

RAQUEL ÁLVARES LEÃO

**MANEJO FLORESTAL E PLANEJAMENTO OTIMIZADO EM PEQUENAS
PROPRIEDADES DA AMAZÔNIA**

CURITIBA

2010

RAQUEL ÁLVARES LEÃO



**MANEJO FLORESTAL E PLANEJAMENTO OTIMIZADO EM PEQUENAS
PROPRIEDADES DA AMAZÔNIA**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão Florestal no curso de Pós-Graduação em Gestão Florestal, Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Julio Eduardo Arce

CURITIBA

2010

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Julio Eduardo Arce pela orientação e apoio durante todo o desenvolvimento desta monografia, mesmo frente às dificuldades impostas pelo trabalho à distância.

A todos os amigos e colegas de profissão que contribuíram com este trabalho, ora compartilhando dados, ora compartilhando idéias.

*Não triunfem embora os indivíduos.
O importante é que triunfem as idéias.*

Tavares Bastos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA	3
2.2 MANEJO FLORESTAL EM PEQUENA ESCALA.....	4
2.3 PLANEJAMENTO FLORESTAL OTIMIZADO	7
3 MATERIAIS E MÉTODOS	10
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	10
3.2 SISTEMA DE EXPLORAÇÃO.....	11
3.3 INVENTÁRIO FLORESTAL 100%	12
3.4 MODELO PROPOSTO	13
3.4.1 Variáveis de decisão	14
3.4.2 Função Objetivo	16
3.4.3 Restrições.....	16
3.4.4 Resolução.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 CENÁRIO 1	18
4.2 CENÁRIO 2	20
4.3 COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS	23
5. CONCLUSÃO	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – MAPA PARCIAL DO PC PEDRO PEIXOTO-AC, DESTACADAS AS PROPRIEDADES SOB MANEJO FLORESTAL	10
GRÁFICO 1 – VOLUMES EXPLORADOS ANUALMENTE NA FLORESTA: CENÁRIO 1	20
GRÁFICO 2 – VOLUMES EXPLORADOS ANUALMENTE NA FLORESTA: CENÁRIO 2	22
GRÁFICO 3 - VOLUME TOTAL EXPLORADO AO FINAL DO HP.....	23
GRÁFICO 4 - RECEITA BRUTA TOTAL AO FINAL DO HP.....	23
TABELA 1 – ÁREAS DE FLORESTAS PÚBLICAS SOB USO COMUNITÁRIO.....	6
TABELA 2 – DISTRIBUIÇÃO DE ÁREAS TOTAL, SOB MANEJO E INVENTARIADA, NÚMERO E ÁREA DE TALHÕES INVENTARIADOS POR PROPRIEDADE.....	12
TABELA 3 – DISTRIBUIÇÃO DE: NÚMERO TOTAL DE ÁRVORES (NT), VOLUME TOTAL (VT), VOLUME POR HECTARE (V), ÁREA BASAL TOTAL (ABST) E ÁREA BASAL POR HECTARE (ABS), POR PROPRIEDADE	13
TABELA 4 – REGIMES DE MANEJO PROPOSTOS PARA O MODELO DE PL	14
TABELA 5 – ÁREAS MANEJADAS POR TALHÃO OU PROPRIEDADE, EM HECTARES, SOB OS DIFERENTES REGIMES PROPOSTOS PELO MODELO, CENÁRIO 1.....	18
TABELA 6 - ÁREAS EFETIVAMENTE EXPLORADAS SEGUNDO O MODELO PROPOSTO, CENÁRIO 1.....	19
TABELA 7 – ÁREAS MANEJADAS POR TALHÃO OU PROPRIEDADE, EM HECTARES, SOB OS DIFERENTES REGIMES PROPOSTOS PELO MODELO, CENÁRIO 2.....	21
TABELA 8 - ÁREAS EFETIVAMENTE EXPLORADAS SEGUNDO O MODELO PROPOSTO, CENÁRIO 2.....	22

RESUMO

A maior parte das áreas da Floresta Amazônica está sob o uso de pequenos produtores, que não dispõem de recursos para tornar o manejo florestal mais rentável em suas propriedades. O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo matemático de otimização que maximize o volume gerado pela exploração de uma floresta tropical num assentamento agrário no Acre, sob um sistema de uso coletivo da área. Através da Programação Linear, foi proposto um modelo onde cada propriedade é considerada como um talhão da floresta que poderá ser explorada sob três diferentes regimes: baixa intensidade, média intensidade e regime pleno, num horizonte de planejamento (HP) de 60 anos. Dentro do modelo, foram estabelecidos dois cenários: 1) volume colhido anualmente igual em cada ano do HP; 2) volume colhido anualmente pode variar em mais ou menos 5% em relação ao ano anterior. Pela solução do modelo, os regimes de baixa e média intensidade devem ser preferencialmente aplicados ao manejo florestal, em ambos os cenários. Nem todas as áreas disponíveis para manejo foram selecionadas para a exploração. Comparando com os volumes explorados anualmente pelo regime tradicional, o cenário 1 apresentou valores 2,5% maiores e o cenário 2, valores 5,5% maiores, conseqüentemente, gerando uma maior receita bruta. O modelo de manejo florestal coletivo demonstrou ser potencialmente mais vantajoso do que o manejo florestal individual em cada propriedade. Entretanto, estudos de custos devem ser feitos para complementar esses resultados.

Palavras-chave: Programação Linear, Manejo Florestal Comunitário, Reserva Legal

1 INTRODUÇÃO

O manejo florestal na Amazônia ainda encontra obstáculos para se tornar uma atividade economicamente viável, em especial para pequenos proprietários. Além do pouco conhecimento que se tem sobre aproveitamento econômico da maioria das espécies amazônicas e sobre a ecologia deste ecossistema, o manejo florestal somente se torna viável em áreas muito extensas e com investimento alto em máquinas para a exploração florestal.

Entretanto, a maior parte de áreas de floresta tropical passíveis de manejo, no Brasil, está sob o uso de pequenos produtores, num sistema de produção de pequena escala e baixa intensidade de corte. Por não disporem de recursos para investir em máquinas de colheita florestal, a atividade limita-se ao sistema extrativista, cuja oferta de madeira é irregular, comprometendo a viabilidade econômica. Desta forma, a atividade agrícola é economicamente mais atrativa que o manejo florestal, aumentando a pressão para o desmatamento ilegal (D'OLIVEIRA *et al.*, 2002).

Um dos desafios para o manejo florestal em pequenas propriedades é manter uma oferta regular de madeira, pressuposto para sua viabilidade econômica. Para resolver este problema, BRAZ *et al.* (2004) procuraram testar ferramentas matemáticas do planejamento florestal, utilizando a abordagem de programação linear modelo Tipo I. Os autores conseguiram através desta ferramenta, obter o planejamento da exploração da área de floresta de cada propriedade de forma que o volume de madeira ofertado a cada ano fosse constante.

Desta forma, a contínua pesquisa em ferramentas de planejamento florestal aplicáveis a florestas tropicais é importante para criar alternativas econômicas viáveis aos pequenos proprietários rurais, comunitários e assentados em terras da Amazônia. Tais técnicas devem auxiliar esses grupos no sentido viabilizar a prática do manejo florestal, sejam aqueles que vivem dentro de Unidades de Conservação, onde o manejo florestal comunitário é permitido, seja aqueles que vivem fora delas,

dentro das áreas de Reserva Legal de cada propriedade, como prevê o Código Florestal Brasileiro.

