

OTIMIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO FLORESTAL

ESTUDO DE CASO PARA REFLORESTAMENTOS DE PINUS

Carlos Roberto Sanquetta¹
Neida Maria Patias Volpi²
Celso Camieri³

INTRODUÇÃO

O PROBLEMA TÍPICO DE UM EMPREENDIMENTO FLORESTAL

Visando ser mais objetivo e enfatizando a aplicação da idéia que se pretende apresentar neste trabalho, conceitos mais formais e teóricos do uso de técnicas de otimização florestal serão deixados de lado.

Para melhor ilustrar o modelo de otimização que este trabalho traz considere uma típica empresa do setor de papel e celulose ou até mesmo do setor madeireiro. As atividades de uma empresa que utiliza madeira de Pinus como matéria-prima e seus problemas cruciais de estratégia são resumidos na figura abaixo.

Na maioria dos casos, as empresas possuem seus reflorestamentos nas cercanias da indústria. Os plantios compõem diversas fazendas ou propriedades, que aglutinam projetos, que por sua vez são divididos em talhões de acordo com a conveniência técnica. Adicionalmente, os projetos são implantados com determinadas espécies florestais (por exemplo, *P. taeda* ou *P. elliottii* na região sul), em determinados espaçamentos (por exemplo 2,0 m x 2,5 m ou 2,8 m x 1,7 m). Logicamente que os plantios, à medida que o tempo passa, atingem diferentes idades. Plantações em áreas com diferentes topografias e classes de fertilidade do solo resultam diferentes produtividades, caracterizando os diversos sítios existentes. Em função das variações concorrentes à composição dos diferentes estratos acima mencionados, de suas produtividades e dos objetivos da empresa, estes devem ser manejados de acordo com regimes de manejo mais apropriados (por exemplo: manejo com 2 desbastes e corte final, 1 desbaste e corte final ou apenas corte raso ao final da rotação).

A formação e o manejo de reflorestamentos envolvem custos diversos, que compreendem desde a aquisição de terra para a implantação, passando pelo preparo do terreno, produção/aquisição de mudas, replantio, condução de tratamentos culturais e os custos da administração das florestas. É possível auferir receitas da venda eventual de reflorestamentos a terceiros, mas isso não é prática muito comum de uma empresa verticalizada. Portanto, o departamento florestal de uma empresa geralmente é, muitas vezes, considerado apenas um gerador de custos.

Quando os estratos estão aptos para serem manejados eles começam a produzir formalmente matéria-prima a ser posta no processo produtivo. Formalmente porque, de fato, a floresta já é, em si própria, um produto. A obtenção de madeira a partir de então passa a ter custos significativos com colheita e transporte desta ao local de consumo. Custos de comercialização também ocorrem neste processo. As receitas, por outro lado, decorrem da eventual venda da madeira em pé, da venda da madeira posta na floresta ou da venda da madeira em algum pátio ou entreposto.

Em uma empresa verticalizada, geralmente, a maior parte da madeira é empregada dentro do próprio processo produtivo industrial, sendo apenas o excedente esporadicamente vendido. Os custos adicionais no processo industrial são os inerentes à aquisição da matéria-prima (que se dá às vezes por compras), à produção propriamente dita e à comercialização dos produtos no mercado. As receitas são aquelas advindas da venda dos produtos industrializados.

Há que lembrar que diversos outros custos não podem ser omitidos, como tributos, custos financeiros, entre outros que incidem desde a atividade de reflorestamento até o produto final.

Dentro do prisma deste processo produtivo da atividade florestal dois aspectos, além dos custos, governam o sucesso ou o insucesso do empreendimento, a saber: preços e demandas. Um preço compatível e justo é sempre almejado pelo empresário, porém oscilações de mercado neste particular e também nas demandas determinam alterações entre períodos de saúde financeira satisfatória e outras de

