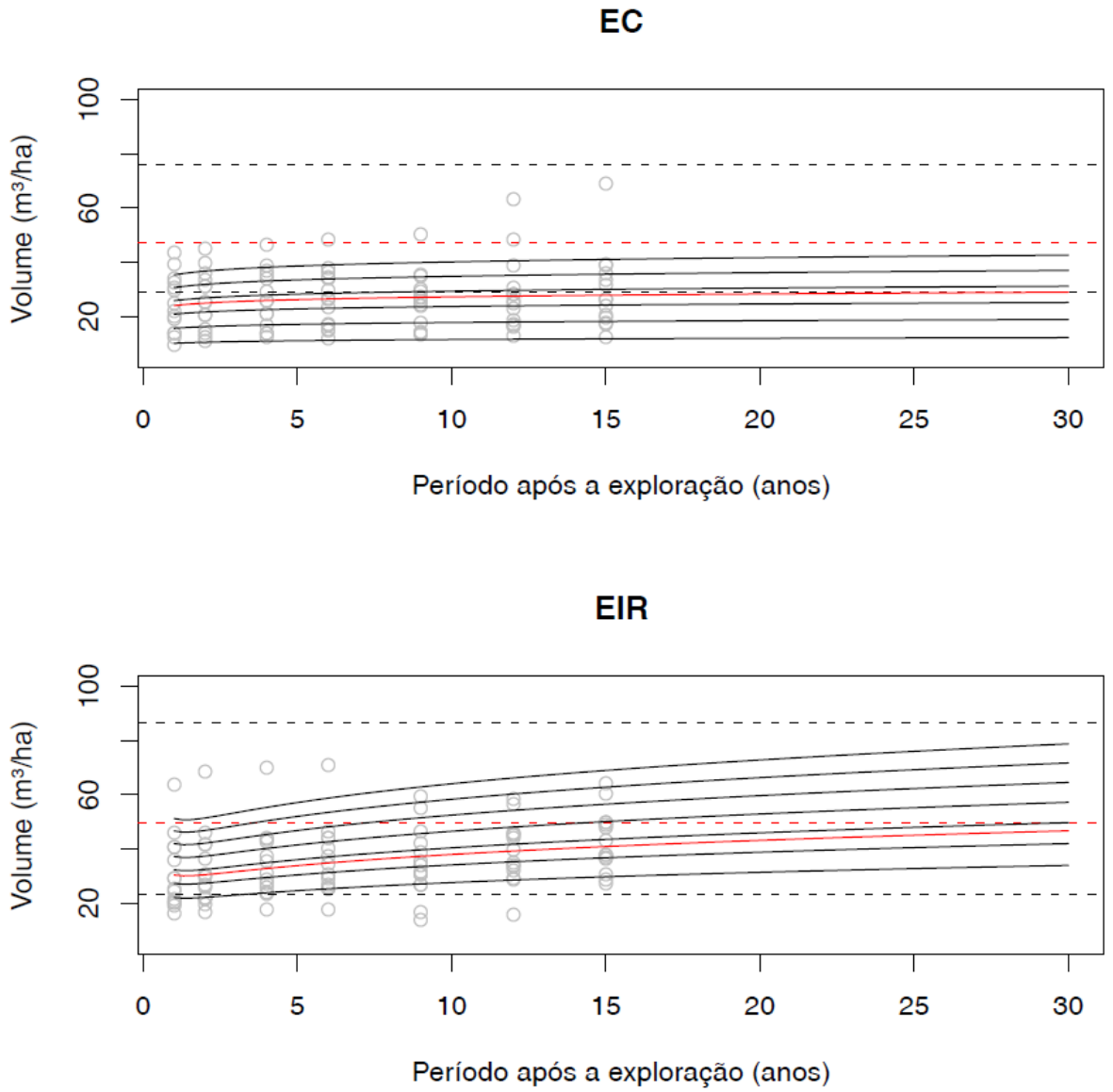

Figura 2.4 – Produção da floresta para um ciclo de 30 anos considerando apenas a população comercial com o DAP > 50 cm para cada classe de G_0, sendo a linha contínua em vermelho a sua média. Os dados, no qual o modelo foi ajustado, estão em cinza claro, e as linhas tracejadas representam os valores pré-exploratórios do volume, sendo as em preto os valores máximo e mínimo e a em vermelho o valor médio

2.4 Conclusão

A EIR mostrou ser melhor em recuperação da produção em comparação à EC, indicando que técnicas que almejam a diminuição do impacto ajudam a aumentar a resiliência da floresta. Porém, considerando um ciclo de 30 anos de exploração, a EIR não atingirá o mesmo volume comercial que possuía antes de ser explorada, sendo necessário um maior ciclo para obter a mesma produção (39,9 anos). Ciclos maiores de exploração ou menor volume explorado por hectare são necessários para garantir a sustentabilidade volumétrica da

floresta. Dessa forma, deve-se pensar em realizar na alteração dessas técnicas de exploração almejando a resgatar o volume passível de corte que a floresta possuía antes da exploração.

Referências

ATTA-BOATENG, J.; MOSER JR, J, W. A compatible growth and yield model for the management of mixed tropical rain forest. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, n.30, p. 311 – 323, 2000.

BRASIL. Resolução CONAMA n. 406 de 2 de fevereiro de 2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal SustentávelPMFS com fins madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma Amazônia. **Publicação Diário Oficial da União**, n. 26, 6 fev. 2009.p.100.

BULFE, N.M.L.; GALVA, O.F.; FIGUEIREDO FILHO, A.;MAC DONAGH, P. Efeitos da exploração convencional e de impacto reduzido em uma floresta estacional semidecidual na província de Missiones, nordeste da Argentina. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 365-379, 2009.

BUONGIORNO J.; MICHIE, B. A matrix model of uneven-aged forest management. **Forest Science**, Lawrence, v.26, n.4, p. 609 – 625, 1980.

BURNHAM, K.P.; ANDERSON, D.R. Multimodel inference: Understanding AIC e BIC in model selection. **Sociological Methods Research**, London, v. 33, n. 2, p. 261 – 304, 2004.

CHAZDON, R.L. Tropical forests - log' em or leave' em. **Science**, Nova Iorque, v.281, p 1295 – 1296, 1998.

HOLMES, T.P.; BLATE, G.M.; ZWEEDE, J.C.; PEREIRA JUNIOR, R.; BARRETO, P.; BOLTZ, F. **Custos e benefícios financeiros da exploração de impacto reduzido em comparação à exploração florestal convencional na Amazônia Oriental**. Belém: Fundação Floresta Tropical, 2002. 66 p.

GERWING, J.J. The influence of reproductive traits on liana abundance 10 years after conventional and reduced-impact logging in the eastern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, n. 221, p. 83 – 90, 2006.

GONÇALVES, F.G., SANTOS, J.R. Composição florística e estrutura de uma unidade de manejoflorestal sustentável na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38,n.2, . p. 229 – 244, 2008.

KAMMESHEIDT, L.; KÖHLER, P.; HUTH, A. Sustainable timber harvesting Venezuela: a modeling approach. **Journal of Applied Ecology,** Londres, n 38, p. 756 – 770,2001.

MENDONZA, G.A.; GUMPAL, E.C. Growth projection of a selective cut-over forest based on
residual inventory. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, n. 20, p. 253 – 263, 1987.

PEREIRA Jr., R.; ZWEEDE, J.; ASNER, G.P.; KELLER, M. Forest canopy damage and recovery in reduced-impact and conventional selective loggingin eastern Para, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, n. 168, p 77 – 89,2002.

PRIYAD, H.; GUNARSO, P. Reduced-impact logging (RIL) research and development in Malinau research forest, east Kalimantan: a challenge of RIL adoption. **Regional Workshop RIL Implementation in Indonesia with reference to Asia-Pacific Region: Review and Experiences,** Bogor,2006.

ROLIM, S.G.; COUTO, H.T.Z.; JESUS, R.M.; FRANCA, J.T. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA). **Acta Amazônica**,,Manaus, v.36, n.1, p. 107-114, 2006.
.
SABOGAL, C.; LENTINI, M.; POKORNY, B.; SILVA, J.N.M.; ZWEEDE, J.; VERíSSIMO, A.; BOSCOLO, M. **Manejo florestal empresarial na Amazônia brasileira**. CIFOR, Belém, 2006.p. 99.

SCHULZE, M.; VIDAL, E.; GROGAN, J.; ZWEEDE, J.; ZARIN, D. Madeiras nobres em perigo: práticas e leis atuais de manejo florestal não garantem a exploração sustentável. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, n. 36, . p 66-69,2005.

SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; LOPES, J.C.A.; ALMEIDA, B.F.; COSTA, D.H.M.; OLIVEIRA, L.C.; VANCLAY, J.K; SKOVSGAARD, J.P. Growth and yield of a tropical rain forest in the brazilian amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, n. 71, p 267 – 274, 2005..

SIST, P.; FERREIRA, F.N. Sustainability of reduced-impact logging in the Eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, n. 243, p. 199 - 209. 2007.

VALLE, D; PHILLIPS, P.; VIDAL, E.; SCHUZEL, M; GROGAN, J.; SALES, M.; van GARDIGEN, P. Adaptation of a spatially explicit individual tree-based growth and yield model and longterm comparison between reduced-impact and conventional logging in eastern Amazonia, Brazil. **Forest Ecology and Management,** Amsterdã, n. 243, p. 187 -198, 2007.

van GARDINGEN, P.R.; VALLE, D.; THOMPSON, I. Evaluation of yield regulation options for
primary forest in Tapajós National Forest, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, n. 231, p 184 – 195, 2006.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal.** Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124 p.

VANCLAY, J.K. **Modelling Forets Growth and Yield - Applications to mixed tropical forests**. Wallingford, UK :CAB International, , 1994. 312 p.

VISMARA, E.S. **Mensuração de biomassa e seleção de modelos para construção de equações de biomassa**. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura ”Luiz de Queiroz”,Universidade de São, Piracicaba, 2009.