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um modelo matemático de otimização que maximize o volume de madeira gerado pela exploração de áreas de Reserva Legal das propriedades de um assentamento agrário no Acre, de forma a obter uma oferta de madeira constante, utilizando o modelo de programação linear modelo Tipo I, sob um sistema de manejo coletivo da floresta.

Os objetivos específicos são:

- (a) determinar a rotação da floresta por meio de critérios técnicos (dendrométricos),
- (b) determinar o volume de madeira a ser colhido a cada ano;
- (c) determinar as áreas produção em cada propriedade;
- (d) determinar a receita bruta gerada em reais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA

A Amazônia é a maior reserva de madeira tropical no mundo e sua importância no mercado internacional vem crescendo devido à redução da oferta desse produto por parte dos tradicionais fornecedores, sendo os principais Indonésia e Malásia. Devido a entraves na política florestal e a problemas ambientais, a oferta de madeira por parte desses países está comprometida. O Brasil ocupa hoje as primeiras posições no ranking de exportadores de madeiras tropicais no mundo (ITTO, 2008). Sendo assim, existe um cenário favorável para que o país torne-se o principal fornecedor dessa matéria-prima no mundo (CLEMENTS & HIGUCHI, 2006)

A sociedade e o sistema político-econômico atuais exigem que a exploração madeireira na Amazônia não comprometa as funções ambientais e ecológicas da floresta ao longo do tempo. A função social da floresta também é fundamental nesse processo, para que as riquezas produzidas contribuam para o desenvolvimento local.

Para que o manejo florestal na Amazônia atenda a essas exigências e seja, de fato, sustentável é preciso que haja um esforço contínuo em pesquisa, pois o conhecimento da evolução das florestas submetidas a diferentes regimes de manejo florestal são incipientes. Segundo HIGUCHI (1994), os primeiros experimentos com manejo florestal na Amazônia iniciaram-se no fim da década de '70 e começo da década de '80, sendo os principais conduzidos pelo Centro de Pesquisa em Agricultura nos Trópicos Úmidos (CPATU-EMBRAPA) e o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), que continuam sendo monitorados atualmente.

Os sistemas silviculturais desenvolvidos para florestas tropicais só começaram a ser aplicados a partir de 1989, por exigência do IBAMA, através da OS nº 001/89. A

partir daí foram desenvolvidos sistemas específicos para a Amazônia Brasileira (SILVA & WHITMORE¹, 1990 e HIGUCHI *et al.*², 1991, citados por HIGUCHI, 1994).

O sistema de manejo praticado na Amazônia, de acordo com os planos de manejo aprovados, é a exploração seletiva, ou seja, apenas espécies de interesse comercial são manejadas (HIGUCHI, 1994). Esse sistema pode apresentar problemas, pois favorece apenas as espécies com valor comercial no presente. Havendo mudança no mercado de madeira tropical, pode haver deficiência na oferta de novas espécies (BRAZ, 2001). Outro gargalo ao manejo florestal na Amazônia é o baixo nível tecnológico das indústrias madeireiras e a falta de estrutura da cadeia produtiva, levando a um baixo nível de aproveitamento desta matéria-prima (CLEMENTS & HIGUCHI, 2006).

2.2 MANEJO FLORESTAL EM PEQUENA ESCALA

O Manejo Florestal em Pequena Escala, neste trabalho, é definido como o manejo florestal praticado em sistema comunitário ou em pequenas propriedades, o que na Amazônia brasileira corresponde a áreas inferiores a 500 ha. Neste sistema de manejo, devido à falta de recursos financeiros suficientes por parte dos produtores, não é possível investir em máquinas florestais para um manejo intensivo da floresta. Portanto a exploração se dá de forma extensiva, com baixa intensidade de corte e, conseqüentemente, ciclos mais curtos.

O conceito legal de pequena propriedade varia para cada região e para cada Estado. Por exemplo, no estado do Amazonas, através da Instrução Normativa nº 002, de 11 de fevereiro de 2008, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e

¹ SILVA, J. N. M.; WHITMORE, T. C. Tropical Rainforest Management: a Status Report. *In*: GOMEZ-POMPA, A.; WHITMORE, T. C.; HADLEY, M. (editores). **Rainforest Regeneration and Management**. UNESCO, vol. 6, p. 181-203.

² HIGUCHI, N.; VIEIRA, G.; MINETTE, L. J.; FREITAS, J. V.; JARDIM, F. C. S. Sistema SEL (Seleção de Espécies Listadas) para manejar a Floresta Tropical Úmida de Terra-Firme da Amazônia. *In*: VAL, A. L.; FIGLIOULO, R.; FELDBERG, E. (editores). **Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento: Fatos e Perspectivas**. Vol. I, p. 197-206.

Desenvolvimento Sustentável (SDS) estabeleceu o limite máximo de 500 ha para que uma propriedade se enquadre como pequena propriedade para fins de manejo florestal.

“Art. 3º - São passíveis de aplicação dos procedimentos desta Instrução Normativa os PMFSPE³ com área de manejo florestal inferior a 500 ha, sem utilização de máquinas para o arraste e transporte de toras.”

Observa-se na legislação, tanto em nível federal quanto estadual, uma simplificação do processo burocrático para aprovação de Planos de Manejo para áreas de até 500 ha. Desta forma, existe um estímulo maior para que pequenos produtores busquem o manejo florestal como alternativa econômica.

A Instrução Normativa (IN) do Ministério do Meio Ambiente Nº 05, de 11 de dezembro de 2006, classifica os Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) quanto à intensidade da exploração como (a) PMFS de Baixa Intensidade e (b) PMFS Pleno. Esta IN estabelece ainda, para os PMFS de Baixa Intensidade, ciclos de no mínimo 10 anos e intensidade máxima de corte de 10 m³/ha/ano para um ciclo de 10 anos e, para os PMFS Pleno, ciclo de 35 anos e intensidade máxima de corte de 30 m³/ha/ano.

“Art. 4º Para fins desta Instrução Normativa, das diretrizes técnicas dela decorrentes e para fins de cadastramento, os PMFSs se classificam nas seguintes categorias:

I quanto à dominialidade da floresta:

- a) PMFS em floresta pública;*
- b) PMFS em floresta privada.*

[...]

IV quanto à intensidade da exploração no manejo florestal para a produção de madeira:

- a) PMFS de baixa intensidade;*
- b) PMFS Pleno.*

[...]

§2.º Enquadra-se na categoria de PMFS de Baixa Intensidade, para a produção de madeira, aquele que não utiliza máquinas para o arraste de toras e observará requisitos técnicos previstos nesta Instrução Normativa, em especial, no Anexo I desta Instrução Normativa e nas diretrizes técnicas dela decorrentes.

§3.º Enquadra-se na categoria de PMFS Pleno, para a produção de madeira, aquele que prevê a utilização de máquinas para o arraste de toras e observará requisitos técnicos previstos nesta Instrução Normativa, em especial, no Anexo II desta Instrução Normativa e nas diretrizes técnicas dela decorrentes.

