

TRABALHO APLICADO (10%)

MICROPLANEJAMENTO DA COLHEITA FLORESTAL

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, com o advento de novas tecnologias e o uso de métodos de auxílio a tomada de decisão, tem promovido melhorias na eficiência dos processos produtivos no setor florestal. Nessa linha, observa-se a integração entre sistema de informação geográfica e modelos de programação matemática, onde são exaustivamente aplicados na resolução de problemas de roteamento e transporte de madeira, bem como nos processos envolvendo a colheita florestal. A colheita florestal pode ser definida como um conjunto de operações efetuadas no maciço florestal, que envolvem desde a extração da madeira (derrubada, desgalhamento e processamento ou traçamento) até a definição do local de armazenamento, para o transporte ao destino final. Devido à complexidade no número de operações, o uso de métodos e técnicas na colheita florestal faz-se necessário, reduzindo riscos de acidentes e a falta de matéria prima ao consumidor final. Além disso, pode-se citar a alocação de maquinário, adoção do melhor sistema de colheita, definição e dimensionamento dos múltiplos produtos de madeira, bem como a instalação de pátios de armazenamento de madeira, como parte das atribuições ligadas à atividade. As operações citadas exigem um planejamento acurado e ações efetivas para seu controle e monitoramento, sendo estas dispendiosas de recursos financeiros e humanos. Segundo a ABRAF (2012), os números do setor florestal para áreas reflorestadas refletem sua importância, ao empregar 5% da população economicamente ativa, participar de 19,2% do saldo da balança comercial brasileira, apresentando investimentos na ordem de 2,9 bilhões de reais para o ano de 2011, sendo deste total, 21,7% aplicados na área de transporte e colheita. Existindo ainda uma projeção de investimento na ordem de 7,9 bilhões de reais para os próximos anos no setor.

Nesse contexto, o planejamento operacional empregado na colheita florestal vem ganhando cada vez mais importância, cujo objetivo principal é reduzir os custos e aumentar a eficiência do sistema produtivo, tendo ainda um maior controle das atividades executadas. Por outro lado, com a expansão das unidades fabris e ampliação das fronteiras agrícolas, tem-se formado um cenário cada vez mais desafiador, buscando superar

objetivos complexos. Esse panorama geralmente é representado por um problema matemático de grande dimensão, que exige um esforço computacional elevado, onde nem sempre é possível obter o ótimo via métodos determinísticos. Dessa forma, o trabalho aplicado terá como objetivo a estratificação espacial de compartimentos dentro das unidades de manejo florestal (talhão), para a operação de baldeio durante a colheita florestal, para minimizar o deslocamento das máquinas.

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O plano de suprimento de madeira, para atender o abastecimento de uma fábrica, está contido em três níveis de planejamento (estratégico, tático e operacional). A partir do planejamento estratégico gera-se um plano de corte, que se resume no agendamento das unidades de manejo (talhões) a serem colhidas ao longo dos anos. O reflexo dessa seleção de talhões, no nível operacional, a ser colhido, é a base para o planejamento da colheita florestal pelas equipes responsáveis. O processo se inicia com o conhecimento detalhado da área a ser colhida, no que se refere a produção volumétrica total (m^3/ha), acesso e condições das estradas, dimensão dos produtos, processamento da madeira, tipo de equipamento, forma de baldeio da madeira, bem como a coleta de informações locais relacionadas à declividade, tipo de solo, vegetação, presença de obstáculos, dentre outros. Atualmente, as informações de campo são convertidas em mapas temáticos, devidamente georreferenciados em coordenadas UTM. Após essa etapa, é dimensionada no campo a formação de compartimentos para o baldeio da madeira, seguindo critérios técnicos e os supracitados. No fim, via operação de baldeio é retirada a madeira dos compartimentos formados, até um local adjacente à estrada, para o seu armazenamento em pilhas (Figura 1).

O local para o armazenamento será preenchido por uma pilha de madeira, seguindo critérios técnicos para a sua instalação. Um dos cuidados na formação dos compartimentos é reduzir a intensa movimentação das máquinas e deslocamentos excessivos, sendo correlacionado diretamente com a ativação estratégica de certas pilhas. Portanto, além do aspecto econômico existe, há ainda a preocupação com o ambiente. Assim, surge a necessidade de se definir o local ótimo de instalação das pilhas de armazenamento de madeira, para em seguida formar os compartimentos relacionados à

operação de baldeio. Devido às características do problema descrito, o mesmo se enquadra no problema intitulado de P-mediana.

