

LUIS EDUARDO MARTINELLI

**MAXIMIZAÇÃO DA DISTÂNCIA DE EXTRAÇÃO COM USO DE
MODELOS MATEMÁTICOS E OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO.**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão Florestal do curso de Pós-Graduação em Gestão Florestal, Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. André Germano Vasques

**CURITIBA
2007**

SUMÁRIO

SUMÁRIO	ii
LISTAGEM DE QUADROS	iii
LISTAGEM DE FOTOS.....	iii
LISTAGEM DE ABREVIATURAS	iv
RESUMO	v
1. INTRODUÇÃO.....	1
1-1 Descrição da região de estudo	1
2. OBJETIVOS	6
3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	7
4. MATERIAIS E MÉTODOS.	12
5. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	14
6. CONCLUSÃO.	24
7. ANEXOS	26
8. REFERÊNCIAS	28

LISTADO DE QUADROS

QUADRO 1: INSUMOS E CUSTO US\$/T PÁTIO 1	15
QUADRO 2: INSUMOS E CUSTO US\$/T PÁTIO 2.....	17
QUADRO 3: MADEIRA A PÁTIO 1 E 2.....	20
QUADRO 4: SEQÜÊNCIA MENSAL DE COLHEITA.....	23
QUADRO 5: DISTRIBUÇÃO MENSAL TONELADAS. A PÁTIOS	23

LISTADO DE FOTOS

FOTO 1: LOCALIZAÇÃO E SETORES DELTA-----	5
FOTO 2: DIAGRAMA DE COLHEITA -----	10
FOTO 3: LOTES A COLHER -----	12
FOTO 4: REDE VIÁRIA DE COLHEITA -----	13
FOTO 5: DESTINO A COLHER-----	21

LISTA DE ABREVIATURAS

HP	=	Horse Power
m ³	=	Metro cúbico
USD	=	Dólares Estados Unidos da América
h	=	Hora
t	=	Tonelada
S	=	Setor Florestado
C	=	Lote a colher
Ha	=	Hectares
Km	=	Quilômetros
h máq	=	Horas Máquina utilizadas
h ho	=	Horas Homem utilizadas
CV	=	Coefficiente de Variação %
\$	=	Pesos Argentinos

RESUMO

Em um planejamento anual de talhões a colher, através de insumos de tempos de carga, diversas distâncias de extração até pátios de embarque, foram determinadas a distância máxima de extração para diversos pátios, minimizando os custos por unidade transportada dos lotes avaliados. *Maximização da distância de extração com utilização de modelos matemáticos e otimização do processo* gerou a habilitação de um novo pátio de embarque com redução do custo por unidade de madeira transportada de 27%, para um valor de 2,15 dólares por tonelada, diminuindo os fatores de produção empregados. A utilização de modelos matemáticos de otimização e relação custo - benefício tem demonstrado ser uma variável muito útil no planejamento anual da colheita. A economia produzida nas 32.397 toneladas superou em 89% ou investimento necessário para a habilitação de um novo pátio em apenas um ano. Os trabalhos foram desenvolvidos no estabelecimento florestal "As Carabelas", propriedade do Papel Prensa S.A. localizado no Delta da província de Buenos Aires, partido de Campana. A madeira utilizada para carga e transporte pertencia a plantações de *Salix Babilónica* (var. *sacramenta*) L. "salso americano", de 12 a 14 anos de idade.

Palavra-chave: Distância ótima de extração, planejamento de colheita de madeira, mecanização florestal, sistemas, tratores.

ABSTRACT

In an annual planning of stands of trees to be harvested, through load times supplies, different distances of extraction to freight yards, the maximum distance of extraction to different freight yards has been determined, minimizing the costs by unit transported of the lots evaluated. The maximization of the distance of extraction through the use of mathematical models and the optimization of the process generated the authorization of a new freight yard with a decrease of the cost by unit of wood transported of 27%, to a value of USD 2,15 unit, lowering production costs. The utilization of *mathematical models of optimization* and cost benefit relation proved to be a variable of utility in the harvest's annual planning. The savings produced in the 32.397 tons surpassed in 89% the necessary investment for the authorization of a new freight yard. The studies were carried out in the forest establishment "As Carabelas" owned by "Papel Prensa SA, located in the Delta of the province of Buenos Aires, Campana County. The wood utilized for the load and transportation belonged to plantations of *Salix Babylonian* (var. *sacramenta*) L. "American willow", from 12 to 14 years of age.

Keywords: Best extraction distance, wood harvest planning, forest mechanization, systems, tractors.

1. INTRODUÇÃO

A colheita de madeira é o nexos que une a massa florestal com as empresas consumidoras. Quando realizado com o intuito de abastecer indústrias, necessariamente as metas de produção são estabelecidas pelas mesmas, devendo o sistema de colheita oscilar entre as disponibilidades de equipamentos e restrições do meio (MAC DONAGH, 1994).

Em função dos altos custos proporcionais da atividade de colheita em relação ao custo total no momento do corte, e à quantidade de meios e pessoais empregados, surge a necessidade de organizar e otimizar os recursos empregados (SEIXAS, 1992).

Geralmente essas pesquisas se iniciam com a realização de estudos do trabalho florestal que estabelecem as bases para poder escolher a melhor combinação de equipamentos, pessoal utilizado e tecnologia disponível.

O trabalho da maquinaria utilizada no abastecimento gera um fluxo de produção e as diversas formas de distribuição do mesmo, tem incidência no desempenho e custo unitário e nos resultados finais da empresa (MOREIRA, 1992; RODRÍGUEZ ET AL., 1992).

1-1 Descrição da região de estudo

O Delta do rio Paraná, no estudo de um plano estratégico para o desenvolvimento do Delta Bonaerense (2000), assim o descreve:

O Delta do Paraná, compartilhado pelas províncias de Buenos Aires e Entre Rios, se estende desde a cidade entrerriana de Diamante até a confluência dos rios Paraná e Uruguai, com uma extensão aproximada de 400 quilômetros no sentido noroeste-sudeste e com uma área aproximada de 17.000 quilômetros quadrados. É dividido em Delta superior, médio e inferior, o primeiro chega até a cidade de Villa Constitución, enquanto que o Delta médio considera-se que termina próximo a Ibicuy (Ver Mapa anexo).

O Delta é uma área de afundamento tectônico recente, um *graben* limitado por duas linhas de falhas aproximadamente paralelas, no norte a linha passa pelas cidades de Diamante,

Victoria, Gualeguay e Gualeguaychú, formando a chamada ribeira morta até onde chegam às águas do rio Paraná nas grandes enchentes; no sul limita com os taludes da pampa ondulada, que coincidem com a margem direita do Paraná até a cidade de San Pedro, a daí segue por Baradero, Zárate, Campana, Tigre e San Fernando, constituindo a margem elevada do Delta. Por essa linha penetraram as transgressões marítimas do Quaternário e mais tarde, como consequência de períodos de retorno oceânico, o rio Paraná começou a formar o Delta.