[...]

³ Plano de Manejo Florestal Sustentável em Pequena Escala.

Art. 5º A intensidade de corte proposta no PMFS será definida de forma a propiciar a regulação da produção florestal, visando garantir a sua sustentabilidade, e levará em consideração os seguintes aspectos:

[...]

II ciclo de corte inicial de no mínimo 25 anos e de no máximo 35 anos para o PMFS Pleno e de, no mínimo, 10 anos para o PMFS de Baixa Intensidade;

[...]

§1.º Ficam estabelecidas as seguintes intensidades máximas de corte a serem autorizadas pelo órgão ambiental competente:

I 30 m³/ha para o PMFS Pleno com ciclo de corte inicial de 35 anos;

II 10 m³/ha para o PMFS de Baixa Intensidade com ciclo de corte inicial de 10 anos;”

Segundo o Serviço Florestal Brasileiro (SFB, 2009), mais de 119 mil hectares de florestas públicas⁴ são comunitárias, o que corresponde a 71% de todas as florestas públicas do país (Tabela 1). No âmbito das florestas privadas, o Ministério do desenvolvimento agrário noticiou em julho de 2009⁵ que 84,82% das propriedades cadastradas nas três primeiras semanas do Programa Terra Legal⁶ eram pequenas propriedades na Amazônia Legal. Através desses dados constata-se que a maior parte das áreas de floresta tropical no Brasil está sob uso aqui definido como em pequena escala.

TABELA 1 – ÁREAS DE FLORESTAS PÚBLICAS SOB USO COMUNITÁRIO.

TIPO DE UNIDADE	NÚMERO DE UNIDADES	ÁREA (HA)
Reservas Extrativistas	79	11.423.226
Reserva de Desenvolvimento Sustentável	3	688.678
Terras Indígenas	564	103.761.012
Projetos de Desenvolvimento Sustentável (PDS)	63	1.846.238
Projetos de Assentamento Agroflorestal (PAE)	17	1.329.207
Projetos de Assentamento Florestal (PAF)	1	137.187
Total	727	119.185.548

FONTE: CADASTRO NACIONAL DE FLORESTAS PÚBLICAS⁷, JANEIRO/2009. SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO.

⁴ Definição legal de Floresta Pública (Lei nº 11.284/2006, art. 3º): “florestas, naturais ou plantadas, localizadas nos diversos biomas brasileiros, em bens sob o domínio da União, dos Estados, dos Municípios, do Distrito Federal ou das entidades da administração indireta”.

⁵ Acesso em: <<http://www.mda.gov.br/portal/index/show/index/cod/134/codInterno/21574>>.

⁶ O Terra Legal, programa do Governo Federal coordenado pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário, busca titular a propriedade de terras públicas ocupadas por posseiros da Amazônia Legal.

⁷ Acesso em: <<http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=95&idMenu=5482>>.

Diante das evidências demonstradas, constata-se a relevância de viabilizar o manejo florestal em pequena escala, tanto no âmbito técnico quanto no político e no econômico.

2.3 PLANEJAMENTO FLORESTAL OTIMIZADO

Segundo BUONGIORNO & GILLESS (1987), “o manejo de recursos florestais é a arte e a ciência de tomar decisões no que diz respeito à empresa, uso e conservação das florestas e seus recursos”, ou seja, administrar recursos florestais implica a todo o tempo a tomada de decisões. O processo de decisão baseia-se basicamente na *predição* de três tipos de informação: meios, fins e valores, ou seja, como fazer, para que fazer e quanto fazer (DUERR *et al.*, 1982).

Segundo JOHNSON & SCHEURMAN (1977), o processo de planejamento e tomada de decisão no contexto florestal é ainda mais complexo em relação a outros tipos de atividades devido às suas peculiaridades, quais sejam: ciclo de vida longo das árvores, grandes extensões ocupadas pelas florestas, suscetibilidade às incertezas da natureza e do mercado ao longo desse ciclo de vida. Ainda segundo esses autores, os fatores devem ser avaliados de forma centralizada, mesmo sendo mais complexo trabalhar dessa forma, pois ao tentar simplificar o planejamento dividindo as tomadas de decisões por setor, incorre-se numa “sub-otimização” dos recursos.

Um bom planejamento deve representar da melhor forma as situações reais e nesse sentido o planejamento pode ser considerado como um exercício de construir modelos ou, em outras palavras, formular problemas (JOHNSON & SCHEURMAN, 1977). Para esta tarefa é essencial entender o problema em questão para que ele seja claro ao planejador e, desta forma, este irá identificar quais as variáveis que influenciam no planejamento e o quanto elas podem variar (restrições). Por fim, é fundamental no processo de planejamento ter objetivos definidos e claros, pois eles indicaram os caminhos a serem seguidos (ARCE, 2009; JOHNSON & SCHEURMAN, 1977).

A Programação Linear (PL) é uma ferramenta bastante aplicada na resolução problemas de tomada de decisão no planejamento florestal. BUONGIORNO & GILLESS (1987) a definem como “um método para alocar recursos limitados em atividades concorrentes de maneira ótima”, ou seja, dentro de uma ampla gama de soluções possíveis, determinar qual delas produz *o melhor* resultado.

BOUNGIORNO & GILLESS (1987), abordaram a aplicação da programação linear no planejamento de floresta inequiduais, que é o caso das florestas tropicais brasileiras. Segundo eles, para este tipo de floresta, o corte raso não é desejável para evitar impactos ecológicos drásticos e também pela questão da alteração da paisagem. No Brasil, o corte raso de floresta nativa é proibido por lei, com exceção de 20% da área de uma propriedade rural na Amazônia Legal.

Na literatura florestal existem vários trabalhos publicados utilizando diversas abordagens da programação linear para resolução de problemas de planejamento. Os autores JOHNSON & SCHEURMAN (1977) resumiram todos esses modelos de programação linear utilizados no planejamento florestal em dois tipos básicos: modelo Tipo I e modelo Tipo II. Basicamente a diferença entre eles é que o modelo Tipo I mantém a identidade dos talhões ao longo do tempo, ou seja, os talhões permanecem sempre os mesmos ao longo de todo o horizonte de planejamento, enquanto que no modelo Tipo II, que toma como referência a idade dos talhões, faz diferentes combinações de áreas a serem exploradas, gerando talhões agrupados por idade e não necessariamente adjacentes.

Apesar de BUONGIORNO & GILLESS (1987) terem abordado profundamente o planejamento otimizado para florestas inequiduais, ainda existem muitos desafios para aplicação desses modelos em florestas tropicais. As florestas inequiduais abordadas por esses autores são florestas de clima temperado, diferindo enormemente das florestas tropicais quanto à riqueza de espécies, densidade de sub-bosque e outros aspectos. Pouco ou quase nada se tem publicado sobre o planejamento otimizado em florestas tropicais. Os trabalhos de BRAZ (2001) e BRAZ

et al. (2004) em um projeto de assentamento no estado do Acre, utilizaram a Programação por Metas (PM), que corrige alguns erros de aproximação que ocorrem na Programação Linear. Estes dois trabalhos serviram de referência para o presente trabalho.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Os dados utilizados neste trabalho foram baseados nos dados de inventário florestal publicados por ARAÚJO (2006). O autor desenvolveu seu estudo no Projeto de Colonização (PC) Pedro Peixoto, no município de Senador Guiomar, extremidade leste do estado do Acre, às margens da rodovia BR-364, trecho Rio Branco-Porto Velho, a aproximadamente 110 km da capital Rio Branco. A área inventariada é composta por 57 talhões de exploração florestal de 12 pequenas propriedades.

