



ALOCAÇÃO DE PÁTIOS DE ARMAZENAMENTO DE MADEIRA EM UM PLANO DE MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Marcos Antonio Isaac Júnior¹

maisaacjr@yahoo.com.br

Lucas Rezende Gomide²

lucasgomide@def.ufla.br

Paulo Henrique Silva³

phdsflorestal@hotmail.com

Joyce de Almeida Alves⁴

joyce_a.alves@yahoo.com.br

Evandro Orfanó Figueiredo⁵

evandro.figueiredo@embrapa.br

RESUMO

Com este estudo, procurou simular a extração de árvores exploráveis em uma Floresta Aberta com Bambu e Floresta Aberta com Palmeira a partir do Diâmetro Mínimo de Corte (DMC), e realizar a exploração florestal utilizando Programação Linear Inteira (PLI) como ferramenta na tomada de decisão de a alocação de pátios em uma área de manejo florestal na região Amazônica Ocidental. A alocação de pátios procedeu com a geração de pontos, com coordenadas geográficas, equidistantes a cada 50 m para que se determinasse a relação árvore/pátio. Em seguida, confeccionou um mapa de exploração considerando o curso da água, área de preservação permanente, zona de auto grau de compactação e estradas florestais. O número de árvores exploradas para este estudo foi de 900 indivíduos, 5.605,26 m³, em uma área de 181,19 ha. Verificou por meio do modelo PLI, que dos 4 cenários o terceiro foi eficaz para a realização da exploração florestal.

PALAVRAS CHAVE. Manejo Florestal, Alocação de pátios de estocagem de madeira, Programação Matemática.

Área principal (AG&MA - PO na Agricultura e Meio Ambiente)

ABSTRACT

This study simulated the extraction of exploitable trees in an Open Forest with Bamboo and Open Forest with Palm from the Minimum Diameter Cut (DMC), and perform logging using Integer Linear Programming (ILP) as a tool in making decision on the allocation of courtyards in an area of forest management in the Western Amazon region. The allocation patios proceeded with generating points with geographic coordinates, equidistant every 50 m for it to determine the relationship tree / patio. Then an exploration map was generated considering the watercourse, area of permanent preservation, high degree of compression zone and forest roads. The number of trees explored for this study was 900 individuals, 5605.26 m³, in an area of 181.19 ha. It was verified through the ILP model, which of the 4 scenarios the third was effective for the realization of forestry.

PALAVRAS CHAVE. Forest Management, Allocation stockyards wood, Mathematical Programming.

Área principal (AG&MA - PO na Agricultura e Meio Ambiente)

^{1,2,3,4} Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras/MG

⁵ Embrapa Acre, Rodovia BR-364, km 14, Caixa Postal 321, CEP 69900-970, Rio Branco/AC

1. Introdução

A floresta amazônica, na década de 60, recebeu incentivos do governo brasileiro para a sua ocupação, fato ocorrido durante a ditadura militar. A partir desse programa, as florestas passaram a sofrer pressões antrópicas, culminando em altas taxas de desmatamento pelos novos colonizadores. Concomitantemente, no mundo, surgiam movimentos políticos e sociais voltados à conservação e preservação dos ecossistemas. No ano de 1988, por meio do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), iniciou-se um programa de monitoramento das florestas brasileiras, no qual se constatou um total de 396.857 ha de área desmatada na amazônica brasileira (INPE, 2013). Na década de 90, aconteceu no Brasil a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92), evidenciando a urgência do tema ao anunciar seus impactos ao desenvolvimento econômico dos países, o que reflete diretamente no uso racional das florestas tropicais.

Historicamente, pesquisas sobre o potencial produtivo das espécies, taxas de crescimento, nível de intervenção/exploração de madeira vêm sendo desenvolvidas na região amazônica, justamente para preencher essa lacuna e dar subsídio à consolidação de uma legislação acerca do tema. O instrumento mais indicado para garantir que uma área seja sustentada é o uso de técnicas e métodos ligados ao manejo florestal. Segundo IBAMA (2007), o gerenciamento da floresta proporciona melhores retornos econômicos e desenvolvimento social, aliando ainda a preservação do ecossistema.

Assim, o manejo florestal se divide em várias etapas que são de fundamental importância para uma exploração equilibrada. Uma delas é o inventário florestal, que procura por meio de um censo ou amostragem, representar características quantitativas e qualitativas do comportamento da floresta. Além disso, auxiliam na confecção de mapas volumétricos que são de auxílio ao planejamento florestal.