As etapas que conduzem à sua formação atual foram:

1) etapa dos bancos marítimos e camadas de areia pura; 2) etapa dos bancos fluviais: devido a materiais de aluvião que carrega o Paraná, foram gerados os bancos fluviais, etapa acelerada a princípio pela presença do sal marinho, que provocou uma mais rápida deposição dos sedimentos em suspensão; deste modo foram formados os bancos transversais ou "barras", que avançaram e regrediram pela ação combinada das marés oceânicas e das correntezas, permitindo o acúmulo, a montante, de depósitos fluviais que foram dando início à formação deltaica; 3) etapa da vegetação e formação de albardões: os afloramentos dos bancos, gerados na etapa anterior, foram consolidando pelo efeito da vegetação inicial e a ação aluvional das águas.

Em perfil geológico típico, acima do basamento cristalino - a uma profundidade de aproximadamente 150 metros, estão as areias e argilas do Mioceno. Em torno de 100 metros para cima, podemos encontrar as areias, que são importantes como aquíferos, com uma espessura de 10 a 15 metros. Por cima delas avançou a intrusão do Holoceno, que cobriu o Delta. Seus depósitos estão formados por argilas com carboneto de cálcio e conchas de moluscos marinhos que aparecem na superfície formando bancos de pequenas conchas em Gualeguay e Gualeguaychú. Relevos com argilas e resíduos vegetais e às vezes com turba muito compacta, fazem parte deles. Todas essas camadas têm um alto conteúdo salino e são consideradas a causa da salinidade das águas subterrâneas do Delta. Finalmente, com uma amplitude que oscila entre 2 a 12 metros, se encontram os depósitos recentes formados por areias de aluvião e depósitos palustres, em condições semelhantes às atuais. Encima delas estão as aluviões de caráter definitivamente deltaico, produto do arraste atual.

O Delta foi formado por um enorme acúmulo de areia, argilas e limos, transportados e depositados pelas águas do Paraná, sendo a ação de suas enchentes o principal agente modelador da superfície das ilhas. Cronologicamente a formação de uma ilha do delta tem início com o transporte dos sedimentos, chegando ao Rio da Prata a velocidade do Paraná diminui, decantando 150 milhões de toneladas de sedimento a cada ano, que provoca a aparição de uma barra transversal à correnteza. Posteriormente, a ação do mesmo rio, na busca de novas saídas, abre à força a barra formando um novo leito, baixa o nível da água e aflora o resto da barra na maré baixa.

Aparece então a vegetação, com as sementes que o rio transporta e deposita nos bancos de areia. Em primeiro lugar se formam os juncais semi-submersos, que reduzem ainda mais a velocidade das águas e favorecem uma maior deposição sedimentária, com o conseguinte aumento da espessura da camada superficial. Na medida em que aflora à superfície da barra, a palha braba em extensos banhados vai substituindo os juncais e finalmente, na consolidação do solo, aparecem os pés de corticeiras-do-banhado nos terrenos altos e alagadiços.

A selva marginal, da qual ficam alguns espaços de mata densa, constitui uma verdadeira floresta, com um grande número de cipós e epífitas, e se desenvolve nas partes evoluídas do terreno, estando favorecida pela elevada umidade do ambiente, com uma temperatura média de 17° C, e quase 1.000 milímetros de precipitação anual.

Depois as margens se elevam de maneira paulatina pela ação aluvional das avenidas, marés e subas que depositam camadas múltiplas de sedimentos limosos de espessura variável, diminuído da periferia para o centro, gerando desta forma a característica configuração em forma de panela.

O crescimento depende da quantidade de sedimentos transportados, a velocidade das águas e o regime das correntezas costeiras, portanto sem possibilidades de obter um dado exato do crescimento ou avanço anual médio do Delta, pois o mesmo varia conforme a região. Estima-se, como valor médio, uma deposição anual de material que incorpora em torno de 260 ha. novos por ano, registrando um avanço para a cidade de Buenos Aires que oscila entre os 55 e os 90 metros, embora isso não seja cumprido de maneira precisa, posto que nas grandes enchentes, enormes massas de plantas aquáticas ou aguapés são levadas para o interior dos riachos pouco caudalosos, produzindo alagamentos que contribuem para a fixação dos juncais, partindo daí a ocorrências acima citadas.

Embora o relevo deltaico seja baixo e alagadiço, a conformação topográfica não é uniforme, pois a mesma difere no desenvolvimento do Delta, podendo diferenciar-se, de forma conjunta com os diversos acidentes hidrográficos, litológicos e de origem, duas regiões geomórficas bem definidas:

O **Baixo Delta** é a região mais nova e se encontra em contínuo crescimento. Apresenta um relevo plano côncavo com ilhas cubetiformes, com elevação perimetral ou albardão (20%) e uma depressão central ou alagadiça (80%).

Os **Baixios marginais**, que constituem uma faixa que se alaga, plana, de pouca drenagem e de solos salinos e alcalinos, devido a pouca profundidade em que se encontram os sedimentos marítimos.

É possível afirmar que o Delta possui características pouco comuns e foge às classificações clássicas, pois cada zona apresenta dados geomórficos e hidrométricos diferentes. O fenômeno de deltação do rio Paraná alcança características particulares pelo colossal acarretamento de sedimentos. A influência das crescentes defasadas do rio Uruguai e das marés, mais que nada eólico do Rio da Prata, tem contribuído para a formação de numerosas ilhas, circundadas por uma rede intrincada de braços, riachos e arroios aos quais devemos somar os canais artificiais construídos pelo homem. Muitos leitos naturais são, no entanto permanentes, e isso explica as criações dos novos leitos, as decantações de sedimento e o abandono e reativação de leitos abandonados.

O clima é temperado-cálido e úmido sem estações de seca, sendo as temperaturas médias de 16/17° C, com uma amplitude térmica de 12/13 ° C e valores máximos e mínimos de -2 - 4° C a 38/40° C. A umidade relativa é alta, mantendo uma média de 70/80%, com valores mais elevados no inverno.

O balanço hidrológico não apresenta carências, embora possam se apresentar alguns limites no verão para as culturas hortícolas. No inverno predominam os ventos do norte, que causam vazantes e na medida em que se vai avançando para o verão ficam mais freqüentes os ventos do leste e do sudeste, que produzem marés altas. O regime de geadas é benigno, com 280/300 dias anuais livres delas, sendo então conveniente para a maior parte das culturas agrícolas, estando acima de 150 dias anuais.

Com referencia à água subterrânea, o nível do lençol freático pode ser mais baixo que o nível de água dos rios ao seu redor, e como a transmissibilidade dos lençóis é baixa, e fica difícil a drenagem e os vazamentos.

O Delta Bonaerense está localizado ao nor-noreste de Buenos Aires, abrangendo uma superfície de 283.492 hectares. A região do estudo sofre periódicos alagamentos dos rios Paraná e Uruguai, e as enchentes do Rio da Prata, como consequência dos fortes ventos do sudeste e das marés.

Se forem avaliadas algumas enchentes históricas para realizar uma caracterização hidrológica podemos observar as seguintes situações:

- 1) Terras onde as enchentes, depois de ultrapassar os albardões da costa, provocam alagamentos com permanência das águas durante tempos prolongados.
- 2) Terras onde as enchentes provocam alagamentos durante tempos menos longos, com drenagem facilitada pela sua proximidade dos leitos principais e pela sua topografia.