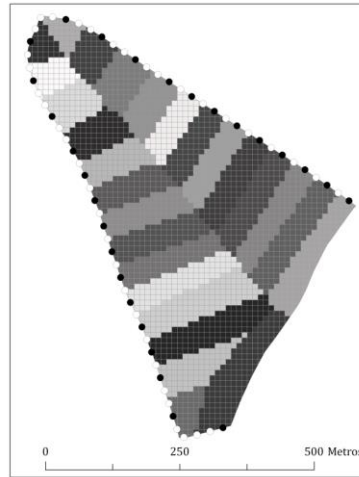


Figura 1: Desenho ilustrativo de um talhão dividido em compartimentos contendo pilhas habilitadas para o armazenamento de madeira.

3. EXECUÇÃO DO TRABALHO

A área a ser trabalhada pela equipe de planejamento da colheita florestal encontra-se localizada no projeto Ferradura, sendo selecionado apenas talhões com idade superior a 5 anos. O mapa na Figura 2 é uma representação da área em análise, que compreende um total de 90 talhões e 4.561 ha com plantio de *Eucaliptus spp.*

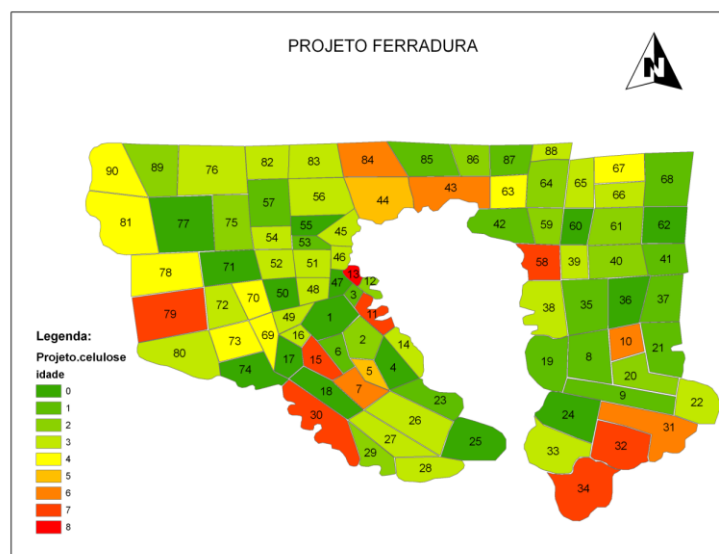
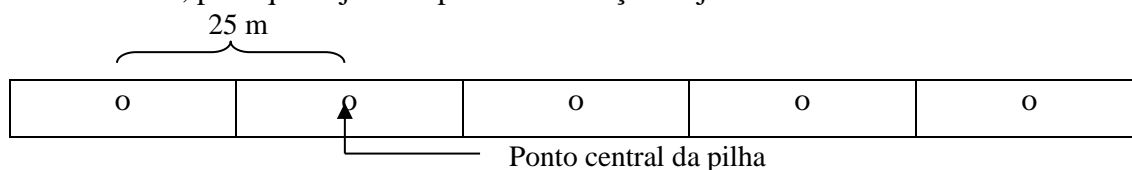
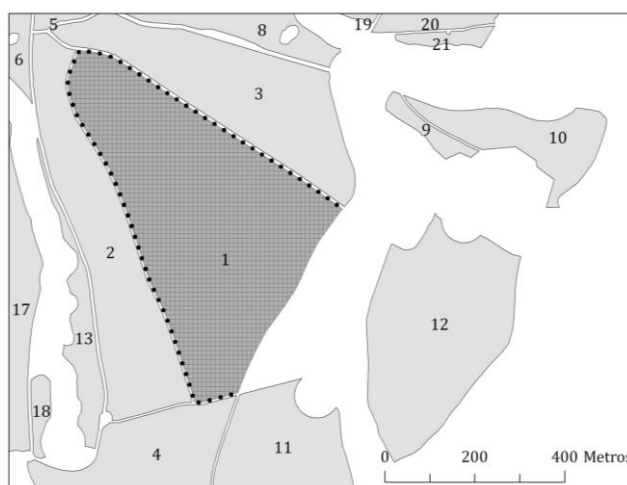


Figura 2: Mapa de localização do projeto ferradura.