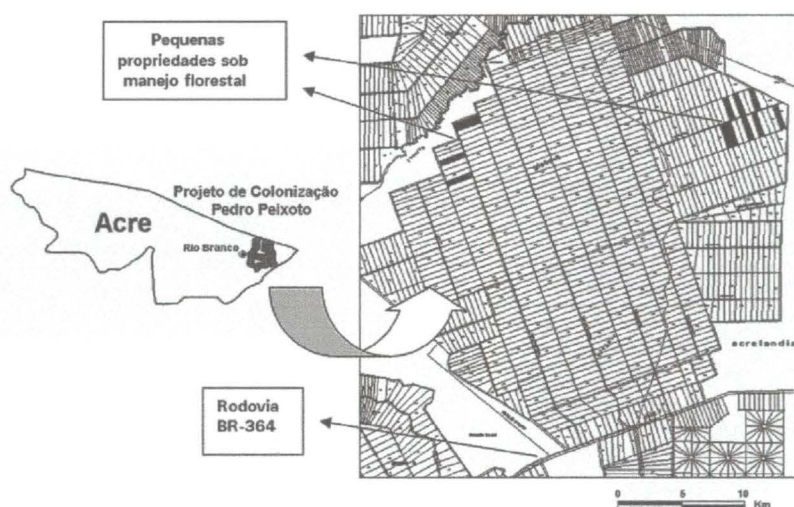


FIGURA 1 – MAPA PARCIAL DO PC PEDRO PEIXOTO-AC, DESTACADAS AS PROPRIEDADES SOB MANEJO FLORESTAL. FONTE: INCRA-AC.

O clima é do tipo Aw (Köppen), com três meses de período seco. A precipitação anual varia de 1.800 a 2.000 mm e a temperatura média anual é de 24 °C. O período de estiagem vai de junho a setembro, o que permite que as atividades de exploração florestal sejam executadas até o início de outubro, quando se iniciam as primeiras chuvas. Os solos predominantes são os Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos. A vegetação predominante é de floresta tropical semiperenifólia, com formações de floresta aberta e floresta densa. A parte não-florestal é basicamente formada por

pastagens, culturas de subsistência e algumas culturas perenes (RADAMBRASIL, 1976, citado por BRAZ *et al.*, 2004). A floresta manejada possui volume total médio (DAP > 10 cm) de 180,0 m³/ha e volume total de madeira de espécies com mercado para consumo interno e exportação de 42,5 m³/ha (OLIVEIRA, 2000⁸ citado por BRAZ *et al.*, 2004).

Em média, as pequenas propriedades componentes do projeto de manejo florestal possuem área total de 72 ha, com cobertura florestal primária variando entre 60 a 80% dessa área, sendo o restante, áreas alteradas para fins agrícolas ou de pecuária. A área efetivamente sob manejo florestal de cada propriedade corresponde à metade (50%) da sua área total, equivalendo, portanto, em média, a 36 ha e é localizada, em relação à estrada de acesso, na sua parte posterior. A área total sob manejo das 12 propriedades é de 431 ha (ARAÚJO, 2006).

3.2 SISTEMA DE EXPLORAÇÃO

A intensidade de exploração na área é de aproximadamente 8 m³/ha, muito abaixo do recomendado para a floresta amazônica, que é de 40 m³/ha, o que é compensado por um ciclo de corte mais curto, de 10 anos. A razão para a baixa intensidade de exploração é principalmente a restrição tecnológica, através da indisponibilidade de equipamentos e mão-de-obra qualificada (ARAÚJO, 2006).

O sistema de exploração no PC consiste basicamente em três etapas: a) corte das árvores; b) desdobro das toras em peças serradas e c) arraste por tração animal até a via de acesso. Tanto o corte quanto o desdobro são feitos com motosserra. Os principais produtos do desdobro são pranchões (15 x 30 x 220 cm), estacas (10 x 10 x 220 cm), barrotes (12 x 12 x 150 cm) e mourões (20 x 20 x 250 cm), segundo ARAÚJO (1998).

⁸ OLIVEIRA, M. V. N. **Sustainable forest management for small farmers in Acre State in the Brazilian Amazon.** Tese de Ph. D. Universidade de Aberdeen, Departamento de Ciências do Solo e de Plantas, 200. 133p.

As atividades de exploração iniciam-se entre maio e junho e terminam entre setembro e outubro, período que corresponde à época de estiagem na Amazônia (ARAÚJO, 1998).

3.3 INVENTÁRIO FLORESTAL 100%

A área total inventariada no PC Pedro Peixoto foi de 206,8 ha, o que corresponde a 48% da área sob manejo florestal. Foram levantadas todas as árvores com DAP \geq 50 cm nos 57 talhões inventariados.

TABELA 2 – DISTRIBUIÇÃO DE ÁREAS TOTAL, SOB MANEJO E INVENTARIADA, NÚMERO E ÁREA DE TALHÕES INVENTARIADOS POR PROPRIEDADE.

PROP.	ÁREA (ha)				TALHÕES INVENTARIADOS
	TOTAL	SOB MANEJO (A_i)	TALHAO	INVENTARIADA	
1	72	36	3,6	18,0	5
2	66	33	3,3	13,2	4
3	72	36	3,6	18,0	5
4	74	37	3,7	18,5	5
5	66	33	3,3	13,2	4
6	78	39	3,9	39,0	10
7	72	36	3,6	14,4	4
8	72	36	3,6	7,2	2
9	72	36	3,6	10,8	3
10	72	36	3,6	18,0	5
11	76	38	3,8	19,0	5
12	70	35	3,5	17,5	5
TOTAL	862	431	43,1	206,8	57
MÉDIA	72	36	3,6	17,2	4,75

FONTE: ARAÚJO, 2006.

As árvores foram identificadas em campo por mateiros experientes. Com auxílio de fita métrica, foi tomado o valor do CAP de cada árvore, sendo posteriormente convertido em DAP.

TABELA 3 – DISTRIBUIÇÃO DE: NÚMERO TOTAL DE ÁRVORES (NT), NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE (N), VOLUME TOTAL (VT), VOLUME POR HECTARE (V) E ÁREA BASAL (G), POR PROPRIEDADE.

PROP.	NT	N (árv./ha)	VT (m ³)	V (m ³ /ha)	G (m ² /ha)
1	382	21,22	2.222,34	123,46	8,1
2	248	18,79	1.602,96	121,44	7,89
3	350	19,44	2.253,24	125,18	8,13
4	284	15,35	1.873,10	101,25	6,56
5	198	15,00	1.038,56	78,68	5,22
6	609	15,62	3.235,42	82,96	5,5
7	267	18,54	1.591,89	110,55	7,24
8	162	22,5	1.095,83	152,2	9,84
9	182	16,85	1.221,52	113,1	7,32
10	314	17,44	1.924,67	106,93	6,98
11	259	13,63	1.830,29	96,33	6,2
12	263	15,03	1.777,59	101,58	6,57
TOTAL	3518	17,01	21.667,41	104,77	6,84
MÉDIA	-	17,45	-	109,47	7,13
CV%	-	15,60	-	18,20	17,80

FONTE: ADAPTADO DE ARAÚJO (2006).