3) Região próxima ao estuário do Rio da Prata, que reconhece alagamentos provocados pelas marés, os fortes ventos do sudeste ou as enchentes do Rio Paraná quando o Rio da Prata está crescido.

O Delta Bonaerense está localizado no baixo Delta, que é um delta em formação recente, e está caracterizado por ser entrecido por uma maior quantidade de rios e arroios e por apresentar um alto dinamismo de crescimento contínuo, avançando sobre o Rio da Prata.

A pesar de ser limítrofe com a Capital Federal e região metropolitana Bonaerense, que é a região a registrar o mais elevado desenvolvimento do país, o Delta Bonaerense sofre um processo que conjuga a migração da população, a depreciação das terras, a falta de produção numa importante parte de sua superfície e um marcado retrocesso econômico e social, evidenciando um processo de significativo deterioro.

A população residente apresenta as características próprias de uma área deprimida, onde se refletem claramente os traços da migração da população jovem.

O crescimento demográfico atingiu o seu ponto máximo no decorrer dos anos 1930 a 1940, superando os 20.000 habitantes, face às importantes colônias de imigrantes estrangeiros que se estabeleceram na região. Segundo os dados do Censo de População do ano 2000, não ultrapassa os sete mil moradores.

Foto 1: localização e setores Delta



2. OBJETIVOS

O objetivo geral é o estudo das fases de carga e transporte de madeira para diversos pátios de embarque, otimizando distâncias de extração, minimizando custos, em situações modais que ocorrem nos processos de colheita das plantações industriais de Salicáceas na região do delta bonaerense.

Especificamente a partir de:

- Superfícies anuais de colheita.
- Diferentes distâncias de extração até o pátio de embarque.
- Gasto de Horas/Máquina para carregamento e extração.
- Gasto de Horas/Homem para carregamento e extração.

Espera-se obter distâncias máximas de extração dos talhões anuais para colheita e os diversos pátios de embarque da madeira, minimizar os custos de extração, utilizando modelos matemáticos de otimização, para seu uso no planejamento anual da colheita.

Como objetivos secundários obter:

- Calcular os custos das operações por meio da metodologia da FAO/ECE/KWF, citado por STÖHR (1981).
- Quantificar o número de máquinas necessárias.
- Estimar o custo por tonelada extraída.

3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Segundo Conway (1976), o objetivo primário da exploração florestal é a economia das operações, compreende processos que estão fortemente relacionados; as alterações nas primeiras fases implicam em variar o recurso de mão-de-obra ou máquina utilizado nas fases posteriores (CRISTHIANSEN, 1986; MARTINELLI E MAC DONAGH, 1997).

São conhecidos trabalhos de planejamento sistematizado dos procedimentos, com programas de computação, para fases parciais da colheita. Um dos mais desenvolvidos se ocupa do transporte; é desenvolvido a partir do algoritmo SIMPLEX de programação linear e conhecido como o "problema do transporte" (BUONGIORNO E GILLES, 1987). É possível também mencionar trabalhos como o *SIBRACEF* (MACHADO, 1989), baseado na análise multivariada; o de Seixas (1992), que permite a escolha da composição da frota de transporte mais adequada.

Para outra etapa do processo, é possível aplicar programas como o SKID PC (OLSEN E GIBBONS, 1983) para a otimização da extração com skidders.

Com respeito à análise de sistemas, existem programas que tem sido desenvolvido para situações pontuais (SESSIONS E SESSIONS, 1986; KOGER, 1988). São comumente utilizados em plantios da área temperada com avançada tecnologia, mas resultam pouco aplicáveis em regiões menos evoluídas, devido principalmente à escassez de dados parciais e metodologias dissímeis que complicam o planejamento (MOREIRA, 1992; HAKKILA *ET AL*, 1992). Outros programas operacionais são utilizados para simulação e controle de operações de colheita, e incorporam dentro das variáveis as distâncias de extração. (MALINOVSKI, MALINOVSKI, 2000).

A condição objeto do estudo de se encontrar com ambientes heterogêneos e alagadiços, limita e condiciona o planejamento das tarefas. Não é possível aplicar integralmente, programas e sistemas perfeitamente ajustados em outros locais. Para proceder adequadamente é imprescindível idealizar sistemas locais, aplicáveis em um amplo leque, acessíveis tecnológica e economicamente, aproximando se da perfeição quando em desenvolvimento. Estes sistemas devem ser gerados a partir da caracterização de alternativas para os seus componentes, aplicados e ponderados "in loco", sendo esta uma informação pouco disponível.

Os dados para o estudo foram realizados em estabelecimento florestal de propriedade de Papel Prensa S.A. empresa florestal e industrial, dedicada à produção de papel jornal, abastecendo o mercado interno desde o ano de 1978. O consumo mensal de madeira de salicáceas é aproximadamente 30.000 toneladas, 1.500 toneladas de papel jornal reciclado e 1.200 toneladas de celulose de fibra longa. A produção de papel no ano de 2006 foi de 174.000 toneladas, com uma conversão de 2,1 toneladas de madeira por uma de papel.

Possui reflorestamentos de 8.500 hectares, sobre um total de 11.500 hectares, distribuídos em quatro estabelecimentos, dois na região Delta (Campana, Bs. As., Villa Paranacito, Entre Rios) e dois na região continental (Bragado, Bs.As.; Teodolina, Santa Fe).

As espécies florestais implantadas têm predomínio de salsos (*Salix* sp.) no delta e choupos ou álamos (*Populus* sp.) na região continental.

A colheita de madeira nos estabelecimentos inicia no ano de 1988, com espaços de corte de 10 a 12 anos. O abastecimento atual de madeira própria atinge de 20 a 40 % do consumo total, cumprindo os estabelecimentos florestais próprios,

unidades de reserva estratégica em situações de alagamentos da sua bacia de abastecimento de madeira, produzindo anualmente diferentes objetivos de extração de madeira anual.

A colheita de madeira no Papel Prensa é desenvolvida em duas realidades, uma na região continental e a outra na região Delta, nesta última, objeto do estudo, as principais características dos fatores de produção na colheita são:

- - predomínio de espécies implantadas de *Salix* sp.
- - solos de origem aluvional em formação, grande quantidade de matéria orgânica na superfície, até 65%.
- - limites na extração de madeira por enchentes de rios e precipitações.

Os lotes implantados possuem distância de extração primária em média 600 metros, e um transporte secundário que pode atingir oito quilômetros, para mais tarde ser carregada em navios e barcas para transporte fluvial até a unidade industrial, cuja distância é até 200 quilômetros.

A maquinaria utilizada para as tarefas de carregamento e extração dos lotes implantados é:

Carga: Gruas de marca Guerra, com braços de 6,3 metros de alcance, montadas encima de tratores de tração assistida entre 80 e 100 HP de potência. Em certas ocasiões se utiliza um autocarregável com as mesmas características e um reboque com transmissão hidrostática, capacidade de trabalho 10 a 12 toneladas por ciclo de carga.