3 ANÁLISE DA EXPLORAÇÃO FLORESTAL NA AMAZÔNIA ORIENTAL BRASILEIRA ATRAVÉS DE MATRIZES DE TRANSIÇÃO

Resumo

A modelagem do crescimento em floresta tropical é uma grande alternativa para análise do impacto proveniente de explorações. Dessa forma, este capítulo visa avaliar a Exploração de Impacto Reduzido (EIR) e a Exploração Convencional (EC) através de modelos de matrizes de transição. Utilizou-se para isso dados de estudo instalado no ano de 1993, no município de Paragominas, nordeste do Pará, em uma área de EIR e de EC, com 14 parcelas contínuas de 25 x 700 m, totalizando 24,5 ha para cada área. A exploração aconteceu em 1993, seis meses após a instalação das parcelas e da primeira medição. As medições seguintes ocorreram no ano de 1994, após a exploração, 1995, 1996, 1998, 2000, 2003, 2006, 2009. Foram coletados dados de diâmetro à altura do peito (DAP), nome da espécie para todos os indivíduos com DAP acima de 25 cm. As matrizes de transição foram montadas com base em dois modelos, no primeiro modelo, o ingresso foi definido através de regressão linear. No segundo o ingresso foi definido como o valor médio do ingresso no período de um ano. O segundo modelo foi o que se mostrou melhor para a área de estudo por apresentar o menor erro médio. A Exploração Convencional possui menor resiliência da estrutura dimétrica quando comparada a EIR, além da EIR incentivar o crescimento de árvores nas maiores classes de DAP. Sendo o ciclo de corte de 30 anos suficiente para a recuperação da estrutura diamétrica apenas na EIR.

Palavras-chave: Exploração de Impacto Reduzido; Exploração Convencional; Distribuição Diamétrica

Abstract

The tropical forest growth modelling is a great alternative for logging impact analysis. Then, this Chapter aim to analyze the Reduced Impact Logging(RIL) and Conventional Logging(CL) through transition matrices. For this, was used data of a study installed in 1993 at Paragominas, PA, in a CL and RIL areas, with 14 continuous plots of 25 x 700 m for each area. The logging occurred at 1993, six months after the plots installations and the first measurement. The following measurements occurred at 1994, after logging, 1995, 1996, 1998, 2000, 2003, 2006 and 2009. Diameter at Breast Height (DBH) and specie name were the data collected for all individuals with DBH above 25 cm. The transition matrices were built based on two models, the first model, the ingrowth was defined by linear regression. In the second, ingrowth was defined as the average value of the ingrowth within one year. The second model was what was better adjusted for the study area because it has the lowest average error. Conventional Logging has lower diameter structure resilience compared with the RIL, the RIL also benefit the growth of trees in larger dbh classes, as the cutting cycle of 30 years sufficient to recover only the RIL diametric structure.

Keywords: Reduced Impact Logging; Conventional Logging; Diameter distribuition

3.1 Introdução

A exploração madeireira na Amazônia é de suma importância para o desenvolvimento do país. Técnicas que almejem a sustentabilidade dessa exploração devem ser consideradas para garantir o suprimento dessa matéria prima por um longo período de tempo. Para isso, é necessária a definição da eficiência dessas técnicas na Amazônia brasileira tendo em vista que as que almejam a diminuição do impacto de exploração são bastante recentes. Um método de avaliar a sustentabilidade da exploração é observar o desenvolvimento de parâmetros da floresta ao longo do tempo.

Para isso a modelagem do crescimento surge como alternativa para a análise desses parâmetros ao longo do tempo. A modelagem do crescimento se caracteriza por descrever o incremento em tamanho individual ou de uma população durante um certo período de tempo (ZEIDE, 1993; VANCLAY, 1994).

A distribuição diamétrica pode ser usada para definir esse desenvolvimento, sendo que ela é uma variável real obtida pela medição direta das árvores (UMANA & ALENCAR, 1998). Essa distribuição permite identificar e interpretar a dinâmica da estrutura florestal possibilitando definir tomadas de decisões para futuras intervenções (SIMINISKI et al., 2004).

A utilização de matrizes de transição é uma forma concisa de resumir o comportamento de um sistema e pode ser utilizado para modelar o crescimento da floresta. Elas resumem, em uma matriz, probabilidades de mudança de classes permitindo projeções de crescimento com uma simples multiplicação de matrizes mostrando o comportamento do sistema (VANCLAY, 1994).

O conceito de modelos matriciais de crescimento foi introduzido por Leslie (1945) para populações animais onde as classes eram representadas por idade. Usher (1966) é considerado o primeiro a utilizar esses modelos para simular a evolução da floresta pela distribuição diamétrica. Alguns pesquisadores estudam a modelagem do crescimento através de matrizes com objetivo de definir a dinâmica dessa distribuição diamétrica e do crescimento (SPATHELF & DURLO, 2001; PIKARD, et al., 2003; HERING, 2003; HAO et al., 2005). Vasconcelos et al. (2009) identificaram que não existe um padrão definido na dinâmica das distribuições diamétricas para uma área de floresta tropical sob intervenção humana. Azevedo et al. (1994) analisaram a predição da distribuição diamétrica da floresta atlântica através de matrizes de transição. Mendonza & Setyarso (1986) estudaram através de matrizes de transição a eficiência de técnicas de exploração em uma floresta na Indonésia.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar a EIR e a EC pela análise do crescimento através de matrizes de transição, comparando-as e identificando quais das duas explorações possuem a melhor resiliência projentando a distribuição diamétrica para cenários futuros.

3.2 Materiais e métodos

3.2.1 Área de estudo

A área de estudo localiza-se na fazenda Agrossete, no município de Paragominas, a 30 km da sede de município, nordeste do Pará (Figura 2.1).

O clima é caracterizado por um período de chuvas regulares (janeiro a maio) e por um período mais seco (junho a novembro), com pluviosidade média de 40 mm/mês e 1700 mm/ano, sendo, segundo a classificação de Köppen-Geiger, Af, ou seja, clima equatorial.

Os solos da região são do grupo Latossolo Amarelo, pobres e bem profundos, com textura variando da média a muito argilosa, com relevo bastante plano.

A vegetação da área de estudo é do tipo floresta ombrófila densa, também conhecida como floresta de terra firme.

3.2.2 Dados

A área recebeu três diferentes tratamentos. No primeiro foi explorada a área através de Exploração Convencional (EC), no qual não existe planejamento de colheita e a escolha das árvores é feita de maneira aleatória, no segundo a área foi explorada através da Exploração de Impacto Reduzido (EIR), que consiste em um manejo da área a ser explorada, com planejamento pré, durante e pós-colheita, almejando o menor impacto possível a floresta, e no terceiro não realizou exploração a fim de manter uma área controle.

A exploração da floresta ocorreu no ano de 1993, sendo que a coleta de dados foi realizada nos anos de 1993 (seis meses antes da exploração), 1994, 1995, 1996, 1998, 2000, 2003, 2006 e 2009. Foram coletados dados de diâmetro a altura do peito (DAP), acima de 10 cm para árvores comerciais e acima de 25 cm para árvores não comerciais, nome popular da espécie, coordenada X e Y na parcela, presença e quantidade de cipós, luminosidade da copa, assim como qualidade da copa e do fuste. Neste trabalho, apenas os dados de DAP para árvores acima de 25 cm e nome popular da espécie foram utilizados.

Tanto na área de EC quanto na área de EIR foram realizadas 14 parcelas contínuas de 25m por 700m. Para a área de controle foi realizada 28 parcelas contínuas de 25 m por 350 m, totalizando, para cada tratamento, 24,5 hectares.

3.2.3 Descrição dos Modelos

As árvores em um povoamento são divididas em n classes de diâmetros. Sendo o número esperado de árvores vivas dentro de cada classe de diâmetro em um determinado tempo (t) denominado por y_{1t} , y_{2t} , y_{3t} ,..., y_{nt}. Sendo assim, o povoamento sobrevivente é representado no tempo *t* pelo vetor 3.1.

$$y_t = [y_{it}], \qquad i = 1, 2, 3, \ldots, n. \tag{3.1}$$

A situação da floresta no tempo $t + \theta$ é totalmente determinada através da situação dela no tempo t e pelo ingresso no período θ através das *n* equações:

$$\begin{aligned} y_{1t+\theta} &= I_t + a_1(y_1 t) \\ y_{2t+\theta} &= b_2(y_1 t) + a_2(y_2 t) \\ &\vdots \\ y_{nt+\theta} &= b_n(y_{n-1t}) + a_n(y_{nt}) \end{aligned} \tag{3.2}$$

Sendo: I_t o valor de ingresso, a_n e b_n as probabilidades de transição de classe.

Durante certo período θ, as árvores presentes na classe *i* podem se manter na mesma classe, avançar para classes seguintes, ou podem morrer durante esse período. Pela existência de períodos com intervalos diferentes, foi necessária uma padronização do intervalo. Utilizou-se a taxa anual de sobrevivência (3.3) sugerida por Sheil et al. (1995) para a padronização em um ano das taxas de crescimento. Sendo assim, a probabilidade de um indivíduo se manter na mesma classe (a_i) ou então avançar para classes seguintes no período de um ano (b_i) está representada pela equação 3.4.

$$\lambda = \left(\frac{N_i}{N_0}\right)^{1/t} \tag{3.3}$$

$$p_i = \lambda \cdot \left(\frac{n_{ij}}{N_i}\right) \tag{3.4}$$

No qual:

p_i - Probabilidade de permanência na classe ou de transição da classe *i* para a classe *j*, no

período de um ano;

N_0 - número total de indivíduos no início do período na classe *i*;

n_{ij} - número de indivíduos na classe *j*, no final do período, uma vez que estavam na classe *i* no início do período;

N_i - número total de indivíduos no início do período na classe *j*;

t - período estudado em anos.