3.4 MODELO PROPOSTO

Para construir o modelo foram consideradas as áreas sob manejo de cada propriedade, sendo cada uma delas considerada como um talhão. A proposta é que todas as propriedades sejam manejadas como se fosse uma floresta explorada em sistema comunitário, no qual uma propriedade é explorada por vez com a força de trabalho de todos os produtores, sendo os benefícios revertidos para toda a comunidade. Em termos práticos, esse sistema funcionaria da seguinte forma: a cada ano, uma ou mais propriedades serão exploradas com a participação de todos os assentados cuja propriedade esteja dentro deste sistema coletivo, não apenas aqueles das propriedades exploradas no ano em questão; sendo assim, toda a receita obtida com a produção nesse ano será distribuída entre cada assentado proporcional ao tamanho de sua área de manejo. Acredita-se que desta forma o

manejo possa ser mais eficiente, haja vista que numa área maior há possibilidade de criação de regimes de manejo diferentes e maior intensidade de corte em ciclos mais longos.

O modelo de programação linear (PL) escolhido foi o modelo tipo I, onde a identidade das áreas dos talhões é preservada, o que é fundamental neste planejamento, pois cada propriedade é considerada como um talhão. O modelo tipo II poderia criar talhões que abrangessem áreas de propriedades diferentes, o que exigiria uma administração mais complexa por parte da comunidade.

3.4.1 Variáveis de decisão

Foram sugeridos três regimes de manejo: I) regime de baixa intensidade, com produção anual de 8 m³/ha para um ciclo de 10 anos, que é o regime empregado atualmente; II) regime de média intensidade ou intermediário, com produção anual de 18 m³/ha para um ciclo de 15 anos, números intermediários entre o regime de baixa intensidade empregado no PC e o regime pleno, recomendado para a floresta amazônica; e, III) regime pleno, com produção anual de 40 m³/ha para um ciclo de 30 anos.

TABELA 4 – REGIMES DE MANEJO PROPOSTOS PARA O MODELO DE PL.

REGIME	PRODUÇÃO (m ³ /ha/ano)	CICLO (ANOS)
I	8	10
II	18	15
III	40	30

O regime de baixa intensidade proposto neste trabalho está dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação. O regime de média intensidade apesar de não previsto em lei foi proposto na intenção de criar mais alternativas de regime de manejo em diferentes escalas. O regime pleno proposto extrapola a intensidade de

corde prevista pela legislação, entretanto é contemplado por pesquisas desenvolvidas na Amazônia (SILVA, 1990; HIGUCHI & VIEIRA, 1990).

A variável de análise nesse modelo é X_{ij} , sendo X a área em hectares do talhão i explorada sob regime j . Para cada propriedade foram simulados 9 regimes diferentes iniciando a exploração em 3 anos consecutivos para cada um dos regimes I, II e III (k_0 , k_{0+1} e k_{0+2}).

Para:

$i = 1, 5$ e $9, k_0 = 0$;

$i = 2, 6$ e $10, k_0 = 3$;

$i = 3, 7$ e $11, k_0 = 6$;

$i = 4, 8$ e $12, k_0 = 9$.

Os 9 regimes de manejo são:

$j = 1$ - início da exploração do talhão i no ano k_0 sob regime I ;

$j = 2$ - início da exploração do talhão i no ano k_0 sob regime II;

$j = 3$ - início da exploração do talhão i no ano k_0 sob regime III;

$j = 4$ - início da exploração do talhão i no ano k_{0+1} sob regime I ;

$j = 5$ - início da exploração do talhão i no ano k_{0+1} sob regime II;

$j = 6$ - início da exploração do talhão i no ano k_{0+1} sob regime III;

$j = 7$ - início da exploração do talhão i no ano k_{0+2} sob regime I ;

$j = 8$ - início da exploração do talhão i no ano k_{0+2} sob regime II;

$j = 9$ - início da exploração do talhão i no ano k_{0+2} sob regime III.

O horizonte de planejamento foi estipulado para 60 anos, a partir do ano 0, implicando em 6 ciclos de 10 anos – regime I, 4 ciclos de 15 anos – regime II, e 2 ciclos de 30 anos – regime III. Foram considerados os volumes explorados e receitas obtidas a partir do ano 0.

3.4.2 Função Objetivo

A função objetivo deste modelo é maximizar o volume anual explorado pelos produtores no PC Pedro Peixoto, considerando cada propriedade como um talhão de uma floresta a ser manejada.

$$\text{Max} \quad \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^9 x_{ij} \sum_{k=0}^{60} v_{ijk}$$

Na qual v_{ijk} é o volume colhido no ano k correspondente no talhão i regime j .

3.4.3 Restrições

A primeira restrição é a restrição de área, em que a soma das áreas de cada propriedade usadas na exploração nos diferentes regimes tem que ser menor ou igual à área total sob manejo de cada propriedade. Como no caso do PC as propriedades têm áreas variáveis, há uma restrição de área para cada propriedade ou talhão.

$$\sum_{j=1}^9 x_{ij} \leq A_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

A segunda restrição é de que a soma dos volumes colhidos anualmente em todas as áreas devem ser iguais, para garantir que a oferta de madeira seja constante e não decresça.

$$\sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^9 v_{ijk} = \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^9 v_{ij(k-1)} \quad k = 1, 2, \dots, 59, 60$$

Na qual:

V_{ijk} = volume do talhão i , manejado segundo o regime j , colhido no ano k .

Num cenário alternativo, a segunda restrição foi reescrita de forma a permitir uma pequena variação nos volumes colhidos anualmente, sem comprometer a oferta constante de madeira. Desta forma, esta restrição foi a de que o volume colhido num ano k pode variar em 5% em relação ao ano anterior, para mais ou para menos. Na verdade, então, matematicamente esta restrição é escrita na forma de duas inequações.

$$\sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^9 v_{ijk} \leq 1,05 * \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^9 v_{ij(k-1)} \quad k = 0, 1, 2, \dots, 59, 60$$

$$\sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^9 v_{ijk} \geq 0,95 * \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^9 v_{ij(k-1)} \quad k = 1, 2, 3, \dots, 59, 60$$

Nas quais:

V_{ijk} = volume do talhão i , manejado segundo o regime j , colhido no ano k .

Para organizar as análises dos resultados, o cenário com restrição de que os volumes colhidos anualmente sejam iguais será o cenário 1 e o cenário que permite a variação do volume em 5% será o cenário 2.

3.4.4 Resolução

A partir dessas premissas foi montada uma matriz de dados no Excel[®]. Através do suplemento “Solver”, foram configuradas a função objetivo e as restrições. Como resultado, tem-se o valor maximizado de volume colhido ao longo do horizonte de planejamento de 60 anos, bem como os volumes colhidos anualmente e as áreas de cada propriedade usadas na exploração, para cada um dos cenários.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CENÁRIO 1

O modelo no cenário 1 selecionou os regimes de baixa ($8 \text{ m}^3/\text{ha}$) – $j = \{1;4;7\}$, e média intensidade ($18 \text{ m}^3/\text{ha}$) – $j = \{2; 5; 8\}$, sendo que 69,23% das áreas exploradas seguem o regime de baixa intensidade, como apresentado na Tabela 5. Quando o modelo retornou valores significativos para regimes de exploração plenos ($40 \text{ m}^3/\text{ha}$), os tamanhos das áreas calculadas foram desprezíveis.