O conhecimento topográfico-edáfico-ambiental da área, assim como as condições ligadas ao relevo, tipo de solo, curso da água, nascentes e fragilidade ambiental de áreas ao impacto, durante a exploração madeireira, permite auxiliar no planejamento operacional de abate das árvores, bem como na construção de estradas florestais e pátios de estocagem de madeira. Porém, as atividades que são executadas, no manejo florestal, em campo não respeitam totalmente as características do ambiente (BRAZ, 2010).

A partir do uso de novas tecnologias, esse oneroso processo vem tornando-se cada vez mais criterioso e dinâmico, contribuindo diretamente na redução dos impactos e danos causados à floresta remanescente. Exemplificando, tem-se o uso de GPS e softwares de geoprocessamento, que permitem a elaboração de mapas de exploração florestal com maior grau de detalhamento, conforme observado em Ribeiro (2002) e Figueiredo et al. (2007). Outra ferramenta é a pesquisa operacional, que com as ferramentas citadas anteriormente são aplicadas na exploração em florestas plantadas (LOPES; MACHADO, 2003) e ainda pouco utilizada em florestas nativas. Cabe salientar que o uso da pesquisa operacional em plantios comerciais o seu uso data do final da década de 1980.

A falta de planejamento na atividade de exploração florestal, possivelmente ocasiona uma maior degradação das árvores remanescentes, reduzindo o valor comercial da floresta no futuro. Logo, é possível o emprego de diversos métodos ligados à pesquisa operacional para a redução de danos ao meio ambiente.

Atualmente, já se discute a introdução de modelos matemáticos de programação linear no auxílio ao planejamento operacional, em florestas tropicais. A utilização de modelos matemáticos vem para auxiliar na tomada de decisão, uma vez que a exploração madeireira é importante economicamente.

O modelo matemático representa a realidade de uma forma simplificada (CAIXETA FILHO, 2001), com objetivos de encontrar a solução ótima, quando possível. Assim, a busca dessa solução ótima, depende da orientação e natureza do vetor gradiente da função (maximizar ou minimizar), do tipo de variáveis de decisão e suas relações com as restrições técnicas do problema (BAIO et al, 2004). A programação linear auxilia no planejamento e busca a solução

ótima desde que respeite as alternativas viáveis (HILLER e LIEBERMAN, 1988). Segundo Dykstra (1984), por mais que os modelos sejam representações do mundo real, se bem elaborados, permitem extrair informações importantes, auxiliando na tomada de decisão. Dessa forma, os modelos desenvolvidos vêm a auxiliar na regulação do fluxo de madeira, uma vez que a heterogeneidade de espécies de interesse comercial varia conforme o ano de exploração (BRAZ et al., 2004).

O problema das P-medianas envolvendo análise combinatório é um problema clássico dentro da Pesquisa Operacional, sendo possível sua aplicação no planejamento operacional de instalação dos pátios de estocagem de madeira. Esse problema é conhecido como problema de localização-alocação e pertencente à classe NP-difícil, ou seja, exigem grande esforço computacional. Além disso, o problema das P-medianas se divide em dois grupos, o primeiro capacitado, que apresenta limite máximo de capacidade, já o segundo, não capacitado, contrário ao anterior.

Martinhago (2012) realizou um estudo no Estado do Acre e Pará e constatou que o uso dos problemas da P-mediana capacitado e não capacitado com o método da PLI, auxiliaram na alocação dos pátios. Gomide et al. (2011) constataram que o modelo de PLI ajuda no microplanejamento da exploração florestal, menor impacto a floresta, e constatou que em pontos de maior produção volumétrica os pátios são ativados. Com isto, verifica que a aplicação do método da PLI para a solução dos problemas das P-medianas como ferramenta ao planejamento do manejo florestal garante a sustentabilidade da produção florestal, isto é, permite redução nos danos causados pelo transporte da máquina florestal do local de abate da árvore ao pátio de estocagem de madeira.

Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo a alocação ótima de pátios de estocagem de madeira em um plano de manejo florestal na Amazônia Ocidental, considerando o problema capacitado e não capacitado (P-mediana) via programação linear inteira.