¹ Professor do Departamento de Silvicultura e Manejo da UFPR

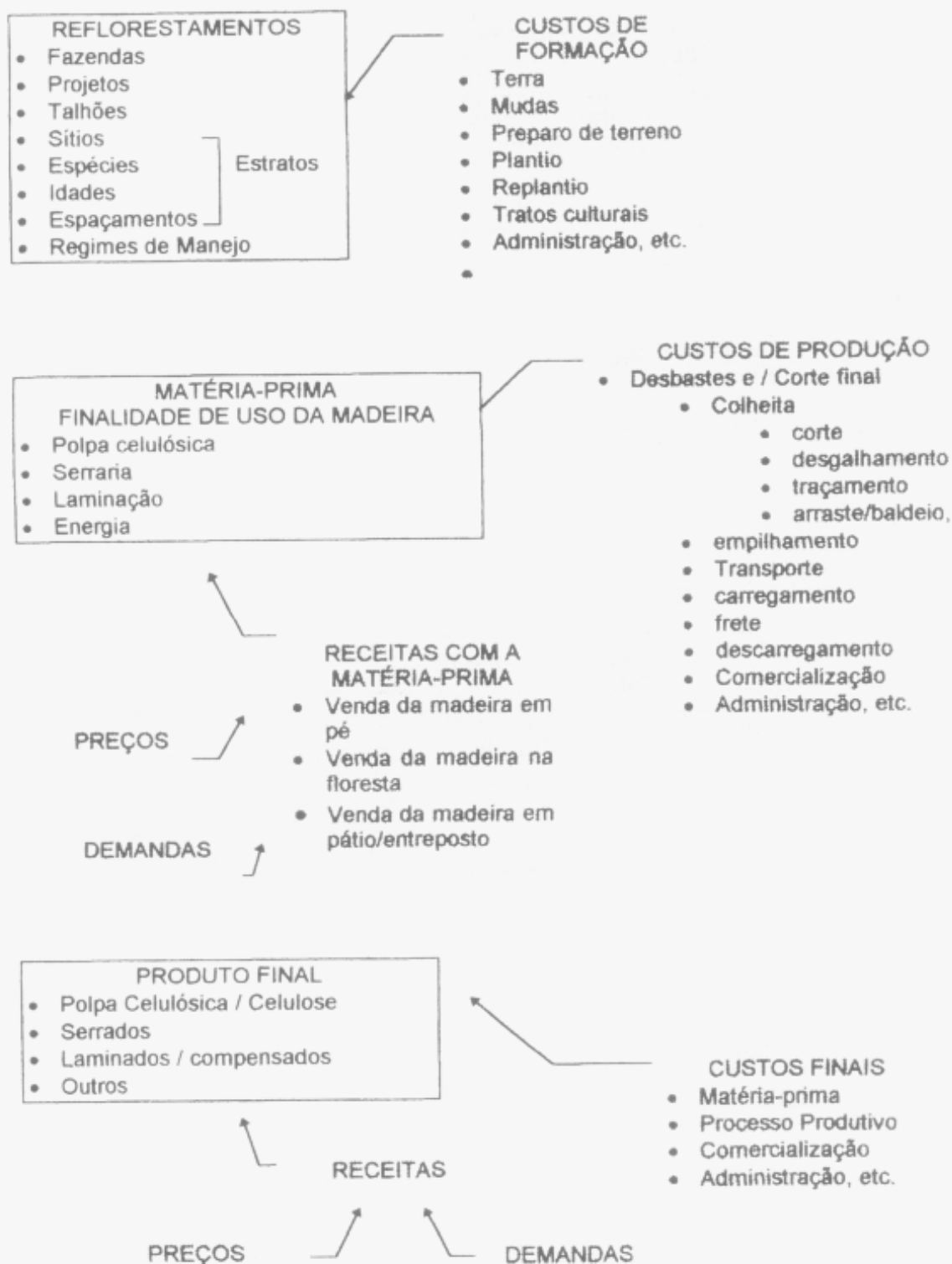
² Professora do Departamento de Matemática da UFPR e Doutoranda no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR

³ Professor do Departamento de Matemática e do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR

contenções e cortes de gastos nas empresas. Muitos empreendimentos florestais na atualidade enfrentam dificuldades sérias devidas a preços ou demandas incompatíveis.

O PROBLEMA CENTRAL: PLANEJAMENTO

A atividade de manejo florestal é *sui generis* e complexa, pois envolve um produto que tem origem biológica e de longo espectro. Os reflorestamentos, com o passar do tempo, crescem e precisam ser ordenados. O mercado, a longo prazo, pode alterar consideravelmente preços e demandas. Os custos inerentes também são suscetíveis a modificações. Planejamento é uma questão fundamental, pois decisões impróprias têm repercussões em escalas físicas e temporais imensas. Portanto, o problema central a ser resolvido é: como manejar florestas de forma competente, considerando a melhor produção volumétrica, a menores custos, a preços satisfatórios e demandas compatíveis com fluxo produtivo da empresa? Para resolver o problema é preciso encarar o manejo florestal dentro de um contexto mercadológico, lançando mão de um planejamento eficiente.



O PROCESSO DECISÓRIO

A questão a ser resolvida é: como manejar os recursos florestais da "melhor forma"? Logicamente que a "melhor forma" é uma questão de critérios e indicadores. Entretanto o que de imediato deveria ser refletido é a respeito de produzir quais produtos a partir da matéria-prima madeira, em quais quantidades e quando. Se estes pontos estivessem decididos talvez os recursos florestais estariam próximos de serem manejados de forma apropriada.