Extração: Tratores de tração assistida, potência 120 a 140 HP, com carretas que são rebocadas, levando a madeira em forma suspensa, com capacidade de 8 a 10 toneladas por viagem.

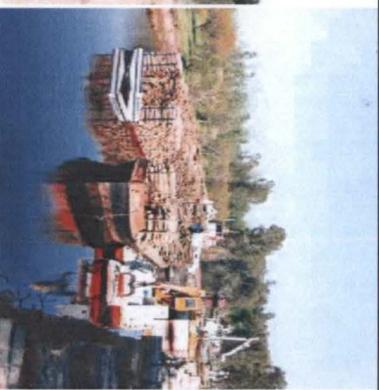
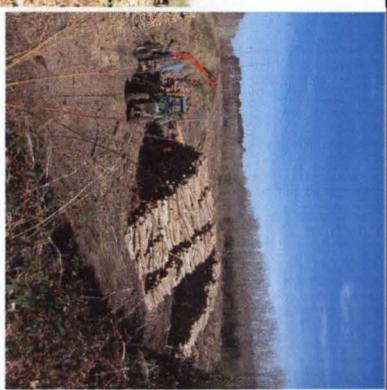
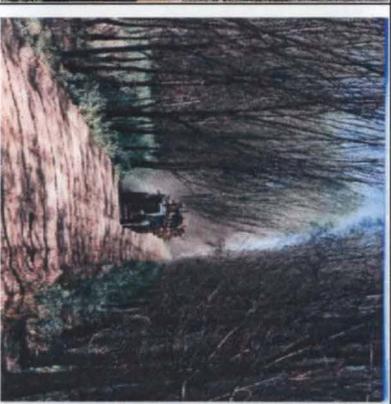
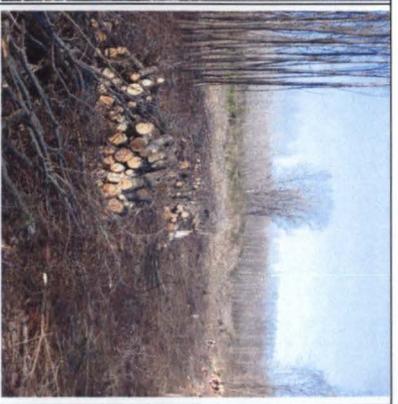
TRANSP. FINAL	EXTRAÇÃO A PÁTIO	EXTRAÇÃO PRIMARIA	ELABORAÇÃO
			
			
			

Foto 2: diagrama de colheita (harvest diagram)

Os estabelecimentos nesta região vão requerer para a implantação e colheita grandes investimentos em infra-estrutura, em construção de diques de contenção diante das enchentes dos rios, canais de drenagem, sistemas de recalque de água e manutenção de caminhos.

A região abrange 500.000 hectares, principalmente duas províncias, Buenos Aires e Entre Rios, com uma superfície florestada de 60.000 hectares, conforme o inventário da Secretaria da Agricultura, Gado, Pesca e Alimentação da Nação (SAGP e A) da Nação. O volume de madeira anual de colheita na região oscila de 800.000 m³ a 1.000.000 m³, sendo responsável por 10 a 12 % do consumo total.

Como região, é a melhor adaptada para a implantação de Salsos (*Salix sp.*), os quais são necessários no processo de produção de papel jornal, tanto pelo comprimento e espessura das fibras, qualidade que permite valores de resistência à tração e economia na substituição da fibra longa de coníferas.

A falta de engenharia na colheita significa que a mecanização leva as mudanças nos sistemas de manejo, mudanças de planejamento operativo, alteração e capacitação de pessoal (MAC DONAQH ,1997).

4. MATERIAIS E MÉTODOS.

A situação objeto do estudo é colocada em vinte e um (21) QUADROS do estabelecimento florestal, no planejamento anual na colheita de madeira que são transportados ao Pátio 1.

Foto 3: lotes a colher (*land to be harvested*)

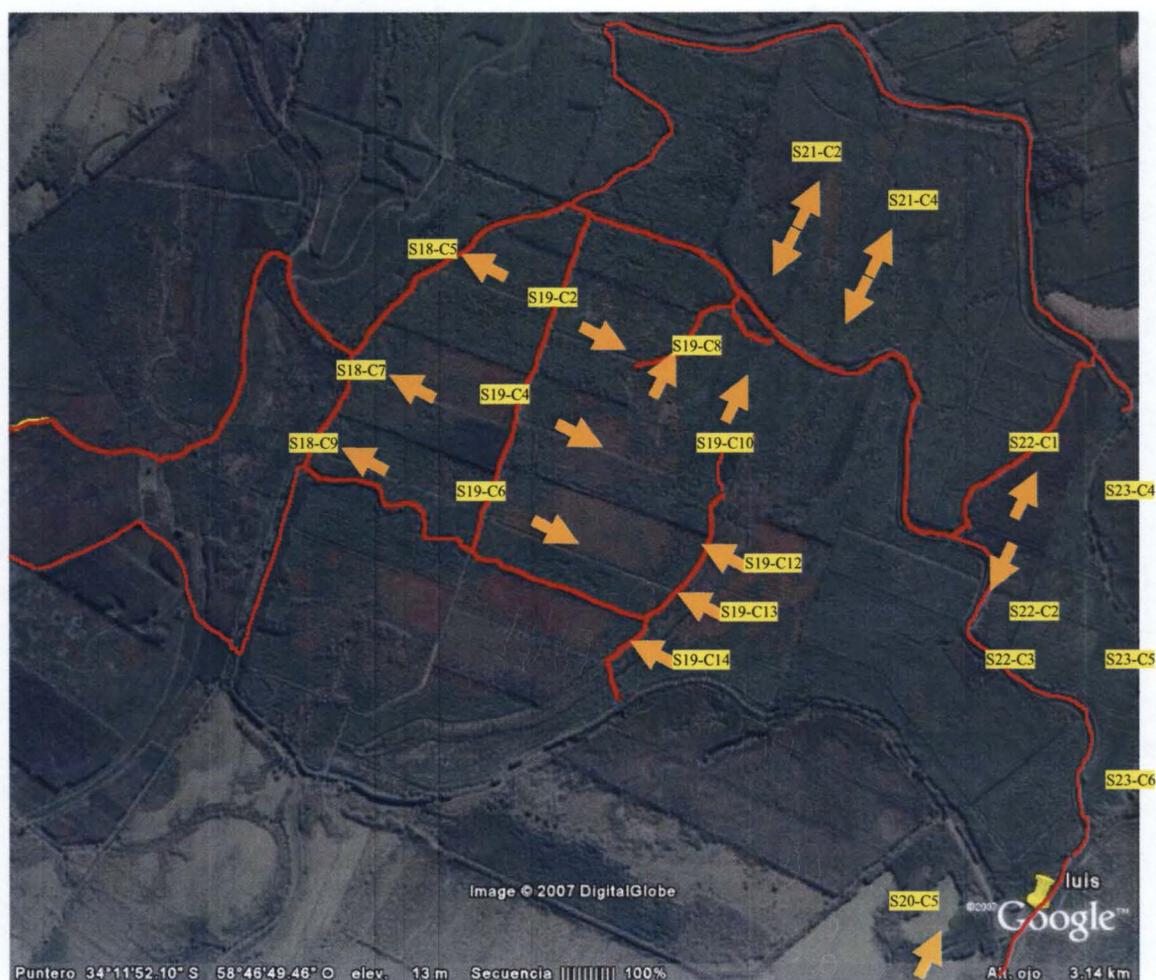


A partir do banco de dados operacional de controle de gestão mensal da empresa, foram obtidas as quantidades de madeira extraída, despesas de Mão-de-Obra e Maquinarias utilizadas na colheita dos diferentes lotes de reflorestamento em extração de madeira para o Pátio 1.