2. Material e Métodos

Descrição do problema

A elaboração de um plano de manejo florestal madeireiro na Amazônia garante o licenciamento do uso do recurso natural. Entretanto, uma série de atividades devem ser conduzidas e executadas, para a consolidação desse documento. Uma das etapas é o planejamento da alocação dos pátios de estocagem de madeira. Esses locais devem ser instalados em áreas estratégicas, para reduzir o deslocamento no arraste das toras por máquinas e ao mesmo tempo garantir um menor impacto à floresta. Assim, durante a geração do plano de manejo, uma equipe de planejamento estabelece quais árvores serão exploradas, considerando critérios econômicos, técnicos e legais. Posteriormente, confecciona-se um mapa de exploração dessas árvores, sendo alocados os pátios de estocagem de madeira e as estradas de acesso aos mesmos. Devido à existência de um elevado número de árvores a serem exploradas, bem como inúmeras possibilidades de alocação dos pátios na área, surge os seguintes questionamentos, qual o local de instalação dos pátios e seu número ideal. De acordo com as características descritas, o mesmo é classificado como o problema das P-medianas, ou seja, estabelece-se uma série de possíveis pontos de recebimento de madeira (facilidades), para receber a madeira derivada das árvores (clientes). O objetivo final é minimizar o somatório dos deslocamentos entre as árvores/pátios, atendendo todos os clientes.

Base de dados

O local de estudo (Figura 1) foi realizado na Fazenda Cipoal, localizada no município de Rio Branco-Acre. A propriedade consta com uma área total de 5.247 ha, sendo a reserva legal de 2.609,22 ha e uma área efetiva de manejo florestal de 2.198,99 ha. Entretanto, no presente estudo foram utilizados apenas 181,19 ha. A vegetação existente é constituída de floresta aberta

com bambu e palmeira (ACRE, 2006), bem como espécies comerciais e potenciais para a produção de madeira.

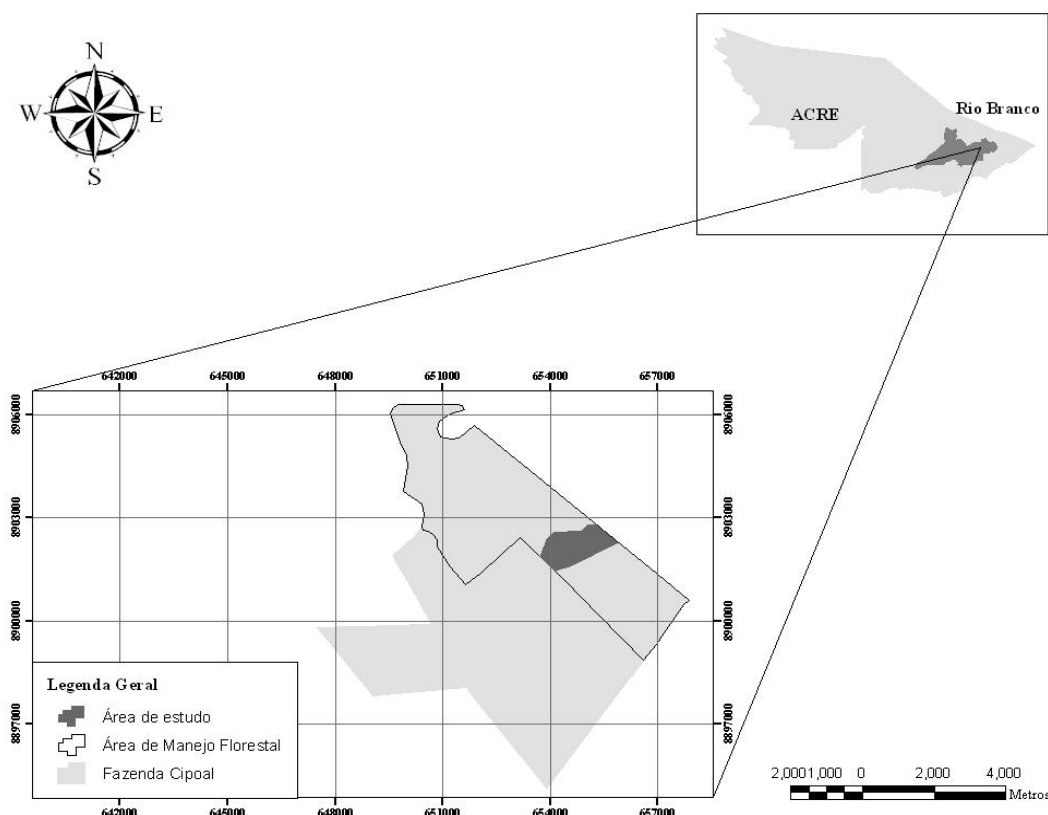


Figura 1 – Localização da Fazenda Cipoal no município de Rio Branco - Acre.