O processo decisório deve se basear fortemente em planejamento, conforme já foi ressaltado anteriormente. Porém, para se decidir corretamente é preciso estabelecer alguns princípios fundamentais, quais sejam:

- É extremamente relevante reconhecer o problema a ser resolvido. Neste caso, parece que o problema já foi bem reconhecido, ou seja, como manejar estratos de *Pinus* de forma a obter os melhores resultados, levando-se em consideração as diferentes produções, os custos envolvidos, os preços de mercado e as demandas.
- É preciso especificar as alternativas para o manejo ser eficiente. As alternativas podem ser definidas basicamente pelos diferentes regimes de manejo a serem adotados em função das condicionantes de produção e de mercado.
- É imprescindível especificar um critério de decisão. Os critérios decisórios podem ser vários, mas os indicadores econômicos têm sido os preferenciais. Assim, indicadores quantificáveis como valor presente ou taxa de retorno são usuais. Vale mencionar que se tomará cada vez importante as questões de sustentabilidade ambiental e social, as quais ainda são pouco consideradas explicitamente na tomada de decisão em empresas florestais, mas que passarão a ter maior importância com as exigências de certificação.
- Deve-se buscar a seleção da estratégia ótima, ou seja, no problema em questão busca-se o melhor conjunto de regimes de manejo a ser adotado considerando condicionantes de produção e de mercado.

A OTIMIZAÇÃO

Grande parte das empresas baseia-se na experiência de seus diretores e gerentes quando busca a seleção da estratégia ótima. Com bom senso e conhecimento da realidade no que diz respeito ao mercado e estruturação da empresa, estes são capazes de indicar claramente os melhores regimes de manejo a adotar nos seus estratos. Contudo, isto nem sempre é possível em função do elevado número de variáveis que afetam a tomada de decisões, o que pode levar a procedimentos errôneos e até perigosos.

As técnicas de pesquisa operacional têm sido aplicadas para auxiliar os responsáveis pela tomada de decisão a encontrar de forma objetiva e analítica a melhor alternativa de manejo, ou seja, a solução ótima do problema.

Existem várias técnicas disponíveis, porém talvez a mais conhecida e utilizada seja a Programação Linear. Este trabalho apresenta um modelo básico de programação linear desenvolvido para otimizar, segundo um critério econômico (Máximo Valor Presente Líquido), a adoção de regimes de manejo em um típico empreendimento florestal.

ESTUDO DE CASO DE REFLORESTAMENTOS DE PINUS

Na literatura encontra-se dois modelos clássicos de planejamento florestal, que usam Programação Linear. Estes modelos são chamados de Modelo I e Modelo II, apresentados na Monografia 18, por Johnson e Scheurman, no *Forest Science*.

Os modelos de Programação Linear (PL) têm as seguintes características:

- Um critério de escolha das variáveis de decisão formado por uma função linear das variáveis, chamada de Função Objetivo, cujo valor deve ser otimizado.
- As relações de interdependência entre as variáveis de decisão se expressam por um conjunto de equações ou inequações lineares, chamadas de restrições do modelo.
- As variáveis de decisão são positivas ou nulas.

Algumas hipóteses simplificadoras são consideradas nos modelos de PL, tais como:

- Os dados usados para formar a Função Objetivo e as restrições são constantes conhecidas.
- As variáveis de decisão podem assumir qualquer valor real, não necessariamente um valor inteiro.

- Assume-se que o lucro de cada atividade é proporcional ao nível de produção. Para atenuar tal situação pode-se considerar intervalos de produção nos quais esta proporcionalidade é verificada.

A principal diferença entre os dois modelos clássicos já citados, está na definição das variáveis de decisão do modelo.

No **Modelo I** procura-se a melhor forma de manejar cada estrato durante o período de planejamento, levando em consideração restrições físicas, econômicas e operacionais com um objetivo definido, que pode ser, por exemplo, de maximização volumétrica de produção ou maximização econômica.

No **Modelo II**, as variáveis de decisão são representadas pelas áreas a serem manejadas, de uma determinada classe de idade.

Neste trabalho serão feitas considerações especificamente ao Modelo I, no qual foi baseado o estudo de caso.

Primeiro consideram-se todas as áreas disponíveis e oferecem-se alguns regimes de manejo. A questão é como manejar tais áreas de forma a otimizar o desempenho do sistema, cujo funcionamento é expresso pelas restrições, segundo algum critério escolhido.