Por sua vez foi determinado o investimento necessário para habilitar o Pátio 2, com a distância e movimento de dragagem em seu percurso para permitir a entrada de navios e barcaças, para o carregamento de madeira nesse pátio.

Foi realizada a mensuração das distâncias a partir dos lotes a extrair até os Pátios 1 e 2, fomos acrescentados ao resultado para cada lote o comprimento médio de cada um, conformando os quilômetros de extração para cada situação. A rede viária utilizada foi levantada com GPS, até ambos os pátios.

Foto 4: rede viária de colheita (*harvest road net*)



Foi determinado o custo horário (USD/h) dos recursos empregados Mão-de-Obra e Máquinas, com a metodologia FAO/ECE/KWF, citado por Stöhr (1981) (ver anexo).

Foi obtido o tempo por quilômetro percorrido para a situação do Pátio 1, aplicando o resultado para o simulado para o Pátio 2, gerando para ambas as situações o custo unitário de dólares por tonelada extraída (USD/t) e custo total (USD), dando para cada lote de reflorestamento diferencias em custo unitário, de acordo com a distância percorrida e pátio de envio de madeira.

A comparação para saber a qual pátio deve ser conduzido à madeira extraída foi realizada de duas formas, uma através do custo benefício entre ambas as situações, optando pela mais econômica e, a outra formulando um modelo de otimização com software LINDO 6.1, com um primeiro grupo de restrições.

Foram acrescentados limites ao modelo com respeito à quantidade de madeira extraída por mês, colheita total do lote, para gerar de quais os lotes que se devem extrair por mês e as quais pátios, para o fim de serem utilizados no planejamento anual da colheita.

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

Para a situação de madeira extraída ao Pátio 1, onde foi toda a madeira dos diferentes lotes, os resultados das distâncias de cada QUADRO ao pátio, o gasto de tempo de maquinaria e Mão-de-Obra para o transporte de madeira e em consequência os dólares por tonelada (USD/t) para cada lote, são lançados no QUADRO 1.

QUADRO 1: Despesas e custos USD/t pátio 1
(factors of production and costs USD/tn to freight yard 1)

PÁTIO 1											
S..	C	X _i	t	ha.	km	MAQUINA			M.O	USD /t	USD Totais
						h Máq.	h/t	h/t /km	h.ho/ t/km		
18	5	x11	1315	6,57	3,09	160	0,1217	0,0394	0,0503	2,45	3221
	7	x21	1880	9,8	2,73	225	0,1197	0,0439	0,0570	2,42	4555
	9	x31	1493	7,4	3,00	187	0,1252	0,0417	0,0651	2,70	4033
19	2	x41	1659	7,85	4,21	241	0,1452	0,0345	0,0452	2,95	4893
	4	x51	1168	6,52	4,91	132	0,1130	0,0230	0,0269	2,21	2586
	6	x61	2398	12,6	4,08	255	0,1064	0,0261	0,0430	2,34	5612
	8	x71	1751	8,19	4,31	192	0,1097	0,0254	0,0266	2,08	3646
	10	x81	1817	5,87	4,47	238	0,1310	0,0293	0,0331	2,54	4619
	12	x91	1680	7,15	4,18	192	0,1143	0,0273	0,0350	2,30	3869
	13	x101	1173	5,55	3,99	257	0,2191	0,0549	0,0736	4,48	5258
	14	x111	1418	8,37	3,86	181	0,1276	0,0331	0,0485	2,69	3816
	15	x121	1656	7,37	3,92	185	0,1117	0,0285	0,0431	2,38	3943
20	5	x131	1734	8,63	6,39	299	0,1725	0,0270	0,0370	3,56	6166
21	2	x141	1407	7,2	4,36	223	0,1585	0,0364	0,0567	3,42	4809
	2	x151	1407	7,2	5,33	244	0,1734	0,0326	0,0464	3,62	5097
	4	x161	1124	5,95	5,64	230	0,2047	0,0363	0,0448	4,08	4583
	4	x171	1124	5,95	4,72	202	0,1798	0,0381	0,0536	3,74	4198
22	1	x181	1053	6,45	6,33	200	0,1900	0,0300	0,0384	3,83	4031
	2	x191	917	4,61	6,21	118	0,1287	0,0207	0,0298	2,70	2471
	3	x201	2419	15,32	6,19	415	0,1715	0,0277	0,0409	3,63	8778
23	4	x211	333	2,51	6,14	54	0,1621	0,0264	0,0269	3,06	1018
	5	x221	764	7,01	6,14	105	0,1373	0,0224	0,0309	2,84	2170
	6	x231	708	8,25	6,14	83	0,1172	0,0191	0,0244	2,36	1672
Tot			32.397	172		4.618			6.301,5		95.046

Fonte: Coleta de dados

A variação de horas de maquinaria utilizada por tonelada e quilômetro percorrido (h.máq./t/km), para os diferentes lotes do QUADRO 1, cujo coeficiente de variação (CV) de 26,7 % em maquinaria, é devido ao sistema de extração, em função de que os tratores com reboque entram nos lotes de reflorestamento, mas encontram situações diferentes.

Os valores unitários de gastos de hora máquina por tonelada extraída por quilômetro rodado levantado no estudo, são semelhantes aos obtidos por (MARTINELLI E MAC DONAGH, 1997) em situações de extração de madeira semelhantes na mesma região.

A quantidade de madeira extraída atingiu 32.397 toneladas, em uma área de colheita anual de 172,31 hectares, a quantidade de horas-homem empregadas foram 6.302 horas, e em maquinaria 4.616 horas, atingindo um valor total de extração de \$ 296.543, equivalente a USD 95.046 para a totalidade da madeira.

A média do valor unitário para extração de madeira é de \$/t 9,15, ou USD/t 2,95; no carregamento de madeira para a situação foram utilizadas 3.570 horas de máquinas e 4.738 horas homem, com um valor de \$/t 7,43 ou USD/t 2,38.

Os equipamentos utilizados foram dois (2) guinchos, quatro (4) tratores, seis (6) reboque e seis (6) operadores. O valor de manutenção dos caminhos por quilômetro atingiu \$/km 111 na rede viária de colheita de 337 quilômetros, utilizada nesse período.

Com os dados unitários de despesas de Mão-de-Obra e Máquina para o Pátio 1, foi avaliada a alternativa de enviar a madeira até o Pátio 2, gerando diferentes distâncias de extração dos lotes.