A coleta dos dados iniciou-se com um inventário florestal realizado na área efetiva de manejo, onde foram mensuradas as árvores comerciais a partir de um diâmetro mínimo de corte (DMC > 50cm), sendo registrado as informações de diâmetro a altura do peito (DAP), altura comercial, identificação botânica e classes de qualidade do fuste. Na sequência, a mesma foi marcada com uma placa de alumínio que continha informações relacionadas a seu número de registro. As árvores foram ainda georreferenciadas em coordenadas UTM, utilizando um aparelho GPS. Posteriormente, as informações geradas foram convertidas em um banco de dados espaciais.

Modelo de Programação Linear Inteira

Um modelo matemático de programação linear inteira (PLI) foi formulado para resolver o problema das P-medias, nas formas capacitado e não capacitado. A proposta de uso do modelo matemático foi possibilitar a minimização do deslocamento no arraste das árvores exploradas até os pátios de estocagem, contribuindo para a redução dos impactos gerados na floresta remanescente, bem como o custo da atividade. A função objetivo (1) busca minimizar o somatório do deslocamento das árvores i até os pátios j , sendo a medida de deslocamento representada pela distância euclidiana. As restrições empregadas foram: (2) seleção das árvores i a serem direcionadas a um único pátio de estocagem j , (3) deslocamento das árvores exclusivo para um único pátio selecionado, (4) restrição que define o número de pátios (NP) de estocagem a serem instalados para o armazenamento de madeira, (5) restrição de capacidade máxima de armazenamento de madeira, sendo definido em 1.000 m³ conforme Martinhago (2012), e (6) condição que garante o uso de variáveis de decisão binária {0, 1}.

Função Objetivo:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^P c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^P x_{ij} = 1; \quad \forall_i \quad (2)$$

$$x_{ij} - y_j \leq 0; \quad \forall_i, \forall_j \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^P y_j = NP; \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^N v_{ij} x_{ij} \leq V_j; \quad \forall_j \quad (5)$$

$$x_{ij} = \{0,1\}, y_j = \{0,1\}; \quad \forall_i, \forall_j \quad (6)$$

em que

Z = vetor resultante do somatório do deslocamento das árvores i para os pátios j ;

x_{ij} = variável de decisão binária $\{0, 1\}$ empregada para deslocar a árvore i para o pátio de estocagem j ;

y_j = variável de decisão binária $\{0, 1\}$ empregada para ativar o pátio j ;

c_{ij} = custo de deslocamento em metros (distância euclidiana) entre a árvore i e o pátio de estocagem j , sendo $i = \{1,2, \dots, 900\}; j = \{1,2, \dots, 13\}$;

v_{ij} = Volume comercial individual com casca (m^3) da árvore i destinada ao pátio j ;

V_j = volume máximo de madeira (m^3) que o pátio comporta. Foi utilizado um volume máximo de $350 m^3$ para cada pátio j ;

NP = Número de pátios a serem habilitados.

A localização espacial para a instalação dos pátios de estocagem de madeira considerou aspectos técnicos, baseado principalmente na declividade do terreno e presença de área de preservação permanente (APP). Após a classificação dos locais potenciais e permitidos, uma rede contendo 104 pontos potenciais foi marcada em um ambiente SIG, sendo localizada ao longo das estradas já construídas pela equipe de campo. Estabeleceu-se como padrão uma distância de 50 metros entre pontos, sendo esta coordenada o centro do pátio de estocagem.

O número de pátios de estocagem foi definido considerando duas situações, a) capacidade volumétrica total de armazenamento requisitado na área, referente a volumetria total das árvores a serem exploradas, ou seja, 6 pátios, b) definido pela equipe de planejamento, sendo composto por 13 pátios. Os cenários testados encontram-se na Tabela 1, onde o modelo matemático foi formulado e processado no software LINGO (*Language for Interactive General Optimizer*) versão 13.0, cujo computador possuía um processador Intel® Core™ i3 3.10 GHz e 8 Gb de RAM. Após o processamento foi possível gerar mapas de exploração, bem como a avaliação dos resultados obtidos.

Tabela 1 – Cenários testados para resolver o problema das P-medias capacitado e não capacitado.