TABELA 5 – ÁREA (HA) DE CADA TALHÃO OU PROPRIEDADE MANEJADA SOB OS DIFERENTES REGIMES PROPOSTOS PELO MODELO, CENÁRIO 1.

Talhão ou Propriedade	Regime									Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	0,0	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	16,4	0,0	0,0	36,0
2	13,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	33,0
3	0,0	0,0	0,0	29,8	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0	36,0
4	9,2	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	0,0	8,2	0,0	37,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6
6	0,0	0,0	0,0	39,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,0
7	0,0	19,6	0,0	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5	0,0	11,5
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,8	0,0	0,0	27,8
10	30,8	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,0	0,0	0,0	38,0
12	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0
Total	88,4	39,3	0,0	88,4	39,3	0,0	88,4	39,3	0,0	382,9

De uma forma geral, o modelo selecionou mais de um regime para cada talhão. Tomando como exemplo o talhão 1, observa-se que foram escolhidos os regimes $j=2$ e $j=7$. Sendo assim, uma área de 19,6 ha deste talhão será explorada sob regime de média intensidade ($18 \text{ m}^3/\text{ha}$) iniciando no ano 0, sendo explorado a cada 15 anos, e a área restante de 16,4 ha será explorada sob regime de baixa intensidade ($8 \text{ m}^3/\text{ha}$) iniciando no ano 2, sendo explorada a cada 10 anos.

Na Tabela 6 pode-se observar que nos talhões 5, 7, 8 e 9 as áreas não foram exploradas integralmente.

TABELA 6 – ÁREA (HA) EFETIVAMENTE EXPLORADA PELO MODELO PROPOSTO, CENÁRIO 1.

Talhões	Área efetiva explorada (ha)	Área total sob manejo (ha)	Percentual(%)
1	36,00	36,00	100,00
2	33,00	33,00	100,00
3	36,00	36,00	100,00
4	37,00	37,00	100,00
5	19,64	33,00	59,50
6	39,00	39,00	100,00
7	34,00	36,00	94,44
8	11,45	36,00	31,82
9	27,82	36,00	77,27
10	36,00	36,00	100,00
11	38,00	38,00	100,00
12	35,00	35,00	100,00
Total	382,90	431,00	88,84

O cenário 1 resultou numa produção volumétrica anual (em toras) de 353,45 m³, equivalente à produção anual média de 29,45 m³ em cada propriedade. No Gráfico 1 (p. 20) observam-se os valores constantes de volume explorado a cada ano, uma situação que dificilmente acontece da prática, especialmente no caso de florestas nativas primárias e até mesmo secundárias, que são bastante heterogêneas em termos de espécies e volume de madeira. Ao final do horizonte de planejamento, obtém-se um volume total explorado de 21.560,73 m³.

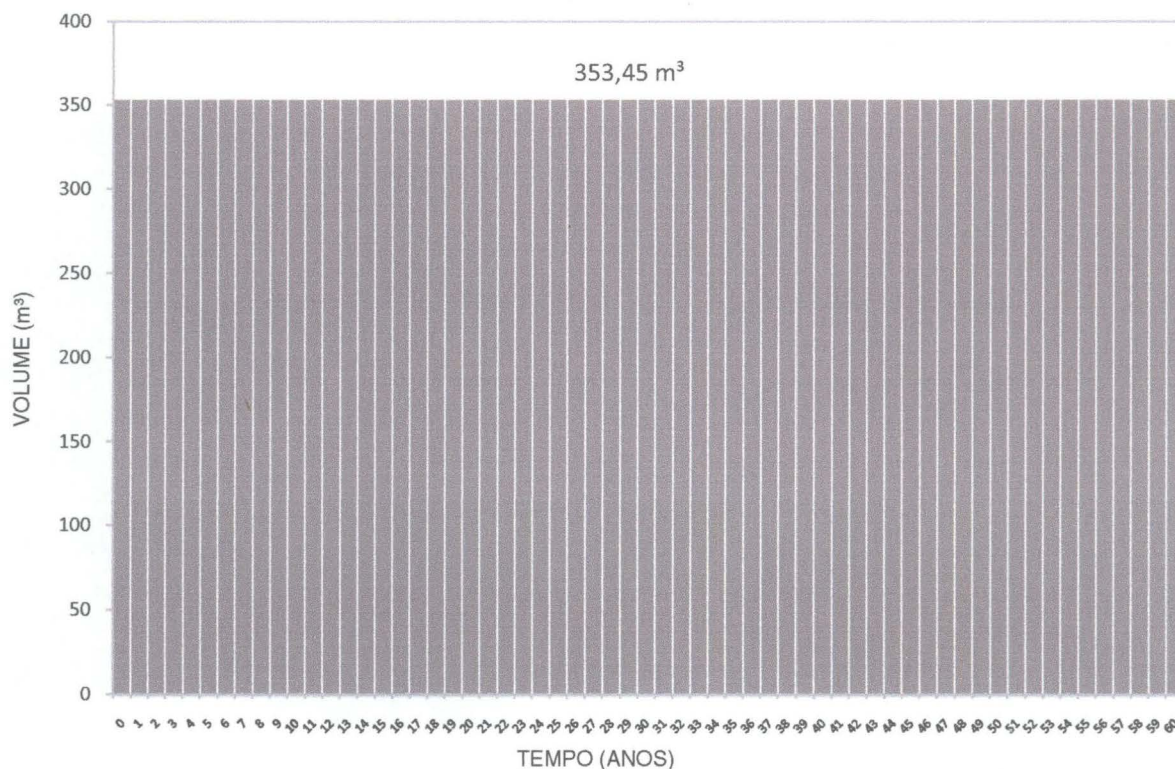


GRÁFICO 1 – VOLUMES (m³) EXPLORADOS ANUALMENTE NA FLORESTA.

Considerando-se o valor médio de madeira tropical em tora é de R\$ 400,00, a receita bruta gerada pela floresta ao final do HP é de R\$ 8.624.242,00, equivalente a uma receita bruta anual de R\$ 141.381,84. Distribuindo esta receita entre os 12 proprietários, a receita anual média por proprietário é de R\$ 11.781,82.

4.2 CENÁRIO 2

O modelo no cenário 2 selecionou todos os tipos de regimes, inclusive os do tipo pleno, exceto $j = 9$, como observa-se na Tabela 7 (p. 22). Ainda assim, o modelo selecionou preferencialmente os regimes de baixa intensidade, seguidos pelos de média intensidade e finalmente os plenos, equivalente respectivamente aos seguintes percentuais de área explorada: 68,25%; 30,21% e 1,54%.

TABELA 7 – ÁREAS (HA) DE CADA TALHÃO OU PROPRIEDADE MANEJADA SOB OS DIFERENTES REGIMES PROPOSTOS PELO MODELO, CENÁRIO 2.