Algumas restrições que podem ser consideradas são:

- Restrições de área plantada: estas restrições são essenciais pois dizem que toda a área manejada não pode ultrapassar o total da área existente.
- Restrições de demanda: estas restrições definem o mínimo que deve ser produzido, de forma que necessidades da empresa sejam atendidas em cada período de planejamento.
- Restrições de orçamento: quando limitações orçamentárias têm que ser atendidas em determinados períodos.
- Restrições de volume produzido de uma determinada espécie.
- Restrições de continuidade de corte de um período para outro: estas restrições evitam deslocamentos de maquinário, mão-de-obra e outros, em uma região, de um período para outro.
- Restrições de compra de algum produto necessário para o funcionamento da empresa.

Os objetivos podem variar de acordo com a política da empresa, tais como:

- Maximizar Objetivos Ambientais (flora, fauna, etc.)
- Maximizar a Produção Volumétrica
- Maximizar o Valor Líquido Presente das Receitas
- Maximizar o Valor Esperado da Terra (VET)

O modelo é então resolvido por algoritmos conhecidos. Muitos programas estão disponíveis no mercado.

Além do valor da Função Objetivo, obtida para todo o período de planejamento, os valores das variáveis de decisão são obtidos, o fluxo de produções e o fluxo de caixa. O plano de cortes é definido.

Uma questão extremamente importante é a de que a qualidade do modelo e a fidedignidade das soluções dependem dos dados disponíveis para formar o modelo. Na área florestal muitos dados são obtidos por amostragem, tais como coeficientes de produção; outros oscilam conforme o mercado varia, como por exemplo, os preços dos produtos considerados no modelo. Os custos de manejo também podem variar de acordo com as técnicas usadas ou mesmo políticas governamentais.

Se o gerente florestal conhece onde existem falhas de informações e de dados, ele deve fazer o máximo para evitá-los através de, por exemplo, uma melhor amostragem dos dados. Alguns riscos não podem ser evitados ou tem um custo muito alto para tal.

Para se ter uma avaliação de como o valor do critério usado no modelo pode variar, quando alguns dados ou informações alteram, foi desenvolvida uma metodologia para ajudar ao planejador florestal sobre as informações, que a princípio, são valores esperados.

Quando é resolvido o modelo de PL, um valor esperado é encontrado para o critério utilizado; por exemplo, o Valor Esperado da Receita Líquida durante o período de planejamento.

Quando algum dado é perturbado controladamente segundo algum cenário, pode-se observar o que acontece nos valores da Função Objetivo através da distribuição das saídas do sistema, e uma análise de risco pode ser feita através do coeficiente de variação destes valores.

Estudo de caso:

Foram considerados 80 estratos de *Pinus taeda*, num total de aproximadamente 15.000 hectares de 4 índices de sítio, 5 regiões de exploração, 2 densidades iniciais de plantio. Três grupos de regimes de manejos foram usados: regimes para polpa (celulose), regimes de madeira para serrados e laminados comuns e regimes para madeira especial podada.

Dez produtos de dois grupos distintos foram considerados, os produtos podados e não-podados.

A função objetivo utilizada foi maximizar o valor líquido presente das receitas.

As restrições consideradas foram:

- restrições de área
- restrições de demandas
- restrições de compra de madeira para processo
- restrições de controle de volume de corte

No estudo de caso considerado, observou-se que:

- Perturbações normais, independente de onde ela ocorreram, sejam nos coeficientes da função objetivo ou na matriz tecnológica, geram saídas normais.
- Dependendo do nível da perturbação usado, descrito pelo coeficiente de variação da distribuição utilizada, as saídas também possuem níveis diferentes.
- Foi observado que perturbações no nível de demandas não altera muito os valores da Função Objetivo se comparado a saída do Modelo Básico.
- Perturbações nos valores dos preços dos produtos considerados, são as que provocam os maiores coeficientes de variação na distribuição dos dados de saída.
- Coeficientes de produção podem gerar valores para FO diferentes do valor obtido no Modelo Básico, se os dados de produção estiverem sujeito a risco, isto é, seus valores não são 100% confiáveis.

A vantagem de se analisar um modelo através de simulações estocásticas é de que em vez de um único valor econômico, que é um valor esperado, recupera-se uma distribuição de valores, ao qual pode-se associar o risco de se obter valores abaixo de um certo nível. É uma ferramenta a mais que pode auxiliar o planejador na tomada de decisões.

Na prática observa-se que se os dados forem confiáveis, as informações do mercado forem estáveis, o valor obtido da Função Objetivo, através do Modelo Básico, apesar de ser um valor esperado, é um valor confiável. Se os riscos não puderem ser evitados, o modelo estocástico oferece uma melhor informação da variabilidade dos valores econômicos e das decisões a serem tomadas.