Cenários	Tipo de problema	Número de pátios de estocagem de madeira
1	Capacitado	6
2	Capacitado	13
3	Não capacitado	6
4	Não capacitado	13

3. Resultados e discussão

Cada um dos cenários formulados via programação linear inteira possuíram 93.704 variáveis de decisão, resultante dos 104 pátios e 900 árvores a serem exploradas. O modelo contou ainda com 94.606 restrições (cenários 1 e 2) e 94.502 restrições (cenários 3 e 4). Avaliando o tempo de processamento observou-se que foram consumidos 362, 103, 87 e 88 segundos, para os cenários 1, 2, 3 e 4, respectivamente. A solução ótima foi encontrada em todos os cenários, sendo esses valores de deslocamento árvore/pátio iguais a 180.631,8, 123.352,6, 178.857,7 e 123.352,6 metros nos cenários 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Comparando o valor da função objetivo nos cenários 1 e 3 percebeu-se que o problema capacitado penalizou a operação de arraste, já que o mesmo limita o volume máximo de armazenamento, e por isso, árvores tiveram que se deslocar para pátios mais distantes. Essa tendência não foi observada ao se comparar os cenários 2 e 4, já que foi superdimensionado o número de pátios, pois utilizou-se o procedimento de campo definido pela equipe executora.

O superdimensionamento de pátios resulta em custos reduzidos de deslocamento árvore/pátio na função objetivo, ou seja, mais pátios estarão disponíveis para o recebimento das toras (madeira), e neste caso, houve uma redução de 31% na função objetivo comparando os cenários 1 e 3. Entretanto, um estudo envolvendo o número ótimo de pátios de estocagem relacionados aos danos as árvores remanescentes, bem como análise de custos devem ser conduzido no futuro, para verificar qual condição é a melhor.

Braz e Oliveira (2001) relatam que uma distância viável para o arraste da árvore pode ser estabelecida entre 150 m à 200 m, podendo ser no máximo de 400 m, isto é, para não comprometer a operação de arraste realizada pela máquina florestal (Skidder), aumentando os custos da operação.

A Figura 2 mostra a disposição dos pátios ativados para os cenários, após a decodificação das variáveis de decisão que assumiam valores não nulos nos modelos. Além disso, foi marcada a localização dos pátios definidos pela equipe executora. Analisandoos resultados, percebeu-se que houve um superdimensionamento no comprimento das estradas florestais construídas, o que provavelmente resultou em maiores danos às árvores remanescentes.