QUADRO 2: Despesas e custos USD/t pátio 2
(factors of production and costs USD/tn to freight yard 2)

PÁTIO 2											
S.	C	XI	t	ha.	km	MÁQUINA			M.O	USD/t	USD Totais
						h máq.	h/t	h/t /km	h.ho/ t/km		
18	5	x12	1314,9	6,57	4,89	253,7	0,1217	0,0394	0,0503	3,88	5108
	7	x22	1880,3	9,8	5,34	440,8	0,1197	0,0439	0,0570	4,75	8926
	9	x32	1493,4	7,4	5,62	349,9	0,1252	0,0417	0,0651	5,05	7548
19	2	x42	1659,2	7,85	3,79	217,4	0,1452	0,0345	0,0452	2,66	4415
	4	x52	1167,8	6,52	4,49	120,9	0,1130	0,0230	0,0269	2,03	2369
	6	x62	2397,5	12,6	6,62	413,8	0,1064	0,0261	0,0430	3,80	9108
	8	x72	1750,5	8,19	3,90	173,7	0,1097	0,0254	0,0266	1,88	3298
	10	x82	1816,6	5,87	4,06	216,1	0,1310	0,0293	0,0331	2,31	4194
	12	x92	1680,3	7,15	6,72	308,7	0,1143	0,0273	0,0350	3,70	6220
	13	x102	1173,2	5,55	6,53	420,6	0,2191	0,0549	0,0736	7,33	8605
	14	x112	1418,2	8,37	6,39	300,2	0,1276	0,0331	0,0485	4,46	6329
	15	x122	1656,2	7,37	6,46	304,9	0,1117	0,0285	0,0431	3,92	6499
20	5	x132	1733,8	8,63	1,43	67,0	0,1725	0,0270	0,0370	0,80	1381
21	2	x142	1407,0	7,2	3,48	178,1	0,1585	0,0364	0,0567	2,73	3842
	2	x152	1407,0	7,2	4,27	195,8	0,1734	0,0326	0,0464	2,91	4091
	4	x162	1123,5	5,945	3,95	160,9	0,2047	0,0363	0,0448	2,85	3206
	4	x172	1123,5	5,945	3,14	134,7	0,1798	0,0381	0,0536	2,49	2799
22	1	x182	1052,8	6,45	3,38	106,7	0,1900	0,0300	0,0384	2,04	2151
	2	x192	916,8	4,61	1,92	36,6	0,1287	0,0207	0,0298	0,84	766
	3	x202	2419,2	15,32	1,70	113,7	0,1715	0,0277	0,0409	0,99	2405
23	4	x212	333,1	2,51	0,50	4,4	0,1621	0,0264	0,0269	0,25	83
	5	x222	764,5	7,01	0,50	8,5	0,1373	0,0224	0,0309	0,23	177
	6	x232	707,9	8,25	0,50	6,8	0,1172	0,0191	0,0244	0,19	136
TOT			32.397	172,31		4.534		6.254			93.655

Fonte: Coleta de dados.

Para o Pátio 2, a quantidade de madeira extraída e a área de colheita anual são iguais; a quantidade de horas/homem empregadas foram 6.254 horas, e em maquinaria foram 4.534 horas, atingindo um valor total de extração de USD 93.655, a média do valor unitário para extração de madeira é de \$/t 9,01 ou 2,91 USD/t, semelhante ao custo total do QUADRO 1, devido que para cada situação as distâncias até os pátios são compensadas.

Com os valores obtidos para cada situação, Pátio 1 e Pátio 2, foi tentado resolver de duas formas:

1) Um modelo de otimização matemática, onde a formulação do problema se baseia nos setores e lotes para aos quais deve ser enviada a madeira, Pátio 1 ou Pátio 2 minimizando os custos de Extração ”

A formulação matemática está expressa na seguinte equação:

$$\text{Min}Z \sum_{i=1, j=1}^{i=23, j=2} C_{ij} * X_{ij}$$

C_{ij} = Custo em dólares de extração por tonelada (USD/t) do lote i até o pátio j

X_{ij} = Quantidade de toneladas de madeira do lote i até o pátio j

i = Lotes a extrair a partir do 1 até 23

j = Pátios de Descarga 1 ou 2.

No desenvolvimento matemático da função com o objetivo anterior de minimizar os custos de cada lote, até os diferentes pátios, são obtidas quarenta e seis (46) opções de solução, que se formulam:

$$\begin{aligned} &2.45 X_{11} + 3.88 X_{12} + 2.42 X_{21} + 4.75 X_{22} + 2.7 X_{31} + 5.05 X_{32} + 2.95 X_{41} + \\ &2.66 X_{42} + 2.21 X_{51} + 2.03 X_{52} + 2.34 X_{61} + 3.80 X_{62} + 2.08 X_{71} + 1.88 X_{72} + \\ &2.54 X_{81} + 2.31 X_{82} + 2.30 X_{91} + 3.70 X_{92} + 4.48 X_{101} + 7.33 X_{102} + 2.69 X_{111} + \\ &4.46 X_{112} + 2.38 X_{121} + 3.92 X_{122} + 3.56 X_{131} + 0.8 X_{132} + 3.42 X_{141} + 2.73 X_{142} + \\ &3.62 X_{151} + 2.91 X_{152} + 4.08 X_{161} + 2.85 X_{162} + 3.74 X_{171} + 2.49 X_{172} + 3.83 X_{181} + \\ &2.04 X_{182} + 2.7 X_{191} + 0.84 X_{192} + 3.63 X_{201} + 0.99 X_{202} + 3.06 X_{211} + 0.25 X_{212} + \\ &2.84 X_{221} + 0.23 X_{222} + 2.36 X_{231} + 0.19 X_{232} \end{aligned}$$

Com referencia às restrições utilizadas para cada lote, a madeira enviada aos diferentes pátios, um ou dois, deve ser menor ou igual ao total de madeira do QUADRO a fórmula:

$$X_{i1} + X_{i2} \leq T_i$$

X_{i1} = Quantidade de madeira extraída do lote i até o pátio 1

X_{i2} = Quantidade de madeira extraída do lote i até o pátio 2

T_i = Quantidade de madeira total em toneladas existente no lote i

$i = (1 \leq i \leq 23)$

As toneladas existentes nos vinte e três (23) lotes se formulam:

<u>Ti</u>	<u>Total</u>	<u>Ti</u>	<u>Total</u>
1 =	1314.9	13 =	1733.8
2 =	1880.3	14 =	1407
3 =	1493.4	15 =	1407
4 =	1659.2	16 =	1123.5
5 =	1167.8	17 =	1123.5
6 =	2397.5	18 =	1052.8
7 =	1750.5	19 =	916.8
8 =	1816.6	20 =	2419.2
9 =	1680.3	21 =	333.1
10 =	1173.2	22 =	764.5
11 =	1418.2	23 =	707.9
12 =	1656.2		

O resultado de otimização obtido pelo software Lindo 6.1 atinge um valor pelo total da madeira extraída de USD 69.621, determinando o envio de madeira aos diferentes pátios.