O vetor de ingresso (número de árvores que atingiram o diâmetro de 25 cm no período de um ano) foi definido de duas formas, cada uma para um modelo diferente. O primeiro foi definido através de regressão linear do modelo sugerido por Ek (1974) e Buongiorno & Michie (1980), no qual observaram que o ingresso de novos indivíduos é afetado pelas condições da floresta. A equação foi definida pela concepção de que a área basal do povoamento é inversamente proporcional ao ingresso, sendo o ingresso diretamente proporcional ao número de indivíduos na população, ou seja, o ingresso é favorecido nas classes de menor diâmetro. Sendo assim, a função de ingresso se apresenta da seguinte forma:

$$I_t = \beta_0 + \beta_1 \sum_{i=1}^{n} g_i(y_{it}) + \beta_2 \sum_{i=1}^{n} (y_{it}) \tag{3.5}$$

No qual $I_t > 0$, g_i é a área transversal da árvore com o diâmetro médio na classe *i* e β_0, β_1 ,β_2 são os parâmetros do modelo ajustado. A partir disso, o número de árvores na menor classe de diâmetro fica representado como:

$$y_{1t+\theta} = \beta_0 + d_1(y_{1t}) + \ldots + d_n(y_{nt}) \tag{3.6}$$

Sendo os valores de fecundidade (d_i) representados por:

$$\begin{aligned} d_1 &= a_1 + \beta_1 g_1 + \beta_2 \\ d_n &= \beta_1 g_1 + \beta_2 \quad \text{para} \quad i > 1 \end{aligned} \tag{3.7}$$

Sendo assim o ingresso é representado pelo seguinte vetor:

$$\underline{c} = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \tag{3.8}$$

O segundo foi definido pela média do ingresso (I_t) obtido no período de um ano, sendo representado como:

$$\underline{i} = \begin{bmatrix} \overline{I_t} \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \tag{3.9}$$

A partir disso, dois modelos foram testados para definir a dinâmica de crescimento das classes de diâmetro de cada tratamento. São eles:

$$y_{t+\theta} = M_a(y_t) + \underline{c} \tag{3.10}$$

$$\begin{bmatrix} y_{1t+\theta} \\ y_{2t+\theta} \\ y_{3t+\theta} \\ \vdots \\ y_{nt+\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 & d_2 & d_3 & \dots & d_n \\ b_2 & a_2 & & & \\ & b_3 & a_3 & & \\ & & & \ddots & \\ & & & b_n & a_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1t} \\ y_{2t} \\ y_{3t} \\ \vdots \\ y_{nt} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_0 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

e:

$$y_{t+\theta} = M_b(y_t) + \underline{c} \tag{3.11}$$

$$\begin{bmatrix} y_{1t+\theta} \\ y_{2t+\theta} \\ y_{3t+\theta} \\ \vdots \\ y_{nt+\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & & & & \\ b_2 & a_2 & & & \\ & b_3 & a_3 & & \\ & & & \ddots & \\ & & & b_n & a_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1t} \\ y_{2t} \\ y_{3t} \\ \vdots \\ y_{nt} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \overline{I_t} \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

3.2.4 Montagem da matriz e seleção dos modelos

A matriz de transição foi montada com base nos dados de sete períodos. Os períodos são de 1994 a 1995, 1995 a 1996, 1996 a 1998, 1998 a 2000, 2000 a 2003, 2003 a 2006 e, por fim, 2006 a 2009. Os indivíduos foram dividididos em 8 classes de diâmetro, iniciando-se a partir de 25 cm, sendo o intervalo de cada classe de 10 cm. Utilizou-se a média das probabilidades (3.4) para a montagem das matrizes.

O melhor modelo selecionado é aquele que possuir o menor erro médio. O erro médio será calculado através da diferença da distribuição de diâmetro observada pela distribuição de diâmetro estimada, nos períodos de 1, 2, 4, 6, 9, 12 e 15 anos após a exploração.

3.2.5 Recuperação da floresta

Será feita a extrapolação da distribuição de diâmetro para um horizonte de 30 anos a partir do ano em que a floresta foi explorada, para averiguar a eficiência do ciclo de corte sugerido pela legislação brasileira para o manejo florestal sustentável (BRASIL, 2009). A exploração da floresta será considerada sustentável em relação a estrutura diamétrica da floresta se os números de indivíduos por hectare encontrados em cada classe de diâmetro antes da exploração forem atingidos no horizonte de 30 anos.

Para um melhor entendimento do efeito da exploração em um longo prazo, a distribuição de diâmetros da floresta será projetada também em 200 anos em um cenário no qual as taxas de transição e ingresso se manteriam a mesma durante os anos.

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Matriz de transição

Para o modelo 3.10 foi necessária o ajuste de uma equação de ingresso (3.5). Ela foi estimada a partir dos dados de ingresso através de regressão linear. Os parâmetros desse modelo indicaram valores diferentes no ingresso entre as explorações, sendo o intercepto, o parâmetro que obteve maior variação entre (tabela 3.1).

O coeficiente de determinação (R^2) das equações de ingresso foram muito baixos, assim como ocorreu nos estudos de Ek (1974) e Buongiorno & Michie (1980). O R^2 ser mais próximo do zero do que do um, indica uma baixa precisão nos modelos de ingresso. Possivelmente, a precisão destes modelos poderia ser aumentada com a utilização de classes de DAPs menores, sendo nessas classes onde ocorre o maior número de ingresso e mortalidade em plantas.

Tabela 3.1 – Parâmetros (βi) dos modelos de ingresso com seus respectivos erro padrão (Si)

EXPLORAÇÃO	β_0 (S_x)	β_1 (S_x)	β_2 (S_x)	R^2
EC	0,06139 (0,13153)	0,27241 (0,04899)	-0,00377 (0,03128)	0,45
EIR	1,48421 (3,04077)	0,53878 (0,53042)	-0,00139 (0,04281)	0,05
Controle	2,42230 (0,73694)	0,07038 (0,05596)	-0,02092 (0,01687)	0,009

Calculado o ingresso para o modelo 3.10, obtém-se as matrizes de transição e os vetores de ingresso dos dois modelos estudados para cada tratamento. São eles:

-Exploração Convencional:

Modelo 3.10:

$$\hat{M}_a = \begin{bmatrix} 0,94 & 0,03 & 0,05 & 0,07 & 0,10 & 0,13 & 0,17 & 0,31 \\ 0,05 & 0,93 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,05 & 0,93 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,05 & 0,91 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,06 & 0,94 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,04 & 0,91 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,05 & 0,87 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,10 & 0,95 \end{bmatrix}, \hat{\underline{c}} = \begin{bmatrix} 0,061 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

Modelo 3.11:

$$\hat{M}_b = \begin{bmatrix} 0,92 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,05 & 0,93 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,05 & 0,93 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,05 & 0,91 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,06 & 0,94 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,04 & 0,91 & 0. & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,05 & 0,87 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,10 & 0,95 \end{bmatrix}, \hat{\underline{i}} = \begin{bmatrix} 2,34 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

-

Exploração de Impacto Reduzido:

Modelo 3.10:

$$\hat{M}_a = \begin{bmatrix} 0,95 & 0,06 & 0,10 & 0,15 & 0,20 & 0,26 & 0,34 & 0,58 \\ 0,06 & 0,91 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,07 & 0,90 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,09 & 0,89 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,09 & 0,88 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,10 & 0,89 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,09 & 0,86 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,10 & 0,95 \end{bmatrix}, \hat{\underline{c}} = \begin{bmatrix} 1,48 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{3.14}$$

Modelo 3.11:

$$\hat{M}_b = \begin{bmatrix} 0,92 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,06 & 0,91 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,07 & 0,90 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,09 & 0,89 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,09 & 0,88 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,10 & 0,89 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,09 & 0,86 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,10 & 0,95 \end{bmatrix}, \hat{\underline{i}} = \begin{bmatrix} 7,32 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{3.15}$$

Controle:

Modelo 3.10:

$$\hat{M}_a = \begin{bmatrix} 0,91 & -0,01 & -0,01 & 0 & 0,01 & 0,01 & 0,02 & 0,06 \\ 0,04 & 0,92 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,05 & 0,91 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,06 & 0,92 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,07 & 0,90 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,09 & 0,92 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,06 & 0,87 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,12 & 0,98 \end{bmatrix}, \hat{\underline{c}} = \begin{bmatrix} 2,42 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{3.16}$$

Modelo 3.11:

$$\hat{M}_b = \begin{bmatrix} 0,93 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,04 & 0,92 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,05 & 0,91 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,06 & 0,92 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,07 & 0,90 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,09 & 0,92 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,06 & 0,87 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,12 & 0,98 \end{bmatrix}, \hat{\underline{i}} = \begin{bmatrix} 1,80 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{3.17}$$

Os modelos, entre as explorações, se diferenciaram principalmente nas taxas de ingresso obtidas, sendo o modelo da EIR o que obteve a maior taxa de ingresso. Entretanto, se comparado apenas as taxas de transição e permanência de classes, a EC tem maior tendência dos indivíduos permanecerem na mesma classe depois de determinado período em comparação com a EIR, enquanto que a EIR possui uma maior tendência dos indivíduos mudarem de classe depois de certo período em comparação com a EC.

Esse fato indica que as técnicas de exploração da EIR possui uma maior regeneração e estimula mais o crescimento do que as técnicas da EC.

3.3.2 Erro médio

Os erros médios indicam o modelo 3.11 sendo o mais indicado para a EIR e para a área de controle, enquanto que o modelo 3.10 foi melhor para a EC. Isso deve ocorrer devido ao coeficiente de determinação obtido para o modelo de ingresso na EC ser bem maior do que os outros dois tratamentos. Nota-se também que existe uma superestimação dos valores estimados para a EIR em ambos os modelos, enquanto que nos outros dois tratamentos existe uma subestimação dos valores estimados.

Uma possível causa da superestimação do modelo da EIR é a alta taxa de ingresso obtida, resultado de uma rápida recuperação da floresta nos primeiros anos após a exploração. Valores mais confiáveis das taxas de ingresso podem ser obtidos utilizando indivíduos em classes menores (DAP < 25 cm) das que foram utilizadas nesses modelos, pois é nessas classes que contém a maior taxa de mortalidade e crescimento das árvores.

Tabela 3.2 – Erro médio dos modelos (ind./ha)

EXPLORAÇÃO	MODELO 3.10	MODELO 3.11
EC	0,034322	0,688715
EIR	−27,60325	−19,34200
Controle	1,956576	1,149289

Dessa forma, o modelo 3.11 foi escolhido como o mais indicado para a análise dessa floresta. Tendo em vista os baixos coeficientes de determinação obtidos para o ingresso no modelo 3.10 e os erros médios maiores também obtidos por esse modelo.

3.3.3 Desenvolvimento da floresta

A floresta que foi submetida a EIR obteve uma rápida recuperação, sendo que, em 15 anos todas as classes diamétricas já possuíam o mesmo ou maior número de indivíduos por hectare do que antes da exploração (Figura 3.1). Quando utilizado o eixo das coordenadas na escala logarítmica (*ln(ind./ha)*), observa-se melhor a recuperação nas classes de maior DAP (Figura 3.4).

Na EC, existe uma grande recuperação das classes intermediárias, isso indica uma estabilização do crescimento quando em conjunto com a diminuição do número de indivíduos nas classes menores (Figura 3.2). Em contrapartida, não existe uma recuperação das classes com os maiores DAP, melhor visualizado quando utilizado o eixo das coordenadas em escala logarítmica (Figura 3.5).