Escolham individualmente um talhão, com idade ótima de corte, e realize o microplanejamento dos eitos de corte. Os aspectos técnicos de criação das pilhas de armazenamento de madeira consideram as seguintes especificações: a) capacidade de armazenamento de madeira por pilha – 200 m³; b) distância entre pilhas – 25 m; c) considere que não há restrições à instalação das pilhas de estocagem de madeira nas bordas do talhão avaliado, e d) o número de pilhas de estocagem será definido pela razão entre o volume total de madeira do talhão e a capacidade de armazenamento de madeira na pilha, cujo resultado será acrescido de mais uma pilha. Após a seleção do talhão construa uma rede de grids (10x10m), quantificando a volumetria presente na mesma, bem como sua coordenada central em UTM. Estabeleça ainda a locação de todas as opções de pilhas ao longo do talhão selecionado, lembrando-se de manter uma distancia de 25 metros entre pilhas, conforme exemplificado na Figura 3 (a) e (b). Calcule posteriormente a distância euclidiana entre todas as pilhas e grids para compor a matriz de custo final, para que seja incorporada na função objetivo.



(a)



(b)

Figura 3: Mapa final exemplificado contendo a criação das pilhas de estocagem de madeira a serem distribuídos ao longo do talhão (a) e a construção de uma rede de grids (10x10m) dentro do talhão (b).

O mapa do projeto, bem como as informações técnicas da produção volumétrica encontra-se no arquivo projeto.ferradura.shp, e na Tabela 1, respectivamente.

Tabela 1: Produção volumétrica do projeto ferradura considerando 3 classes de sítio.

Idade (anos)	Volume (m ³ /ha)		
	S _I	S _{II}	S _{III}
4	250	200	180
5	300	240	216
6	348	278	251
7	394	316	284
8	439	352	316
9	483	387	348
10	526	421	379

*valores simulados, S_I – Sítio I (alta produtividade); S_{II} – Sítio II (média produtividade); S_{III} – Sítio III (baixa produtividade);

4. MODELO MATEMÁTICO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA (PLI)

O modelo matemático empregado para a resolução do problema descrito segue um conhecido problema combinatório, na Pesquisa Operacional, chamado de P-mediana, sendo empregado nas formas não capacitado e capacitado. A função objetivo (1) representa o somatório da combinação existente entre todas as grids i e pilhas j , cujo coeficiente foi obtido pelo cálculo da distância euclidiana (m). As restrições foram formadas pelas equações: (2) - define que a grid i deverá deslocar exclusivamente para uma única pilha j , (3) - ligação entre a grid i e pilha j , (4) - definição do número de pilhas a serem ativadas, (5) - capacidade máxima de armazenamento de madeira (200m³) e (6) - restrição envolvendo o uso de variáveis de binária {0, 1} no modelo de programação linear inteira.

Função Objetivo:
$$\text{MIN } Z = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:
$$\sum_{i=1}^N X_{ij} = 1, \forall_j \quad (2)$$

$$X_{ij} \leq Y_j, \forall_i, \forall_j \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^M Y_j = NP, \forall_j \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n V_i X_{ij} \leq V_j, \forall_j \quad (5)$$

$$X_{ij} \in \{0, 1\}, Y_i \in \{0, 1\}, \forall_i, \forall_j \quad (6)$$

Em que:

X_{ij} = Variável de decisão binária $\{0, 1\}$ do modelo matemático empregada para deslocar a madeira presente na grid i para a pilha de armazenamento de madeira j ;

Y_j = Variável de decisão binária $\{0, 1\}$ empregada para ativar a pilha j ;

C_{ij} = Custo de deslocamento em metros gerado pelo cálculo da distância euclidiana entre a grid i e a pilha j ;

V_i = Volume total de madeira (m^3) presente na grid i ;

V_j = Capacidade total de armazenamento de madeira (m^3) na pilha j ;

NP = Número de pilhas a serem habilitadas.

Assim, resumidamente tem-se o modelo capacitado formado pelas equações de (1) a (6), já para o modelo não capacitado faz-se necessário a remoção da equação (5). Sugere-se que se utilize o software R para a construção das matrizes e processamento.

5. RELATÓRIO

Apresente o resultado na forma de um mapa temático a ser seguido pela equipe operacional da colheita, bem como outras informações ligadas ao modelo de PLI na forma de um relatório. Faça ainda críticas ao resultado gerado e eventuais melhorias para sanar os problemas identificados.