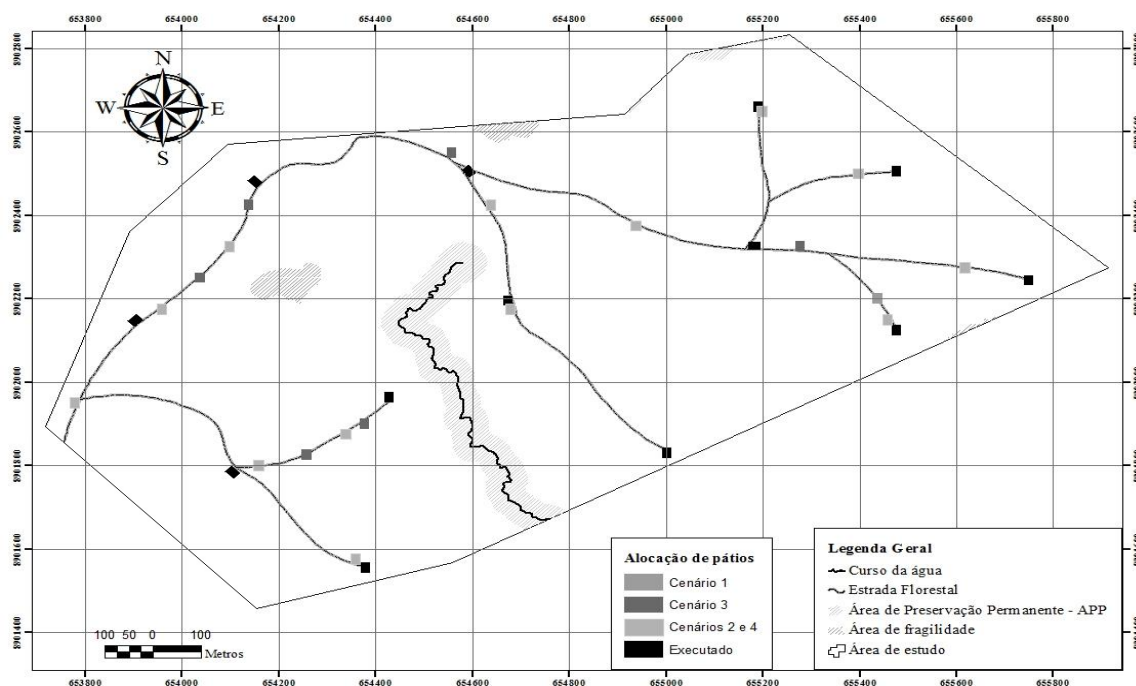


Figura 2 – Representação espacial dos pátios de armazenamento de madeira considerando os 4 cenários simulados e o definido pela equipe de planejamento.

Para os cenários 1 e 3 ocorreu a sobreposição de 5 pátios no total de 6, ou seja, 83% dos pátios ocuparam a mesma localização geográfica entre os cenários. Já para os cenários 2 e 4, que apresentavam o mesmo número de pátios de estocagem de madeira com o executado, observou-se que os pátios coincidiam com a mesma localização geográfica, ou seja, o executado no campo não foi uma situação ótima.

Como exemplo cita-se a distância entre os pátios do cenário 1 e o executado, e verifica uma distância de 64,85 metros de estrada construída sem necessidade, conforme mostra Figura 3. O resultado dessa ação foi a construção de uma estrada florestal de 5.341,80 metros dentro da vegetação, contra 2.911,44 m (cenário 1), 4.523,83 m (cenário 2), 2.702,08 m (cenário 3) e 4.523,83 m (cenário 4). Entretanto, para os cenários 1 e 3 os custos de deslocamento, árvore-pátio serão maiores, em virtude do número reduzido de pátios sugeridos, quando comparado com o executado. Contudo, houve uma redução de 15,31% no comprimento das estradas nos cenários 2 e 4 em relação ao executado.