Para a área de controle existe uma estabilização do crescimento, com uma diminuição do número de árvores nas classes menores e um aumento de árvores nas maiores classes de DAP (Figura 3.3 e 3.6).

A Exploração de Impacto Reduzido possui taxas superestimadas devido a rápida recuperação que a floresta obteve depois do corte, o que influenciou as altas taxas de ingresso. A tendência é haver um decréscimo dessas taxas ao longo dos anos até a sua estabilização.

Em relação ao impacto imediato da exploração na estrutura da floresta, é notável a diferença entre as explorações. A distribuição diamétrica apresenta bem mais afetada na EC, indicando um maior impacto exploratório na floresta, em comparação com a EIR, no qual logo após a exploração a estrutura se apresenta parecida com a pré-colheita. Graficamente, observa-se que a linha que indica a distribuição da floresta antes da exploração apresenta mais distante da linha que indica a distribuição diamétrica após a colheita na EC em comparação com a EIR (Figura 3.1 e 3.2).

Apesar de graficamente (figuras 3.2 e 3.3) a Exploração Convencional e o Controle estarem parecidos, nota-se que nas classes de maior diâmetro não ocorre grande incremento por parte da floresta submetida à EC. Esse fato pode ser comprovado na análise do horizonte de 200 anos, no qual existe pouco acréscimo no número de indivíduos de classes maiores para a EC enquanto que para a EIR a figura 3.7 indica um grande acréscimo dessa classe ao longo do tempo.

Tanto na EIR quanto na área controle existe uma tendência da distribuição tomar forma de ”U”, ou seja, nessas duas áreas ocorre um grande incremento dos indivíduos nas classes maiores de DAP (Figura 3.7 e 3.9). O mesmo ocorreu no estudo de Buongiorno e Michie (1980) quando foi projetada a evolução da distribuição diamétrica de uma floresta no nordeste dos Estados Unidos para um horizonte de 200 anos.

Projetando a estrutura diamétrica até a total estabilização do número de indivíduos por classe diamétrica ambos os tratamentos obtiveram valores parecidos quanto ao ano de estabilização. A EIR obteve total estabilização 200 anos após a colheita e a EC 211 anos após a colheita.

A tabela 3.3 sumariza o desenvolvimento da distribuição diamétrica ao longo dos anos.

É válido ressaltar que os horizontes de 200 anos não transmitem o que seria a floresta após esse grande período de tempo e sim ajudam na compreensão de seu desenvolvimento indicando qual classe irão ser beneficiadas com o tipo de exploração, visto que as taxas de transição de classe tendem a mudar ao longo do tempo.

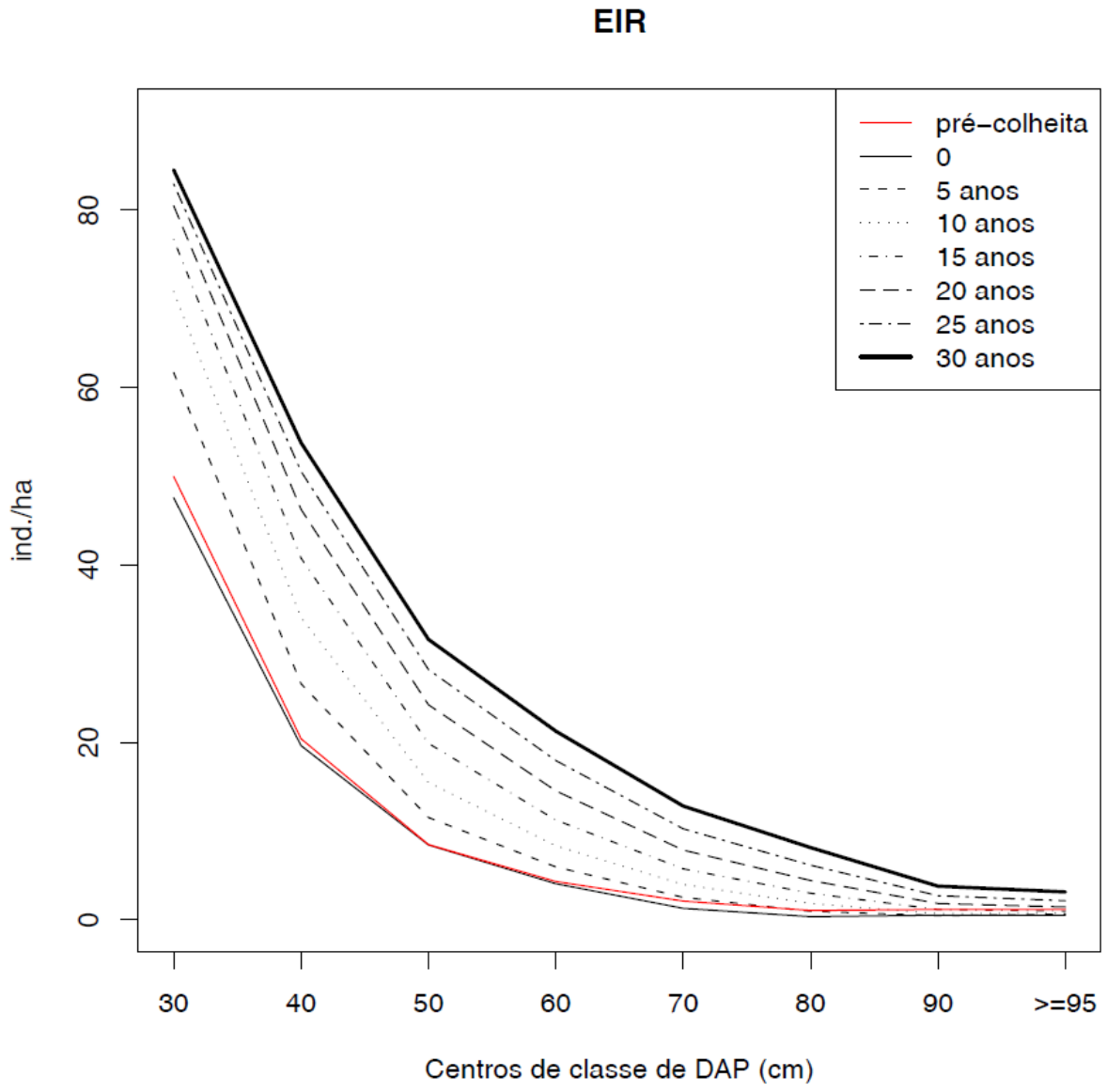

Figura 3.1 – Estrutura diamétrica da floresta submetida à Exploração de Impacto Reduzido em um período de 30 anos após a exploração

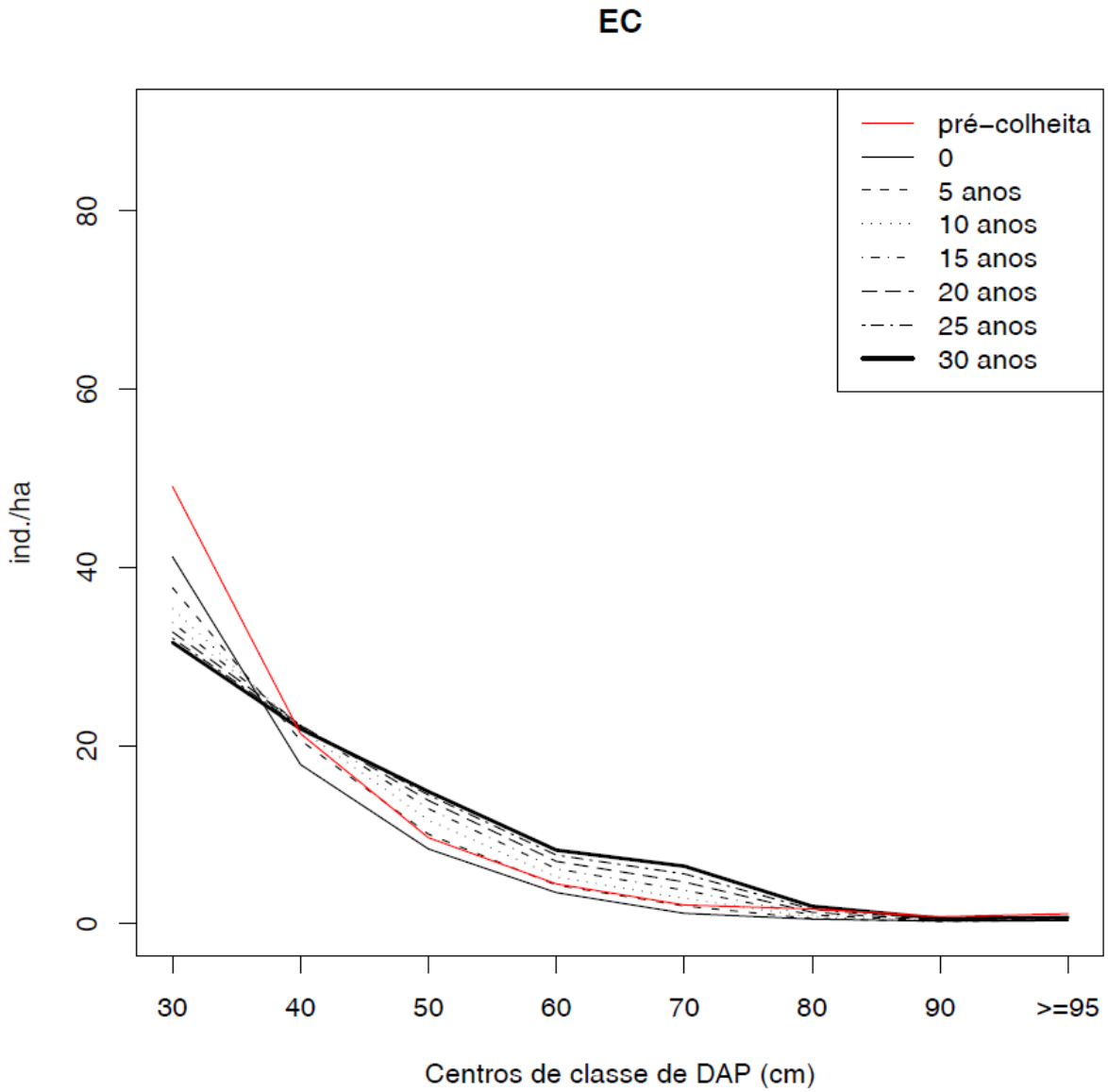

Figura 3.2 – Estrutura diamétrica da floresta submetida à Exploração Convencional em um período de 30 anos após a exploração. Cada linha representa um período após a colheita