2) Da mesma forma se analisar partindo da opção custo-benefício, a seleção de QUADROS até os diferentes pátios é gerada pela mais econômica. Ambas as formas de seleção de lotes podem se configurar da maneira seguinte:

QUADRO 3: madeira até pátio 1 e 2. (word to freight yards 1 and 2)

PÁTIO 1 e 2											
S.	C	X _i	t	ha.	km	MAQUINA			M.O	USD/t	USD Totais
						h máq.	h/t	h/t /km	h ho/ tn/km		
18	5	X ₁₁	1314,94	6,57	3,09	160	0,1217	0,0394	0,05028	2,45	3221
	7	X ₂₁	1880,32	9,8	2,73	225	0,1197	0,0439	0,0570	2,42	4555
	9	X ₃₁	1493,38	7,4	3,00	187	0,1252	0,0417	0,0651	2,70	4033
19	2	X ₄₂	1659,2	7,85	3,79	217,4	0,1452	0,0345	0,0452	2,66	4415
	4	X ₅₂	1167,8	6,52	4,49	120,9	0,1130	0,0230	0,0269	2,03	2369
	6	X ₆₁	2397,52	12,6	4,08	255	0,1064	0,0261	0,0430	2,34	5612
	8	X ₇₂	1750,5	8,19	3,90	173,7	0,1097	0,0254	0,0266	1,88	3298
	10	X ₈₂	1816,6	5,87	4,06	216,1	0,1310	0,0293	0,0331	2,31	4194
	12	X ₉₁	1680,29	7,15	4,18	192	0,1143	0,0273	0,0350	2,30	3869
	13	X ₁₀₁	1173,15	5,55	3,99	257	0,2191	0,0549	0,0736	4,48	5258
	14	X ₁₁₁	1418,23	8,37	3,86	181	0,1276	0,0331	0,0485	2,69	3816
	15	X ₁₂₁	1656,24	7,37	3,92	185	0,1117	0,0285	0,0431	2,38	3943
20	5	X ₁₃₂	1733,8	8,63	1,43	67,0	0,1725	0,0270	0,0370	0,80	1381
21	2	X ₁₄₂	1407,0	7,2	3,48	178,1	0,1585	0,0364	0,0567	2,73	3842
	2	X ₁₅₂	1407,0	7,2	4,27	195,8	0,1734	0,0326	0,0464	2,91	4091
	4	X ₁₆₂	1123,5	5,945	3,95	160,9	0,2047	0,0363	0,0448	2,85	3206
	4	X ₁₇₂	1123,5	5,945	3,14	134,7	0,1798	0,0381	0,0536	2,49	2799
22	1	X ₁₈₂	1052,8	6,45	3,38	106,7	0,1900	0,0300	0,0384	2,04	2151
	2	X ₁₉₂	916,8	4,61	1,92	36,6	0,1287	0,0207	0,0298	0,84	766
	3	X ₂₀₂	2419,2	15,32	1,70	113,7	0,1715	0,0277	0,0409	0,99	2405
23	4	X ₂₁₂	333,1	2,51	0,50	4,4	0,1621	0,0264	0,0269	0,25	83
	5	X ₂₂₂	764,5	7,01	0,50	8,5	0,1373	0,0224	0,0309	0,23	177
	6	X ₂₃₂	707,9	8,25	0,50	6,8	0,1172	0,0191	0,0244	0,19	136
TOT			32.397	172		3.383			4.616		69.621

Fonte: Coleta de dados.

A quantidade de madeira extraída atingiu 32.397 toneladas, numa área de colheita anual de 172,31 hectares, a quantidade de horas-homem empregadas, chega até 4.614 horas, e em maquinaria 3.382 horas, atingindo um valor total de extração de \$ 217.216, equivalente a USD 69.621, a média do valor unitário para extração de madeira é de \$/t 6,71 ou USD/t 2,15, no carregamento foram gastas 3.570 horas de máquinas e 4.738 horas de mão-de-obra, com um valor de \$/t 7,43 ou

USD/t 2,38, os equipamentos propostos são duas guas, três tratores, cinco carretas e cinco operadores; a nova situação colocada dos diferentes destinos da madeira é mostrada na foto 5.

Foto 5: destino a colher. (*parcels of land to be harvested*)



Com a seleção das vinte e três (23) alternativas de extração dos QUADROS até os diferentes pátios, foi incorporado um segundo grupo de restrições de abastecimento mensal, que gera como solução um volume mensal até os diferentes pátios maior que 2500 t/mês, cuja função objetivo é expressa na fórmula:

$$\sum_{i=1, j=1, k=1}^{i=23, j=2, k=12} X_{ijk}$$

X_{ij} = Quantidade de toneladas de madeira do lote i até o pátio j

i = Lotes a extrair desde o 1 até o 23

j = Pátios de Descarga de acordo com a 1º restrição

k = Meses do ano

A expressão matemática pode ser expressa:

$$2.45 X_{11} + 2.42 X_{21} + 2.7 X_{31} + 2.66 X_{42} + 2.03 X_{52} + 2.34 X_{61} + 1.88 X_{72} + \\ 2.31 X_{82} + 2.30 X_{91} + 4.48 X_{101} + 2.69 X_{111} + 2.38 X_{121} + 0.8 X_{132} + 2.73 X_{142} + \\ 2.91 X_{152} + 2.85 X_{162} + 2.49 X_{172} + 2.04 X_{182} + 0.84 X_{192} + 0.99 X_{202} + 0.25 X_{212} + \\ 0.23 X_{222} + 0.19 X_{232}$$

Com as vinte e três (23) opções dos lotes da primeira restrição, aos efeitos de planejar o envio de madeira de forma uniforme, é restringido à madeira mensal enviada aos pátios 1 ou 2, que deve ser superior que 2.699 toneladas e menor que 3.500 toneladas.

$$i = 23, j = 2, k = 12, \quad , 2699 \leq X_{ijk} \leq 3500 \\ \sum_{i=1, j=1, k=1} X_{ijk}$$

A outra restrição é que a soma da madeira enviada desde o QUADRO nos diferentes meses, deve ser igual à quantidade de madeira existente nos lotes selecionados.

Essa nova função objetivo ordena a seqüência dos QUADROS a colher no planejamento anual.

QUADRO 4: seqüência mensal de colheita. (*monthly harvest sequence*)

C.	Planejamento Mensal												Ton
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
x31	694					669						131	1493
x21	1880												1880
x11	125	1190											1315
x91		1509			172								1680
x61			1531			866							2398
x52			1168										1168
x82				1817									1817
x72				882	868								1751
x42					1659								1659
x101						1164							1164
x121							1530					126	1656
x111							1169			249			1418
x142								1407					1407
x132								1292	442				1734
x152									1134	273			1407
x162									1124				1124
x172										1124			1124
x182										1053			1053
x202											2419		2419
x192											280	637	917
x212												333	333
x222												765	765
x232												708	708
t/mês	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	32.388
USD/mês	6.735	6.390	5.953	5.857	6.446	9.051	6.788	4.871	7.525	5.744	2.639	1.580	69.580

A nova distribuição resulta em derivar 19.383 toneladas ao pátio 2, deixando 13.005 toneladas para o pátio 1.