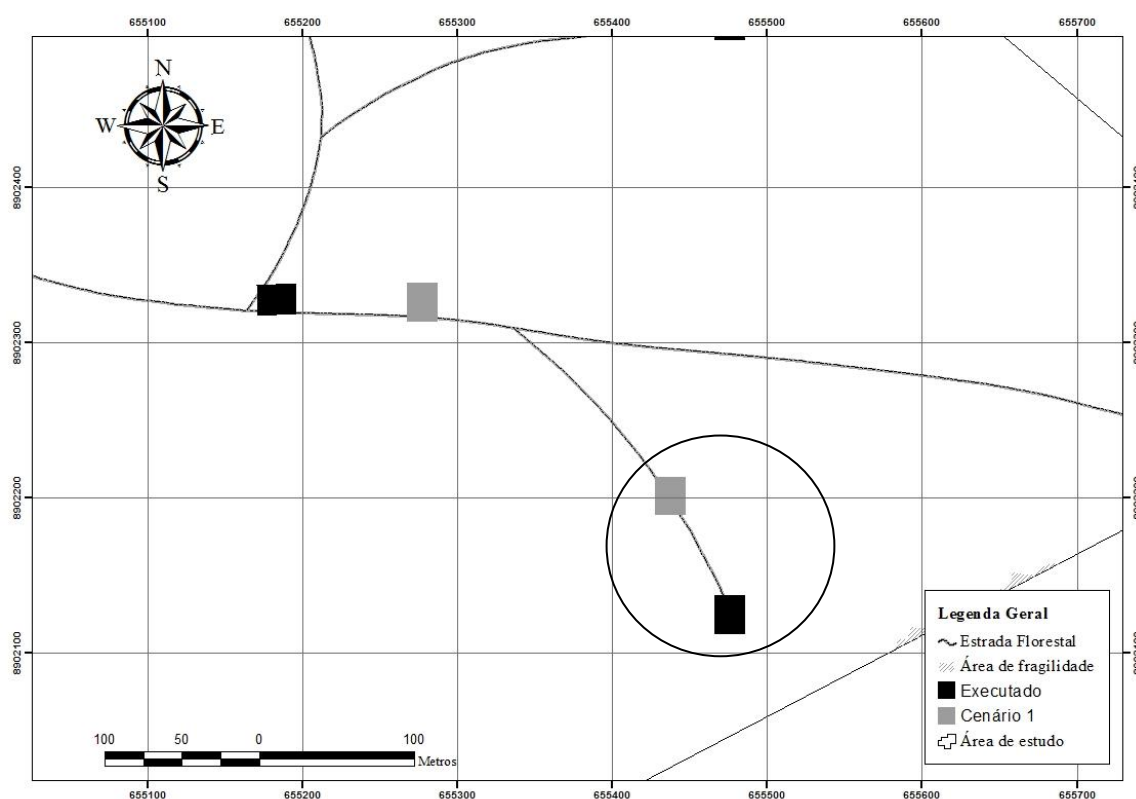


Figura 3 – Representação espacial do excesso de estradas definido pela equipe de planejamento dos pátios de estocagem de madeira considerando o cenário 1.

Esse resultado demonstra que a falta de conhecimento de métodos de otimização podem promover maiores impactos e custos operacionais, durante a execução de um plano de exploração na floresta. De acordo com a FAO (1977), citado por Dykstra e Heinrich (1992), sugerem que a exploração de madeira ocasiona em 90% a erosão do solo, sendo este valor reduzido se aplicado um planejamento bem estruturado, principalmente na construção das estradas florestais.

Quantificando as distâncias entre as árvores mais distantes de cada pátio habilitado (Tabela 2), verificou-se que a alocação ótima dos pátios nos cenários 2 e 4 foram na maioria menores que o executado, fato não observado para os cenários 1 e 3 já que apresentaram um número reduzido de pátios, influenciando diretamente nessas distâncias. A alocação de pátios de estocagem é afetada diretamente pela ocorrência de árvores aptas a serem exploradas, gerando assim uma área de abrangência, que pode variar pela densidade de árvores, volumetria, bem como a capacidade de estocagem de madeira do pátio.

Tabela 2 - Distância máxima em metros encontrada entre a árvore selecionada mais distante para o corte e o pátio de estocagem de madeira habilitado.

Pátios	Cenários				Executado no campo
	1	2	3	4	
1	429,49	315,95	429,49	315,95	304,27
2	436,50	266,89	365,78	266,89	282,36
3	395,56	280,41	423,75	280,41	295,07
4	452,63	287,78	452,63	287,78	293,19
5	362,49	281,05	334,62	281,05	282,83
6	386,13	254,20	354,34	254,20	320,74
7	-	284,23	-	284,23	276,86
8	-	257,31	-	257,31	328,98
9	-	285,22	-	285,22	313,96
10	-	246,66	-	246,66	357,31
11	-	273,86	-	273,86	278,22
12	-	284,62	-	284,62	254,01
13	-	300,31	-	300,31	382,18

O tempo de espera para o transporte das toras armazenadas nos pátios de estocagem pode influir no número de pátios requisitados, pois não havendo restrição nesse aspecto, os pátios tornam-se não capacitados e com isso reduz-se o valor final da função objetivo. Além disso, contata-se que todo o planejamento de infraestrutura se altera, com a adoção de diferentes sistemas de transporte. Assim, a Tabela 3 apresenta o volume total (m³) de madeira destinada a cada pátio de estocagem habilitado. Apenas o cenário 3 extrapolou a capacidade de 1.000m³ de madeira, porém esse cenário não foi capacitado.

Tabela 3 – Volume total de madeira estocado por pátio habilitado nos cenários.

Pátios	Cenários				Executado no campo
	1	2	3	4	
1	905,80	278,79	905,80	278,79	352,82
2	884,58	298,43	749,60	298,43	389,59
3	999,76	548,93	1.302,27	548,93	243,98
4	919,64	372,62	919,64	372,62	290,79
5	896,80	403,94	846,61	403,94	591,94
6	998,70	356,55	881,36	356,55	507,65
7	-	315,06	-	315,06	390,59
8	-	516,08	-	516,08	488,93
9	-	475,56	-	475,56	554,67
10	-	383,58	-	383,58	266,96
11	-	601,31	-	601,31	490,90
12	-	428,17	-	428,17	445,73
13	-	626,24	-	626,24	590,71

Assim, verifica a necessidade de reduzir o deslocamento da árvore ao pátio para que se possa garantir a sustentabilidade da produção florestal, porém sem a construção desnecessária de pátios e estradas. De acordo com Braz e Oliveira (2001) o local exato dos pátios tem influências nas trilhas de arraste, direção de arraste, relevo e menores distâncias do árvore/pátio. Ainda

segundo esses autores, o planejamento realizado de forma adequada evita o excesso de pátios alocados na área de manejo de florestal, redução de estradas florestais, a diminuição do arraste árvore/pátio e movimentos desnecessários do caminhão.