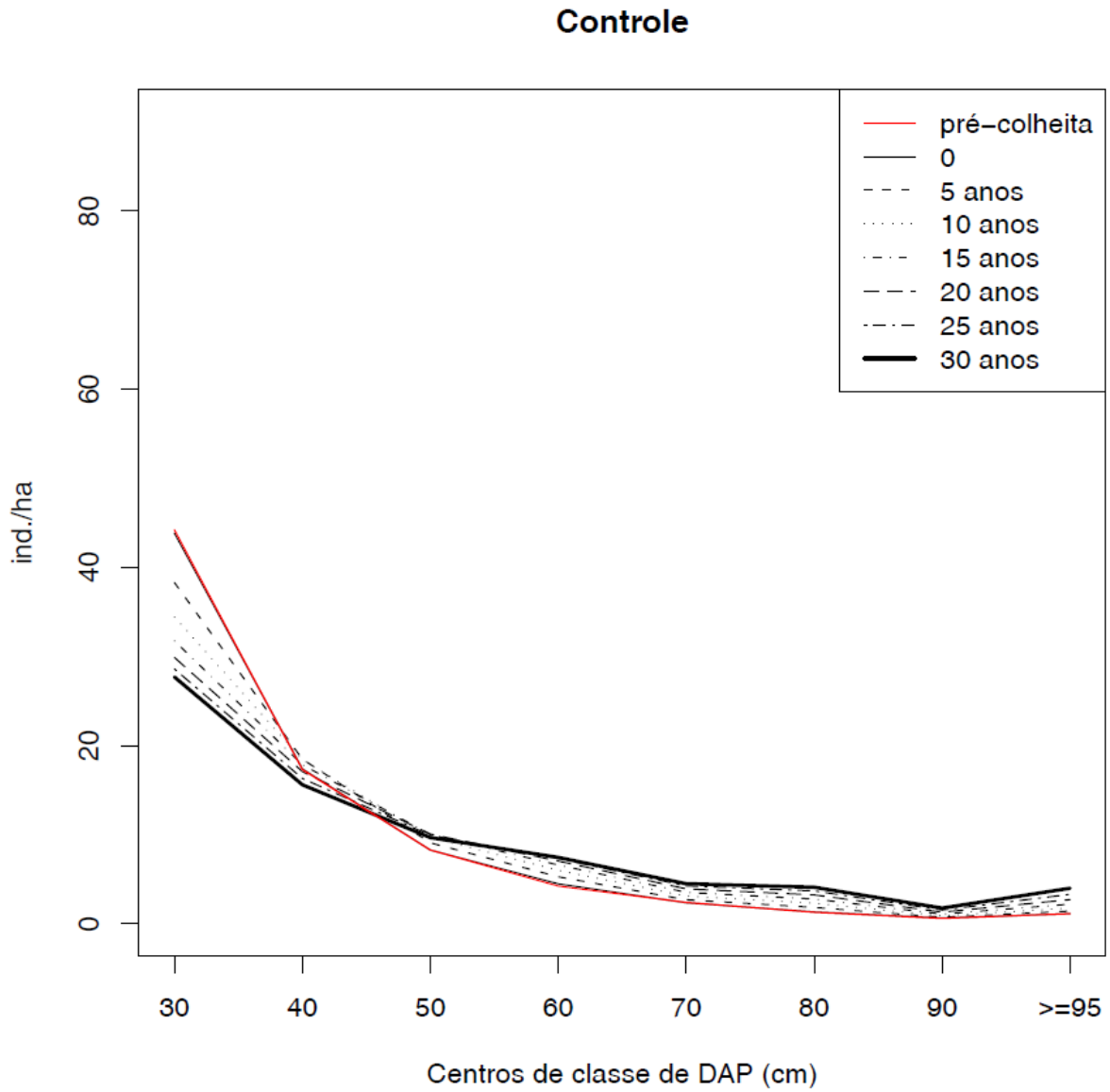

Figura 3.3 – Estrutura diamétrica da floresta para a área de controle em um período de 30 anos após a exploração das outras áreas. Cada linha representa um período após a colheita

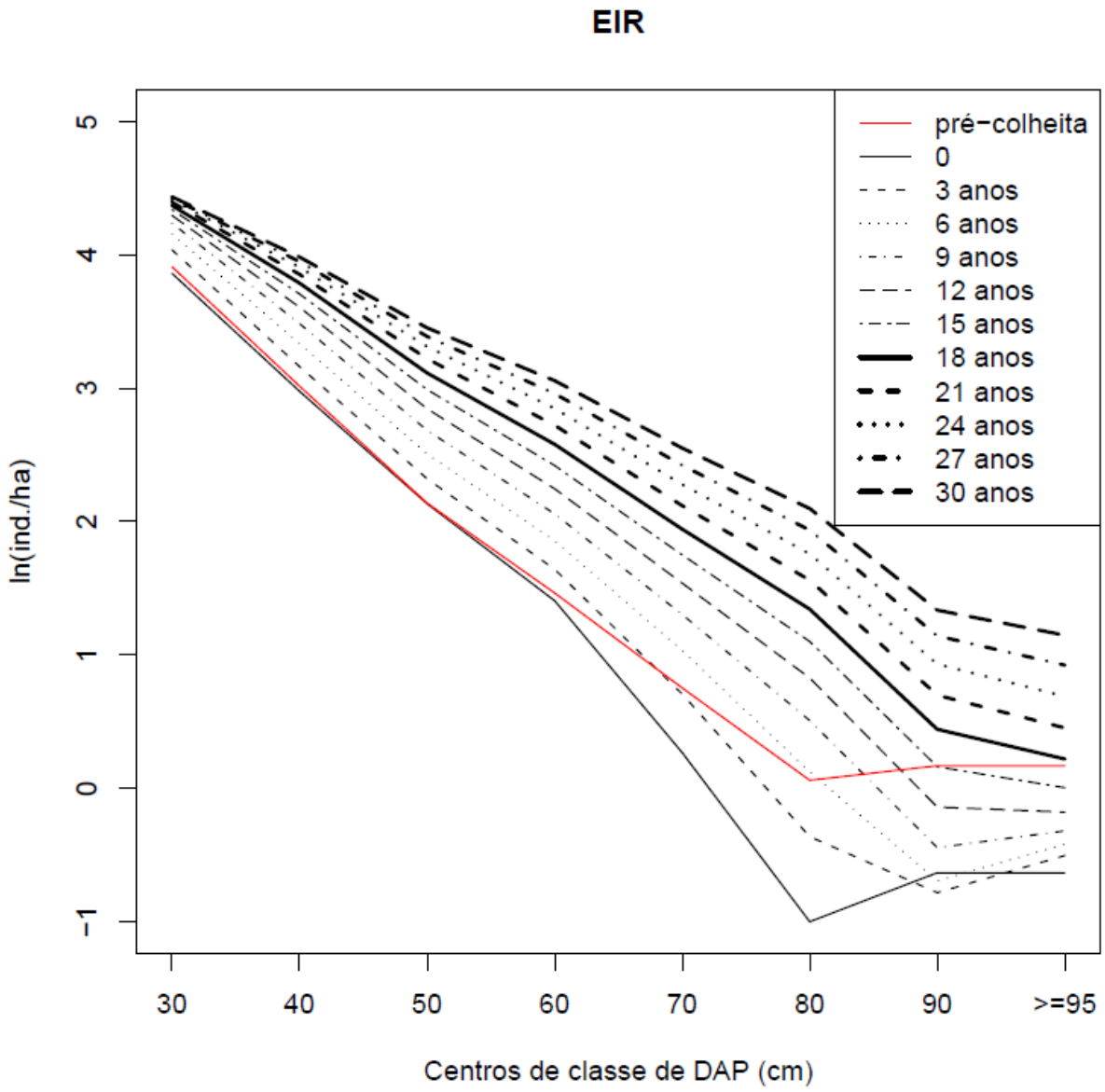

Figura 3.4 – Estrutura diamétrica da floresta para a área de Exploração de Impacto Reduzido em um período de 30 anos após a exploração, utilizando o eixo das coordenadas em escala logarítmica. Cada linha representa um período após a colheita