Talhão	Regime									Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	0,0	20,0	0,0	4,6	0,0	0,1	9,3	2,0	0,0	36,0
2	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,0
3	0,0	0,0	1,3	32,4	0,0	1,3	0,0	0,0	0,9	36,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9	0,0	0,0	16,1	0,0	37,0
5	4,8	0,0	0,0	0,0	21,0	0,0	1,8	0,0	0,0	27,7
6	11,9	0,0	0,9	6,7	0,0	0,8	0,0	17,9	0,9	39,0
7	0,0	17,8	0,0	10,3	0,0	0,0	7,0	0,9	0,0	36,0
8	16,2	3,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,3
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,0	0,0	0,0	36,0
10	0,0	0,0	0,0	36,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,0	0,0	0,0	38,0
12	31,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	35,0
Total	97,0	40,8	2,3	90,0	42,0	2,2	92,0	40,7	1,8	408,9

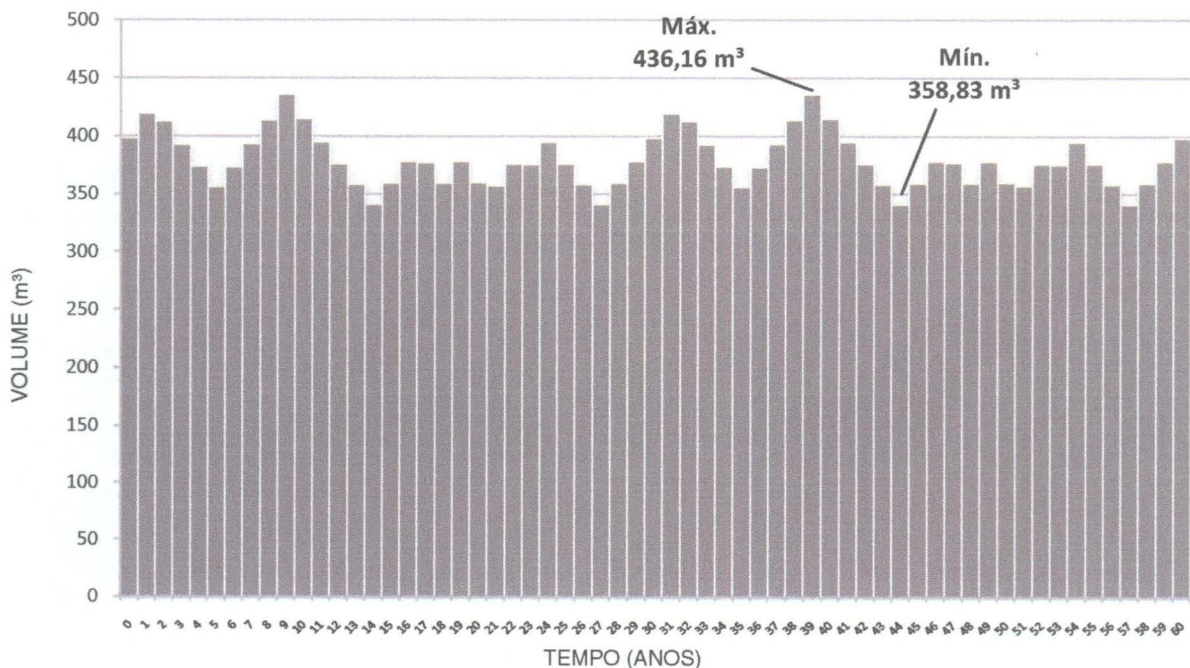
Assim como no cenário 1, neste cenário o modelo selecionou mais de um regime para quase todos os talhões. Tomando novamente como exemplo o talhão 1, observa-se a seguinte seleção de áreas e regimes: uma área de 13,9 ha será explorada sob regime de baixa intensidade, sendo que exploração de 4,6 ha inicia-se ano 1 ($j=4$) e dos outros 9,3 ha inicia-se no ano 2 ($j=7$); outros 22 ha serão explorados sob regime de média intensidade, sendo que 20 ha a partir do ano 0 ($j=2$) e 2 ha a partir do ano 2 ($j=8$); os 4,6 ha restantes do talhão serão explorados sob regime pleno, a partir do ano 1 ($j=4$).

Da mesma forma como no cenário 1, alguns talhões não foram explorados integralmente no cenário 2, porém apresentando neste uma proporção de aproveitamento maior, equivalente a 94,88% da área total destina ao manejo florestal (Tabela 8). Os talhões sub-aproveitados neste cenário, 5 e 8, também foram sub-aproveitados pelo modelo no cenário 1.

TABELA 8 - ÁREA (HA) EFETIVAMENTE EXPLORADA PELO MODELO PROPOSTO, CENÁRIO 2.

Talhões	Área efetiva explorada (ha)	Área total sob manejo (ha)	Percentual(%)
1	36,00	36,00	100,00
2	33,00	33,00	100,00
3	36,00	36,00	100,00
4	37,00	37,00	100,00
5	27,67	33,00	83,86
6	39,00	39,00	100,00
7	36,00	36,00	100,00
8	19,26	36,00	53,49
9	36,00	36,00	100,00
10	36,00	36,00	100,00
11	38,00	38,00	100,00
12	35,00	35,00	100,00
Total	408,93	431,00	94,88

O cenário 2 resultou numa produção volumétrica anual de 380,22 m³, equivalente à produção anual média de 31,69 m³ em cada propriedade. No Gráfico 2, observam-se os valores de volume explorado variando a cada ano, entre 341,64 m³ e 436,16 m³, representando uma situação mais factível do que a apresentada pelo cenário 1, sem comprometer de forma severa a regularidade da produção. Ao final do horizonte de planeamento obtém-se um volume total explorada de 23.193,45 m³.

GRÁFICO 2 - VOLUMES (m³) EXPLORADOS ANUALMENTE NA FLORESTA.

Considerando-se o valor médio de madeira tropical em tora é de R\$ 400,00, a receita bruta gerada pela floresta ao final do HP é de R\$ 9.277.378,83, equivalente a uma receita bruta anual de R\$ 152.088,18. Distribuindo esta receita entre os 12 proprietários, a receita anual média por proprietário é de R\$ 12.674,01.

4.3 COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS

Sob o aspecto da intensidade de exploração os resultados do modelo, tanto no cenário 1 como no cenário 2, apresentam-se compatíveis com a realidade do assentamento, que é a de baixa disponibilidade de capital para investir em maquinários, assim como falta de qualificação de mão-de-obra para operá-las, forçando à exploração de baixa intensidade, sendo compensada por ciclos menores.

O modelo no cenário 2, sendo mais flexível quanto à variação anual do volume explorado, permitiu um melhor aproveitamento da floresta em termos de área efetivamente explorada. Conseqüentemente, o volume explorado ao final do HP no cenário 2 foi maior que no cenário 1 (Gráfico 3). Ainda assim, ambos os cenários resultaram numa produção volumétrica maior que o modelo tradicional. Quando o volume é transformado em receita, as diferenças entre os cenários tornam-se ainda mais relevantes, como pode ser observado no Gráfico 4.