4. Conclusão

A alocação ótima de pátios de estocagem de madeira é uma opção viável, visto que a melhor opção foi o cenário 3 (6 pátios de estocagem) foi eficaz para a realização do planejamento da operação de extração, em planos de manejo florestal na Amazônia. Os resultados apresentados podem contribuir para a redução de impactos às árvores remanescentes. O executado no campo pela equipe de planejamento deve ser reformulado, seguindo o uso de modelos de programação linear inteira. Assim, recomenda-se em futuros estudos incorporar a topografia, custo da implantação de pátios, custos de deslocamento das máquinas, construção das estradas florestais, bem com o valor de venda da madeira em pé por espécie.

Referências

- ACRE** (Governo do Estado do Acre), Programa Estadual de Zoneamento Ecologico-Economico do Estado do Acre. Zoneamento Ecologico-Economico do Acre Fase II: documento Síntese – Escala 1:250.000, Rio Branco: SEMA, 2006.
- Baio, F. H. R., Antuniassi, U. R., Balastreire, L. A. e Caixeta Filho, J. V.** Modelo de programação linear para seleção de pulverizadores agrícolas de barras. *Revista Engenharia Agrícola*, Botucatu, v. 24, n. 2, p. 355-363, maio/ago. 2004.
- Braz, E. M.** Subsídios para o planejamento do manejo de floresta tropicais da Amazônia. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Viçosa, 2010.
- Braz, E. M., Carnieri, C. e Arce, J. E.,** Um modelo otimizador para organização dos compartimentos de exploração em floresta tropical. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 77-83, 2004.
- Braz, E. M. e Oliveira, M. V. N.** Planejamento madeireira dentro dos critérios econômicos e ambientais. Circular técnica, n. 39, Embrapa/Acre, 2001, (www.catuaba.cpfac.embrapa.br), 1, 2013.
- Caixeta Filho, J.V.** Pesquisa operacional. São Paulo: Atlas, 2001. 171 p.
- Dykstra D P.** Mathematical programming for natural resource management, McGraw Hill Book Co, New York, 1984.
- Dykstra, D.P. e Heirichi, R.** Sustaining tropical forests through environmentally sound harvesting practices. *Unasylva*, n. 169, FAO - Food and agriculture Organization of the United States, 1992, (www.fao.org/docrep/u6010e/u6010e00.htm), 1, 2013.
- Figueiredo, E. O., Braz, E. M. e Oliveira, M. V. N.** Manejo de Precisão em Florestas Tropicais: Modelo Digital de Exploração Florestal. Rio Branco, Embrapa Acre, 2007.
- Gomide, L. R., Moura, A. L. e Mello, J. M.** Simulação Otimizada da exploração florestal de impacto reduzido em uma mata nativa localizada em Lavras, MG. In: CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 20., 2011, Lavras.
- Hiller, F. e Lieberman, G.J.** Introdução à pesquisa operacional. 3.ed. São Paulo: Edusp, 1988. 803 p.
- IBAMA** (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), Conceito de Manejo Florestal, 2007, (www.ibama.gov.br/flores/manflor/conceito.htm), 1, 2013.
- INPE** (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), Projeto Prodes - Monitoramento Da Floresta Amazônica Brasileira Por Satélite, (<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>), 2, 2013.
- Lopes, E. S. e Machado, C. C.** Desafios do planejamento da colheita florestal no Brasil. In: Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal, 6., 2003, Belo Horizonte. Anais... Viçosa: UFV/SIF, 2003. p. 44-68.



Martinhago, A. Z. Otimização para a locação de pátios de estocagem para exploração de impacto reduzido na Amazônia brasileira. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

Ribeiro, C. A. A. S. Floresta de Precisão. In: Colheita Florestal. Editor: Carlos Cardoso Machado, Viçosa/MG: Universidade Federal de Viçosa. 2002. p. 311-335.

Silva, G. F. Problemas no uso de programação matemática e simulação em regulação florestal. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

Silva, G. F., Leite, H. G., Silva, M. L., Rodrigues, F. L. e Santos, H. N. Problemas com o uso de programação linear com posterior arredondamento da solução ótima, em regulação florestal. Revista Árvore, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 677-688, 2003.