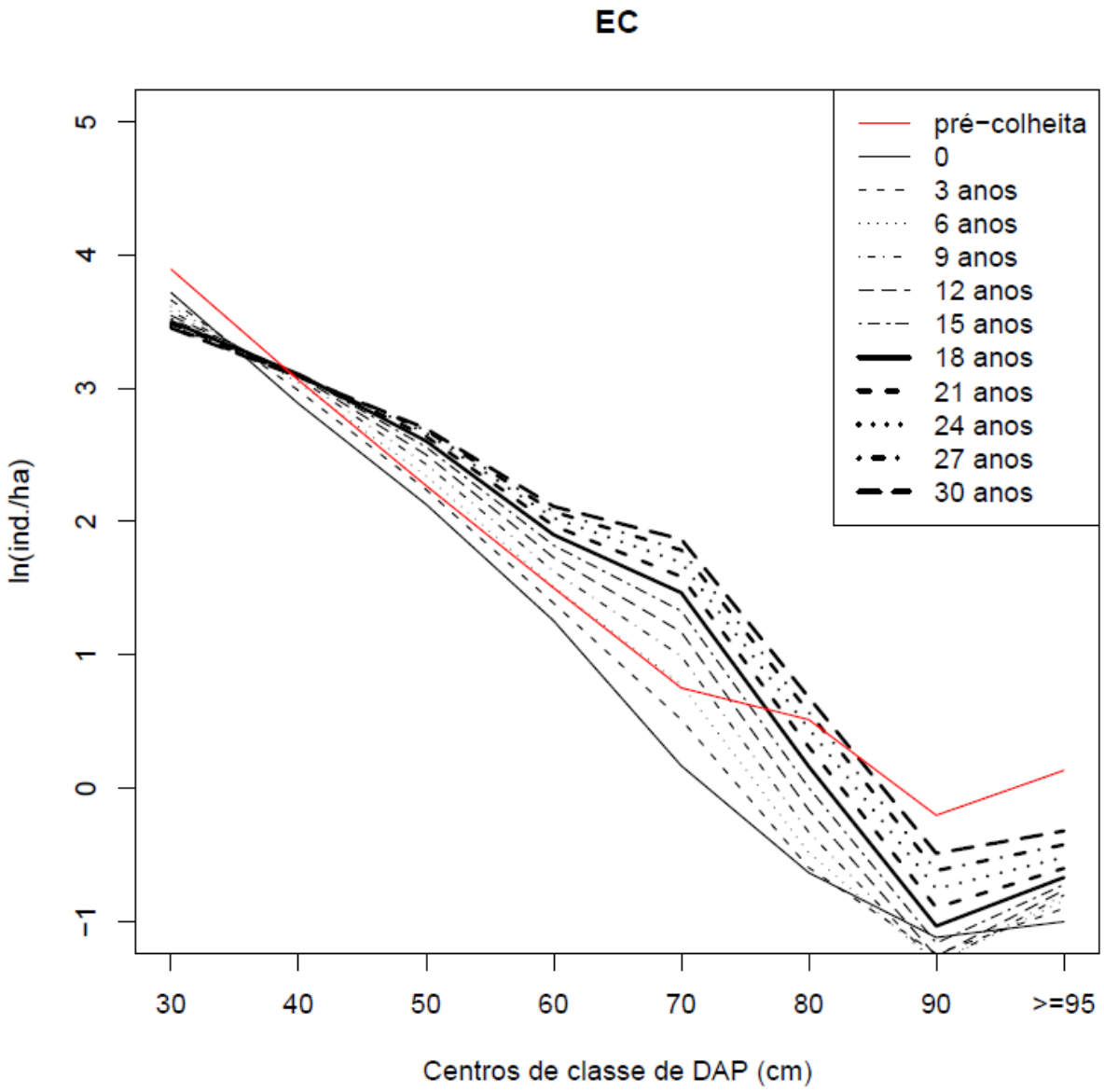

Figura 3.5 – Estrutura diamétrica da floresta para a área de Exploração Convencional em um período de 30 anos após a exploração, utilizando o eixo das coordenadas em escala logarítmica. Cada linha representa um período após a colheita

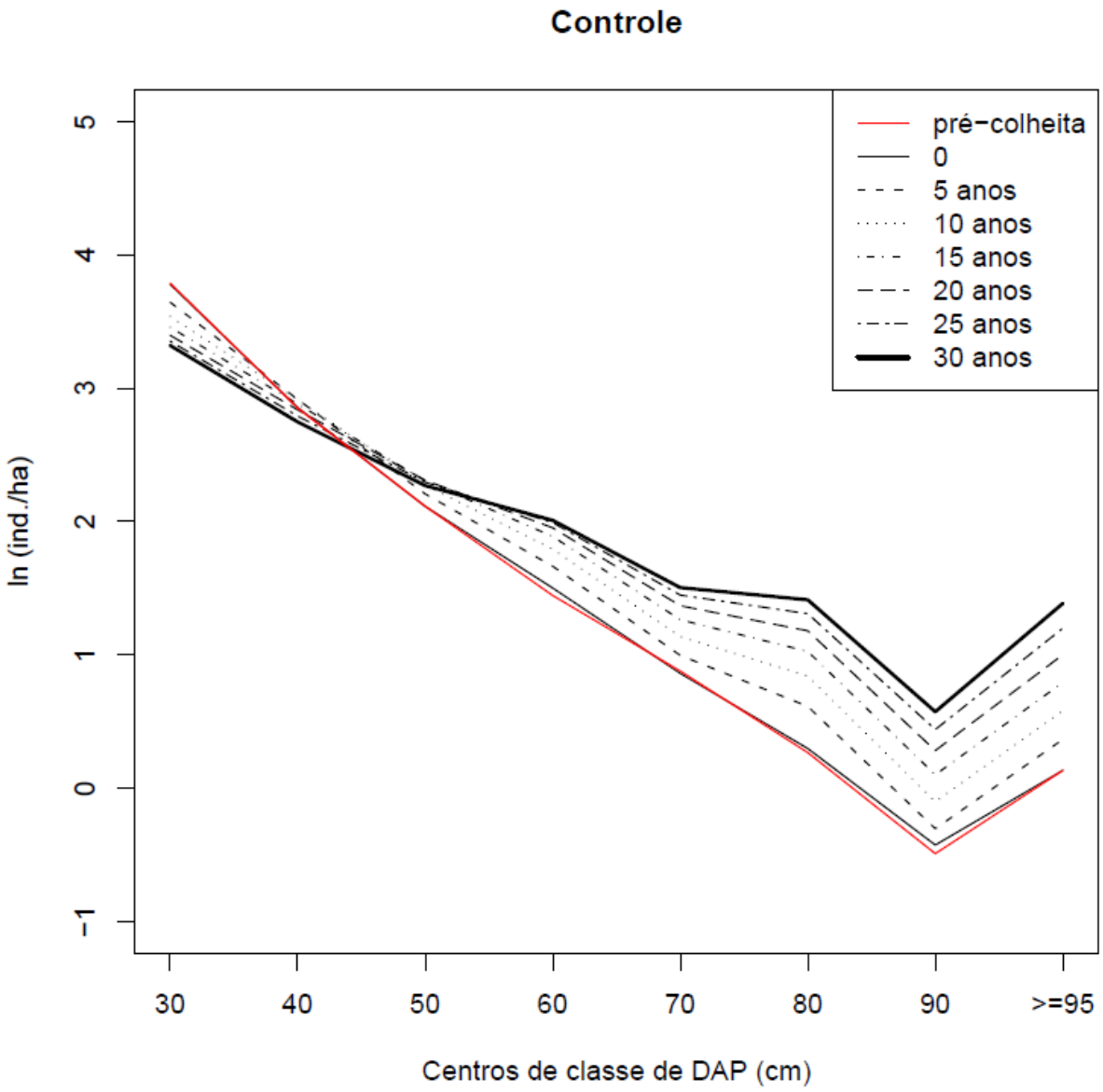

Figura 3.6 – Estrutura diamétrica da floresta para a área Controle em um período de 30 anos após a exploração das outras áreas, utilizando o eixo das coordenadas em escala logarítmica. Cada linha representa um período após a colheita

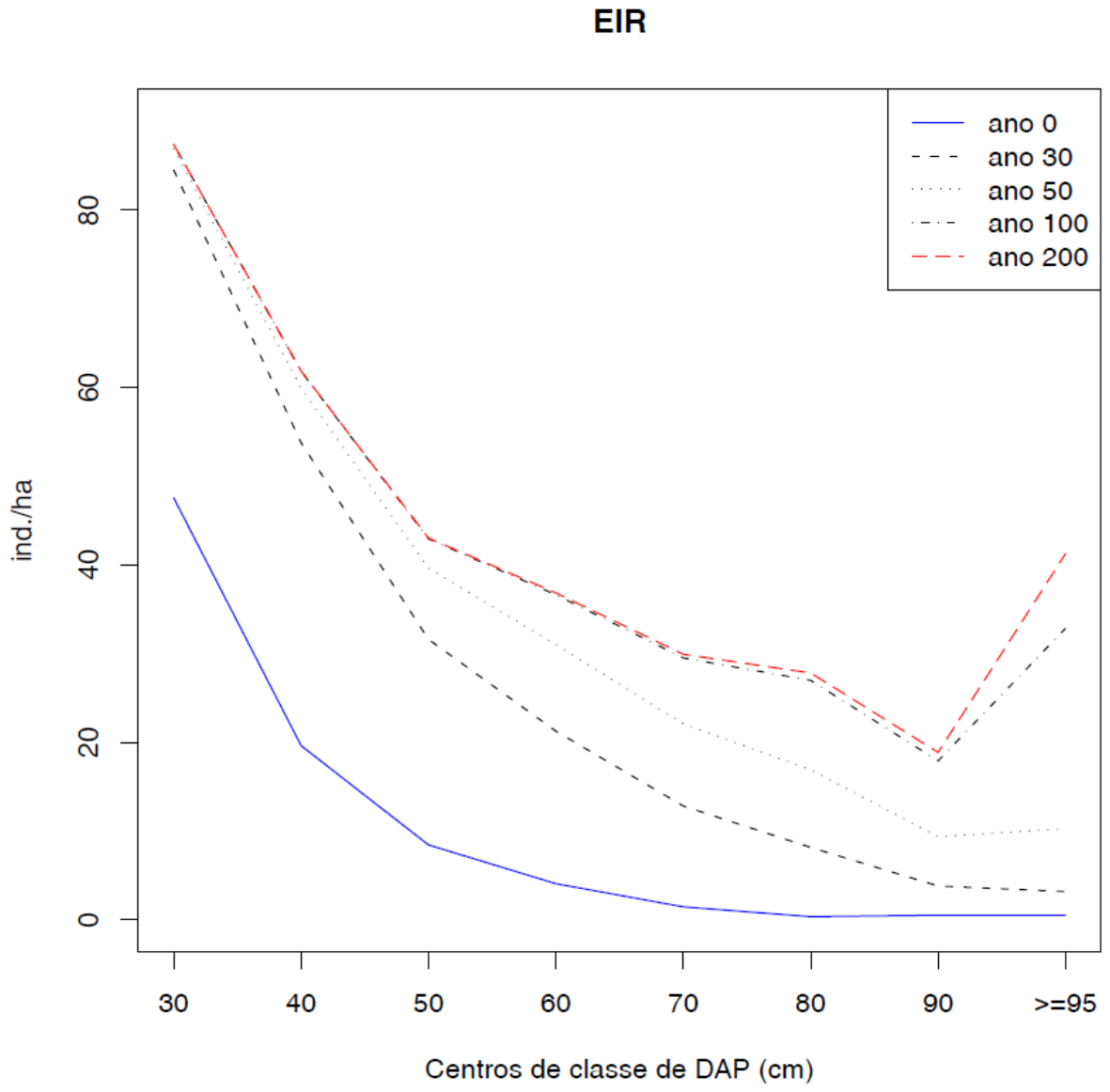

Figura 3.7 – Estrutura diamétrica da floresta após Exploração de Impacto Reduzido em um horizonte de 200 anos após a exploração. Cada linha representa um período após a colheita