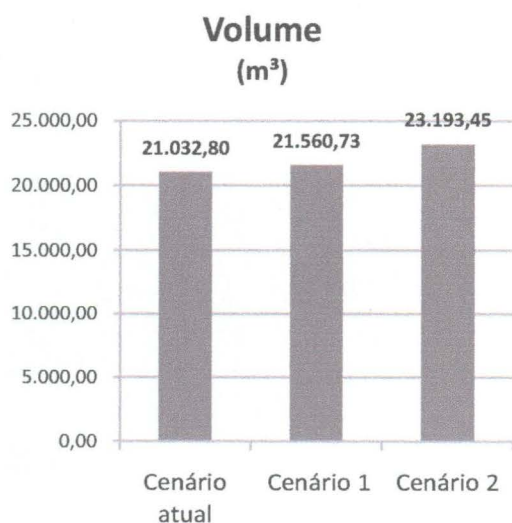


GRÁFICO 3 – VOLUME TOTAL EXPLORADO AO FINAL DO HP.

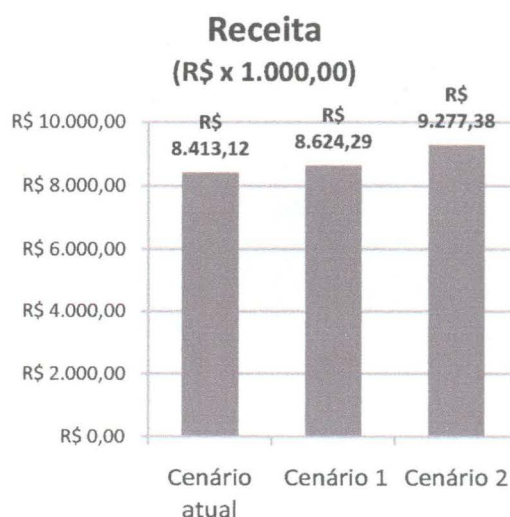


GRÁFICO 4 – RECEITA BRUTA TOTAL AO FINAL DO HP.

Os dois cenários propostos, que partem da premissa do uso coletivo das áreas de Reserva Legal de todos os proprietários do assentamento, apresentam resultados de volume e receita mais atrativos que os modelos de exploração tradicionais. Sem sombra de dúvida o cenário 2 é ainda mais interessante ao permitir uma variação de volumes colhidos anualmente apresentando um melhor aproveitamento das áreas, sem haver grandes mudanças no sistema de exploração em relação ao investimento em máquinas, já que prioriza os regimes de baixa e média intensidade.

Estudos realizados no assentamento apresentaram um custo de produção sob regime de baixa intensidade de R\$ 66,39 m³/ha (SÁ *et al.*, 1998). Para que esses modelos com diferentes regimes de manejo comprovem ser realmente viáveis e mais rentáveis para os produtos, são necessários estudos similares para os regimes de média intensidade e pleno, com especial ênfase às mudanças em relação a ferramentas, máquina, mão-de-obra e tempo demandado para as atividades.

5. CONCLUSÃO

A aplicação de um modelo matemático de otimização do planejamento florestal auxilia no desenvolvimento de uma melhor forma de gestão integrada da produção florestal sustentável para áreas de agrupamentos de pequenas propriedades na Amazônia, manejando a floresta de forma coletiva, num sistema similar às cooperativas de produtores.

O modelo proposto prioriza regimes de baixa e média intensidade, sendo compatível com a realidade do assentamento, em que os proprietários têm que distribuir seu tempo ao longo do ano com outras atividades produtivas, ao mesmo tempo em que não dispõem de tecnologia para uma produção em regime pleno. Além disso, há ganhos consideráveis na produção volumétrica e, conseqüentemente, na receita bruta de cada proprietário.

Estudos sobre este tema devem ser intensificados, pois as ferramentas do planejamento florestal otimizado são importantes para apoiar o desenvolvimento sustentável na região amazônica através do manejo das florestas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, H. J. B. de. **Índices técnicos da exploração e transformação madeireira em pequenas áreas sob manejo florestal no PC. Pedro Peixoto – Acre.** Circular técnica, 23. Rio Branco: EMBRAPA-CPAF/AC, 1998).

ARAÚJO, H. J. B. de. Inventário florestal a 100% em pequenas propriedades sob manejo florestal madeireiro. **Acta Amazonica.** Manaus, vol. 36, n. 4, p. 447 – 464, 2006.

ARCE, J. E. **Modelos matemáticos de otimização.** Apostila. Curitiba: UFPR, 2009.

BRAZ, E. M. **Um modelo em programação linear para garantia do rendimento sustentado em pequena propriedade na floresta tropical.** Dissertação de Mestrado, UFPR, 2001.

BRAZ, E. M.; CANIERI, C.; ARCE, J. E. Um modelo otimizador para organização dos compartimentos de exploração em floresta tropical. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 77-83. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 2004.

BUONGIORNO, J.; GILLESS, J. K. **Decision methods for forest resource management.** New York: Macmillan Publishing Company, 1987.

D'OLIVEIRA, M. V. N.; BRAZ, E. M.; OLIVEIRA, L. C. de; MIRANDA, E. M. de; SÁ, C. P. de; ARAÚJO, H. J. B. de. **Manejo Florestal em Áreas de Reserva Legal em Pequenas Propriedades Rurais.** Rio Branco: EMBRAPA Acre, 2002.

DUERR, W. A.; TEEGUARDEN, D. E.; CHRISTIANSEN, N. B.; GUTTENBERG, S. **Forest Resource Management: Decision-Making Principles and Cases.** Corvallis: O.S.U. Book Stores, 1982. 612 p.

CLEMENTS, C. R.; HIGUCHI, N. A Floresta Amazônia e o futuro do Brasil. **Ciência e Cultura**. São Paulo, v.58, n.3, p. 44-49, jul/set 2006.

HIGUCHI, N. Utilização e Manejo dos recursos madeireiros de florestas tropicais úmidas. **Acta Amazonica**. Manaus, 24 (3/4), p. 275-288, 1994.

HIGUCHI, N.; VIEIRA, G. Manejo sustentado da floresta tropical úmida de terra-firme na região de Manaus - um projeto de pesquisa do INPA. *In*: Congresso Florestal Brasileiro, 6. **Anais**. Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. p. 34-37.

INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION. **Annual review and assessment of the world timber situation**. Yokohama: ITTO, 2008. 202 p.

JOHNSON, K. N.; SCHEURMAN, H. L. Techniques for prescribing optimal timber harvest and investment under different objectives. **Forest Science Monography** 18, . Washington, 1977.

SÁ, C. P. de; ARAÚJO, H. J. B.; SANTOS, J. C. dos; BRAZ, E. M.; MIRANDA, E. M. de; NASCIMENTO, P. R. S. do. **Custo de produção do manejo florestal em áreas de Reserva Legal de pequenas propriedades em projeto de assentamento**. Comunicado Técnico, nº 95, dez./98, p. 13. Rio Branco: EMBRAPA-CPAF/AC, 1998.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Gestão de Florestas Públicas e Comunidades**. Brasília: SFB/MMA, 2009. 28 p.

SILVA, J.N.M. Possibilidades da produção sustentada de madeira em floresta densa de terra-firme da Amazônia Brasileira. *In*: Congresso Florestal Brasileiro, 6. **Anais**. Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. p.39-50.