QUADRO 5: distribuição mensal toneladas aos pátios (*monthly tn distribution to freight yards.*)

Destino	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Tot.
Pátio 1	2699	2699	1531		172	2699	2699			249		257	13.005
Pátio 2			1168	2699	2527			2699	2699	2450	2699	2443	19.383

6. CONCLUSÃO

O planejamento de alternativas da extração de madeira gerou uma economia de USD 25.466,22 entre os pesos totais do QUADRO 1, na situação de envio da madeira até o pátio 1 e os totais de dólares do QUADRO 3, da solução de otimização proposta, composta pela menor necessidade de Mão-de-Obra e Maquinaria para transportar a madeira até o pátio de embarque.

A economia chegou às 1.687,61 horas-homem na atividade e 1.235 horas-máquinas nesse período anual, isto resulta em uma diminuição no planejamento anual de equipamentos e pessoal direto na extração de madeira, manutenção e reparos. Os custos unitários de extração variaram de USD/t 2,93 a USD/t 2,15 com uma redução de 27%.

A economia proposta em um unido período de colheita permite a habilitação do Pátio 2 que requer um investimento na canalização do seu percurso de 2.400 metros lineares, próximo aos 24.000 m³ de movimento de terra com um valor de USD 13.462. Este tipo de melhora extraordinária na contabilidade empresarial é amortizado em vários períodos de colheita.

A utilização de modelos matemáticos de otimização e relação custo-benefício tem demonstrado ser ferramentas úteis no planejamento anual da colheita.

A solução gerada determina que em situações de lotes a colher, estejam a mais de 3, 5 quilômetros (mais o comprimento do QUADRO), deve-se avaliar a construção de um novo pátio de embarque, considerando o volume a extrair.

É recomendado em estudos posteriores, incorporar outras restrições para fins que os lotes a colher sejam realizados de forma contínua até a totalidade do volume,

evitando colheitas parciais em diferentes meses, a fim de facilitar a operação de colheita.

7. ANEXOS

- Custo Hora-Máquina
 Metodologia FAO/ECE/KWF
 Trator Agrícola 125 HP.+ Carreta 8 Tn

Parâmetros Utilizados

Valor Atual (vn)		\$	127.122
Valor residual (vr)	20% de Vn	\$	25.424
Vida útil (H)		Hs	10.000
Vida útil (N)		anos	8
Uso anual (hf)		Hs/ano	1.200
Taxa de juro		%/anual	6
Seguro, patente e Imp.	0,0015 * Vn	\$/ano	191
Reparos	Vn* 1/N	\$/ano	15.890
Operador C/social		\$/hs	15,65
MO Manutenção	20% de operador	\$/hs	3,13
Combustível		\$/ano	12.346
Lubrificante filtros	20% de Comb.	\$/ano	2.469

<u>TRATOR 125 HP+ Carreta</u>		\$/hs	
Custo fixo S1	Juros	3,81	3,973
	Seguro	0,159	
Custo Semi-fixo S2	Amort.	10,17	23,41
	Reparos	13,24	
Custo variável S3	Comb.	10,29	12,35
	Lubr.	2,06	
Custo de pessoal S4	Operacional	15,65	18,78
	Manut.	3,13	
Total		\$/hs	58,51

- Custo Hora-Máquina
Metodologia FAO/ECE/KWF

Grua G-63 T1

Trator 100 HP

Parâmetros Utilizados

Valor Atual (vn)		\$	171.562
Valor residual (vr)	20% de Vn	\$	34.312
Vida útil (H)		Hs	10.000
Vida útil (N)		anos	10
Uso anual (hf)		Hs/ano	1.350
Taxa de juros		%/anual	6
Seguro, patente e Imp.	$0,0015 * V n$	\$/ano	257
Reparos	$Vn * 1/N$	\$/ano	17.156
Operador C/social		\$/hs	15,65
MO Manutenção	20% de operador	\$/hs	3,13
Combustível		\$/ano	13.889
Lubrificante filtros	20% de Comb.	\$/ano	2.778

	<u>Grua G-63 T1 Sobre Trator 100HP</u>	\$/hs	
Custo fixo S1	Juros	4,57	4,766
	Seguro	0,191	
Custo Semi-fixo S2	Amort.	13,72	26,43
	Reparos	12,71	
Custo variável S3	Comb.	10,29	12,35
	Lubr.	2,06	
Custo de pessoal S4	Operacional	15,65	18,78
	Manut.	3,13	
Total		\$/hs	62,32

8. REFERÊNCIAS

- BUONGIORNO J. E GILLES J. *Forest management and economics*. Ed. Macmillan, 1987, pag 269
- CHRISTIANSEN J. E H. ANAYA *Aprovechamiento forestal*, ICCA.1986. *Ciência del trabajo*, pag.187
- CONNWAY S. *Logging practices*. San Francisco, 1976 Miller Freeman, pag. 416.
- HAKKILA P.; MALINOVSKI J. E SIREN M. *Feasibility of logging mechanization in Brazilian forest plantations*. Finnish Forest Research Institute. 1992, pag 68.
- KOGER J. *Skidding, trucking, and landing simulation*. 1988. Dept. Of Forest Resources. Mississippi State University.
- MAC DONAGH, P. **Estudos de tempos e custos, equações**.Tese Mestrado, Universidade Federal do Paraná .1994, Brasil.
- MACHADO C. SIBRACEF. **Tese Doctoral**. Universidade Federal do Paraná, 1989. Brasil: pag188
- MALINOSKI, R. **Metodologia de custo-hora para máquinas florestais**. Trabalho apresentado em ocasião do III Curso de Atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal pelo profesor Dr. WILHEM DITTMAR STÖHR, do convênio FREIBURG/ UFPR.
- MALINOSKI, R. MALINOSKI, J. **Programa de computação para simulação e controle de operações de colheita de madeira**, XI Seminário de Atualização

de Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal, pag.152-196, Curitiba, 2000.

- MARTINELLI L., MAC DONAGH P., ***Evaluación de cuatro sistemas de extracción de madera.*** Atas do II Congresso Florestal Argentino e Latino-americano, Posadas. 1997. ISSN 0329-1103
- MINISTERIO DE ECONOMIA, PROV. DE BS. AS. ***Estudio para la formulación de un “Plan estratégico para el desarrollo del Delta Bonaerense”.*** Programa de apoyo a la reforma estatal. Abril 2000.
- MOREIRA M. ***O desenvolvimento da mecanização na exploração florestal sob a ótica dos custos.*** VII Seminário de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal. Curitiba, 1992 Brasil. pag 161-171.
- PRADA E., MARTINELLI L. MACDONAGH P... ***Análisis de disponibilidad y eficiencia de carga mecanizada em Populus sp.*** Atas do II Congresso Florestal e latino-americano. 1997, Posadas, Argentina.
- SEIXAS F. ***Uma metodologia de seleção e dimensionamento da frota de veículos rodoviários para ou transporte principal da madeira.*** Tese doctoral. Escola de Engenharia de São Carlos. 1992 USP. 106 p.
- OLSEN E. E GIBBONS D. ***Predicting skidder productivity: a mobility model.*** 1983 Research bulletin 43. Forest Research lab. Oregon State University.