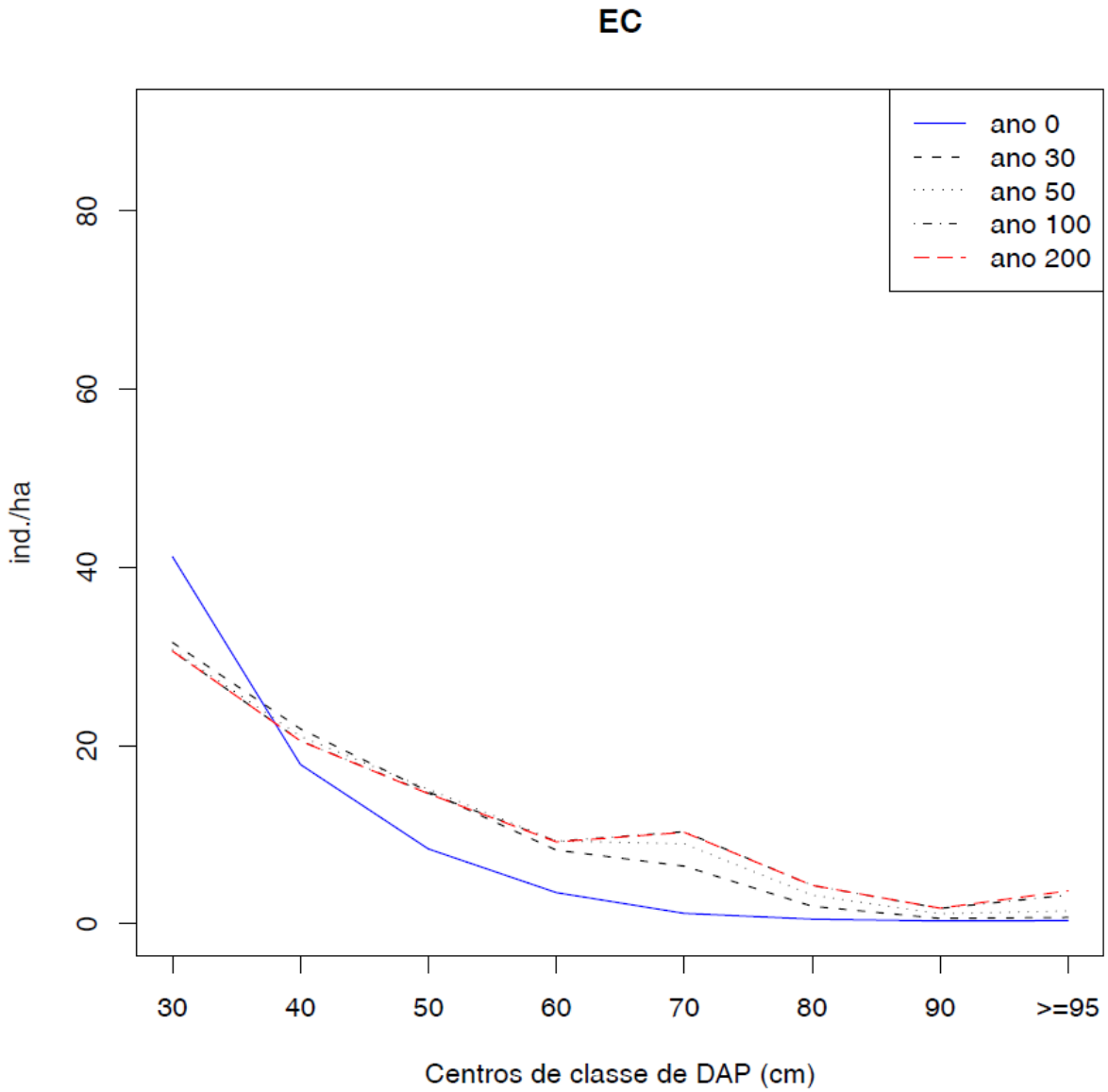

Figura 3.8 – Estrutura diamétrica da floresta após Exploração Convencional em um horizonte de 200 anos após a exploração. Cada linha representa um período após a colheita

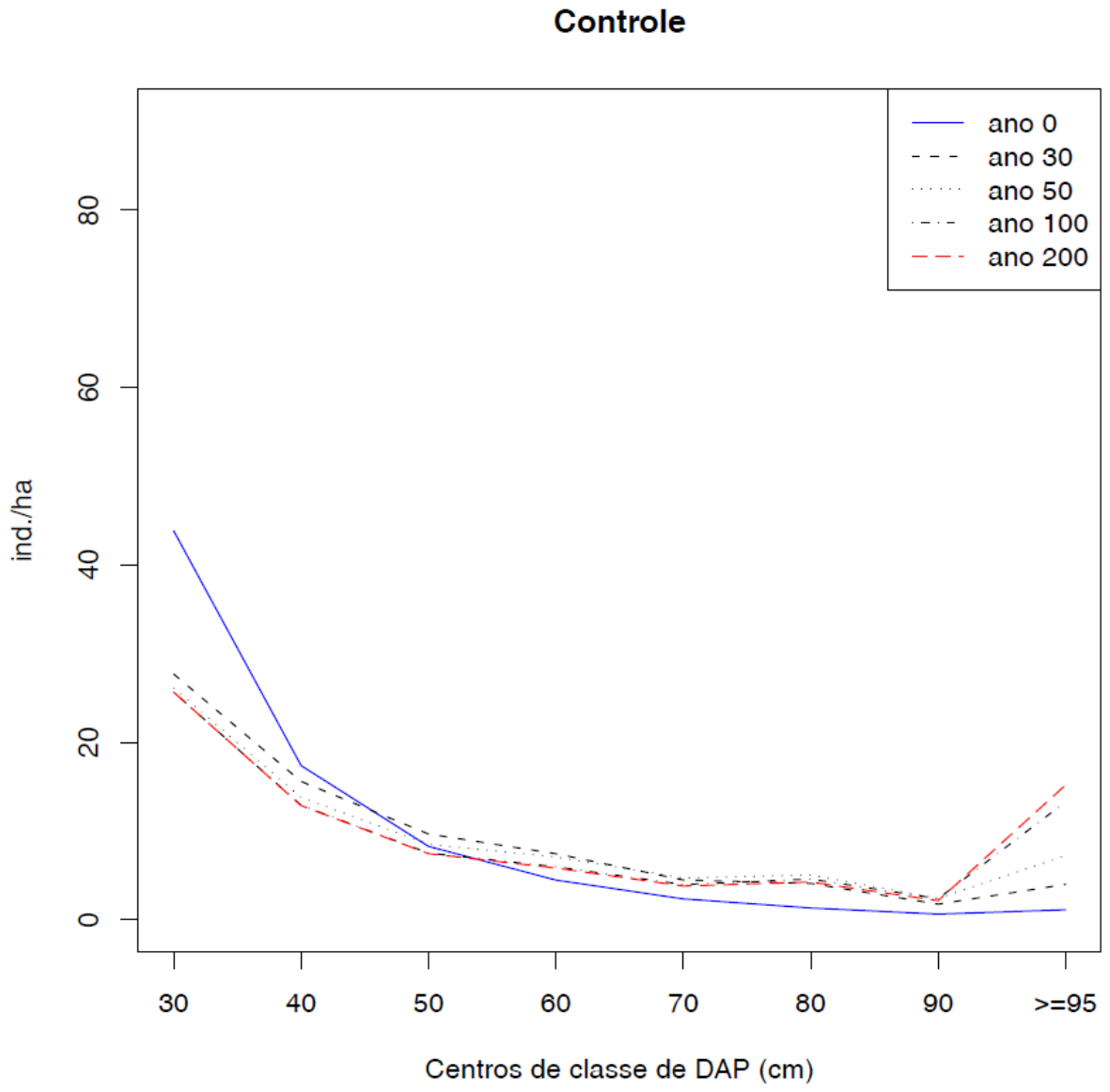

Figura 3.9 – Estrutura diamétrica da floresta na área de Controle em um horizonte de 200 anos após a exploração das outras áreas. Cada linha representa um período após a colheita

Tabela 3.3 – Estrutura diamétrica da floresta após 200 anos da exploração, em ind./ha. Sendo CD – centro de classe diamétrica em centímetros

EXPLORAÇÃO	CD (cm)	ano -1	ano 0	ano 30	ano 50	ano 100	ano 200
EIR	30	49,96	47,55	84,50	86,88	87,37	87,38
	40	20,41	19,63	53,76	59,93	61,81	61,85
	50	8,49	8,45	31,61	39,62	42,93	43,02
	60	4,33	4,08	21,27	31,01	36,63	36,85
	70	2,12	1,47	12,83	22,10	29,52	29,93
	80	1,06	0,37	8,16	16,92	26,99	27,82
	90	1,18	0,53	3,82	9,37	17,92	18,87
	≥ 95	1,18	0,53	3,19	10,28	32,86	41,27
EC	30	49,06	41,18	31,56	30,79	30,60	30,59
	40	21,35	17,88	21,88	21,04	20,54	20,52
	50	9,67	8,41	14,85	15,11	14,66	14,60
	60	4,49	3,51	8,27	9,31	9,27	9,19
	70	2,12	1,18	6,47	8,98	10,34	10,27
	80	1,67	0,53	1,98	3,23	4,31	4,32
	90	0,82	0,33	0,61	1,14	1,74	1,76
	≥ 95	1,14	0,37	0,73	1,45	3,24	3,71
Controle	30	44,20	43,84	27,70	26,13	25,66	25,65
	40	17,31	17,39	15,61	13,81	12,92	12,88
	50	8,29	8,29	9,68	8,52	7,53	7,46
	60	4,24	4,49	7,46	7,09	5,98	5,84
	70	2,41	2,37	4,50	4,73	3,99	3,82
	80	1,31	1,35	4,11	5,06	4,61	4,26
	90	0,61	0,65	1,77	2,43	2,39	2,17
	≥ 95	1,14	1,14	4,00	7,23	13,30	15,19

3.4 Conclusões

O modelo que utiliza o ingresso como uma constante obteve melhores resultados para a predição da distribuição diamétrica dessa floresta.

A Exploração de Impacto Reduzido demonstrou ser mais resiliente do que a Exploração Convencional.

O ciclo de corte de 30 anos é o suficiente para a floresta recuperar sua estrutura diamétrica quando explorada pela EIR, o mesmo não acontece para a EC.

A utilização de matrizes de transição para previsões de longo prazo não é recomendada, visto que as taxas de transição tendem a mudar conforme o tempo.

Referências

AZEVEDO, C.P.; SOUZA, A.L.; CAMPOS, J.C.C.; PAULA Jr., G.G. Predição da distribuição diamétrica da floresta atlântica pelo emprego de matriz de transição. **Revista árvore**, Viçosa, v.18, n.3, p. 1-13, 1994.

BRASIL. Resolução CONAMA n. 406 de 2 de fevereiro de 2009. Estabelece parâmetros técnicos a serem adotados na elaboração, apresentação, avaliação técnica e execução de Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) com fins madeireiros, para florestas nativas e suas formas de sucessão no bioma Amazônia**. Publicação Diario Oficial União**, n. 26, 6 fev. 2009. p. 100.

BUONGIORNO J.; MICHIE, B. A matrix model of uneven-aged forest management. **Forest Science**, Lawrence v.26, n.4, p. 609 – 625,1980.

EK, A.R. Nonlinear models for stand table projection in northern hardwood stands. **Canadian Journal of Forest Research,** Canada, v.4, p. 23-27,1974.

HAO, Q.;MENG, F.; ZHOU, Y.; WANG, J. A transition matrix growth model for uneven-aged mixed-species forest in the Changbai Mountains, northeastern China. **New Forest**,cidade, n.29, p. 221-231.2005.

HERING, K.G. A scientific formulation of tropical forest management. **Ecological Modelling**, Amsterdã, n.166, 211-238, 2003.

LESLIE, P.H. On the use of matrices in certain population mathematics. **Biometrika**, Oxford, n.33, p. 183-212, 1945.

MENDOZA, G.A.; SETYARSO, A. A transition matrix forest growth model for evaluating alternative harvest schemes in Indonesia. **Forest Ecology Management**, Amsterdã, n.15, p. 219-228, 1986.

PICARD, N.; BAR-HEN, A.; GUÉDON, Y. Modelling diameter class distribuition with a secondorder matrix model. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, n.180, p. 389-400,ano.

SHEIL, D.; BURSLEM, D.F.R.P.; ALDER, D. The interpretation and misinterpretation of mortality rates measures. **The Journal of Applied Ecology**, Londres v.38, n.2, p. 331-333,1995.

SIMINSKI, A.; MANTOVANI, M.; REIS, M. S.; FANTINI, A.C. Sucessão florestal secundária no município de São Pedro de Alcântara, litoral de Santa Catarina: estrutura e diversidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 21-33, 2004.

SPATHELF, P; DURLO, M.A. Transition matrix for modeling the dynamics of a subtropical seminatural forest in southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amasterdã, n. 151, p. 139-149, 2001.

UMANA, C.L.A.; ALENCAR, J.C. Distribuições diamétricas da floresta tropical úmida em uma área no município de Itacoatiara -AM. **Acta amazonica,** Manaus, v. 28, p 167 – 190,1998.

USHER, M.B. A matrix approach to the management of renewable resources, with special references to selection forests - two extensions. **Journal of Applied Ecology**, Londres, n.6, p. 123-140, 1966.

VANCLAY, J.K. **Modelling Forest Growth and Yield - Applications to mixed tropical forests**. Wallingford, UK: CAB International, 1994. 312 p.

VASCONCELOS, S. S.; HIGUCHI, N.; OLIVEIRA, M.V.N.. Projeção da distribuição diamétrica de uma floresta explorada seletivamente na Amazônia Ocidental. **Acta Amazonica**, Manaus, v.39, n.1, p. 71-80, 2009.

ZEIDE, B. Analysis of growth equations. **Forest Science**, Lawrence, v.39, n. 3, . p. 594 – 616, 1993.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas de exploração madeireira na Amazônia ainda têm muito a avançar tentando alcançar a sustentabilidade. O ideal do Manejo Florestal Sustentável deve ser alcançado através de um grande número de estudos que aprimorem e avaliem as técnicas de exploração atualmente utilizadas.

Através dos resultados obtidos nesse estudo, as atuais técnicas de exploração presentes na Exploração de Impacto Reduzido sustentada pela legislação brasileira, não é suficiente para garantir o mesmo estoque de madeira passível de exploração depois de um ciclo de corte. Ele indicou um tempo maior do que o exigido pela legislação para a total recuperação do estoque de madeira, apesar de dentro desse ciclo a estrutura diamétrica da população ser recuperada.

Em contrapartida, a EIR em comparação com a EC, mostrou superioridade na recuperação volumétrica e na recuperação da estrutura diamétrica.

Portanto, outros estudos que abordam o manejo florestal em florestas tropicais devem ser realizados a fim de aprimorar as técnicas exploratórias e de conservação da floresta. Sendo a busca pela sustentabilidade desses ecossistemas o objetivo principal.

APÊNDICES

Anexo A – Nome popular e científico das espécies de interesse comercial presentes na floresta em estudo (Continua).

Nome popular	Nome científico
Abiu casca doce	*Glicoxilo* sp.
Abiu casca grossa	*Syzygiopsis pachycarpa* Pires
Abiurana casca grossa	*Chrysophyllum lucentifollium* subsp. *Pachycarpum*
Acariquara	*Minquartia guianensis* Aubl.
Amapa	*Parahancornia amapa* (Huber) Ducke
Amapa doce	*Brosimum potabile* Ducke
Ananin	*Moronobea coccinea* Aubl.
Andiroba	*Carapa guianensis* Aubl.
Angelim	*Hymenolobium flavum* Ducke
Angelim pedra	*Dinizia excelsa* Ducke
Araracanga	*Aspidosperma album* (Vahl) R. Bem. Ex Pinchom
Breu manga	*Tetragastris altissima* (Aubl.) Swart
Breu sucuruba	*Trattinikia burseraefolia* Mart
Buiçu	*Ormosia coutinhoi* Ducke
Cajuaçu	*Anacardium giganteum* Hanck ex. Engl.
Cedro	*Cedrela odorata* L.
Cedro branco	*Cedrela fissilis* Vell.
Copaiba	*Copaifera duckei* Dwyer
Cumaru	*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd
Currupixa	*Micropholis melinoniana* Pierre
Envira preta	*Guatteria schomburgkiana* Mart.
Envira preta casca grossa	*Anaxagorea acuminata* (Dunal) A.DC.
Envira preta folha grande	*Guatteria olivacea* R.E.Fries
Envira preta folha peluda	*Guatteria schomburgkiana* Mart.
Fava	*Parkia nitida* Miq.
Fava atanã	*Parkia multijuga* Benth.
Fava bolota	*Parkia pendula* Benth.
Fava orelha de macaco	*Enterolobium schomburgkii* Benth.
Fava coré grande	*Parkia gigantocarpa* Ducke
Fava vermelha	*Parkia multijuga* Benth.

[Z1]

Anexo A – Nome popular e científico das espécies de interesse comercial presentes na floresta em estudo (Continua).

Nome popular	Nome científico
Freijó branco	*Cordia bicolor* D.C.
Freijó cinza	*Cordia goeldiana* Huber
Guajara bolacha	*Syzygiopsis oppositifolia* Ducke
Guariúba	*Clarisa racemosa* Ruiz e Pav.
Imbiruçu	*Eriotheca longipedicellata* (Ducke) A. Robyns
Ingá vermelho	*Inga paraensis* Ducke
Ipê amarelo	*Tabebuia serratifolia* (Vahl.) Nicholes
Ipê roxo	*Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl.
Jacareuba	*Calophyllum brasiliense* Cambess.
Jarãna	*Lecythis Lurida* (Miers) mori
Jatobá	*Hymenaea courbaril* L.
Jutaí mirim	*Hymenaea palustris* Ducke
Jutaí pororoca	*Dialium guianesis* (Aublet.) Sandwith
Louro	*Nectandra pichurim* Mez.
Louro abacate	*Ocotea glomerata* (Nees) mez
Louro amarelo	*Licaria rigida* Kosterm
Louro branco	*Ocotea guianensis* Aublet
Louro canela	*Ocotea fragantissima* Ducke
Louro de tamanco	*Nectandra cuspidata* Nees
Louro preto	*Ocotea caudata* Mez.
Louro preto casca vermelha	*Ocotea petalanthera* (Meiss) Mez
Louro tamaquaré	*Caraipa grandifolia* Mart.
Louro vermelho	*Ocotea rubra* Mez.
Macacaúba	*Platymiscium filipes* Benth
Maçaranduba	*Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier
Maçarandubinha	*Manilkara paraensis* (Huber) Standl.
Mandioqueiro	*Qualea cf. lancifolia* Ducke
Mangabarana	*Diploon venezuelana* Aubl.
Maparajuba	*Manilkara amazonica* (Huber) Standley
Marupá	*Simaruba amara* Aublet

Anexo A – Nome popular e científico das espécies de interesse comercial presentes na floresta em estudo.

Nome popular	Nome científico
Moiratinga	*Perebea guianensis* Aubl
Morototó	*Scheffera morototoni* (Aubl.) Maguire
Muiracatiara	*Astronium lecointei* Ducke
Murure	*Brosimum obovata* L.
Orelha de macaco	*Enterolobium maximum* Ducke
Para-para	*Jacaranda copaia* (Aublet) D. Don
Paricá	*Shichozolobium amazonicum* (Huber) ex. Ducke
Pau jacaré	*Laetia procera* (P. et E.) Eichl.
Piquiá	*Caryocar villosum* (Aublt.) Pers
Piquiarana	*Caryocar glabum* (Aublet) Pers. spp. Glabrum
Roxinho	*Peltogyne* sp.
Sapucaia	*Lecythis pisonis* Cambess
Sucupira	*Bowdichia* sp.
Sucupira amarela	*Bowdichia nitida* Spruce ex Benth
Sucupira preta	*Diplotropis purpurea*
Tacacazeira	*Sterculia speciosa* Schum
Tachi	*Sclerobium goeldianum* Huber
Tachi branco	*Tachigalia alba* Ducke
Tachi pitomba	*Sclerolobium chrysophyllum* Poepp.& Endl.
Tachi preto	*Tachigalia paniculata* aublet
Tachi vermelho	*Sclerobium melanocaroum* Ducke
Tanimbuca	*Terminalia guianensis* Eichl.
Tatajuba	*Bagassa guianensis* Aublet
Tauari	*Couratari* sp.
Tauari/estopeiro folha grande	*Couratari guianensis* Aubl.
Timborana	*Pseudopiptadenia suaveolens* (Miq.) J. W. Grimes
Ucuuba preta	*Virola michelii* Hechel
Uxi	*Endopleura uchi* (Huber) Cuatrec.
Uxirana	*Sacoglottis amazonica* Benth