

Um método para composição e avaliação econômica de regimes de talhadia simples

A method for the creation and economic evaluation of coppice regimes

Silvana Ribeiro Nobre
Luiz Carlos Estraviz Rodriguez

RESUMOS: A talhadia simples é o sistema de regeneração florestal mais usado para manejar os plantios de *Eucalyptus* no Brasil. A escolha, entretanto, do número ideal de rotações que compõe um ciclo de talhadias e as idades ótimas de corte de cada rotação, exige a análise de um grande número de alternativas. A tarefa envolve a geração de todas as possíveis alternativas de manejo para um grande número de povoamentos conduzidos sob diferentes situações e condições de crescimento. Frequentemente, nestes casos, o gestor de recursos florestais se defronta com a necessidade de estimar custos e volumes futuros de produção, obter informação detalhada de cada povoamento florestal, compor diferentes cenários de preços e taxas de juros, considerar idades mínimas e máximas de corte para compor todos os possíveis ciclos de talhadia possíveis e, finalmente, avaliar economicamente cada alternativa de manejo dada a situação inicial de cada unidade de gestão. Este artigo propõe um método de criação e análise econômica de regimes florestais de talhadia simples. A abordagem envolve rotinas de integração com bancos de dados, de geração de ciclos de talhadia e de avaliação econômica de cada alternativa. O resultado final é um método flexível de apoio ao gestor que permite determinar qual o regime ótimo de talhadia para cada povoamento florestal incluído na análise.

PALAVRAS-CHAVE: Talhadia, Análise financeira, Planejamento florestal, Método de avaliação, Gerador de prescrições florestais

ABSTRACT: The coppice regeneration system is the most used method to manage *Eucalyptus* plantations in Brazil. Choosing the ideal number of rotations per production cycle and the respective harvest ages, requires the analysis of a large number of alternatives. The task demands the generation of all possible management alternatives for several forest stands managed under different situations and growing conditions. Very often, in such cases, the manager has to estimate future costs and timber volumes, obtain detailed information of every single stand, design different scenarios varying prices and return rates, consider minimum and maximum ages to combine all possible coppice cycles, and finally evaluate economically each alternative given the initial management situation in each stand. This paper presents a method to create and evaluate alternative coppice regimes. The approach involves a data integration routine, a routine for regimes generation and a routine for the economic analysis. The final result is a flexible supporting method for the determination of the optimum coppice regime to each forest stand included in the analysis.

KEYWORDS: Coppice, Financial analysis, Forest planning, Evaluation method, Forest prescriptions generator

INTRODUÇÃO

A maioria das espécies do gênero *Eucalyptus* usadas em reflorestamentos no Brasil regenera-se vegetativamente após o corte, a partir da brotação das touças. A possibilidade de dois ou mais cortes e os baixos custos de condução da brotação nas rotações que se seguem à de alto fuste, tornam a talhadia bastante interessante do ponto de vista econômico (Ribeiro e Graça, 1996). É importante lembrar que o resultado dessas receitas pode não ser suficiente para compensar os custos de manejo dessas novas rotações e eventuais quedas de produção. Portanto, é de se esperar que exista para cada conjunto de condições de preços, custos, taxas de crescimento em volume e taxa de retorno, um número ideal de rotações e de respectivas idades ótimas.

Stape (1997) resume os principais fatores que podem afetar a produtividade da brotação das cepas e, conseqüentemente, o resultado econômico final: espécie, procedência ou clone; sobrevivência de cepas; altura do corte; sombreamento de cepas; face de exposição do

terreno; formigas cortadeiras; cupins; tipo de solo; época do corte; nível de matocompetição; época e forma de desbrota; danos à cepa e ao solo durante a colheita; déficit hídrico; precipitação e interplântio.

Além dos fatores que afetam a produtividade da brotação, os custos de reforma e manutenções, os preços dos produtos extraídos em cada rotação e a taxa de retorno utilizada nas análises econômicas influenciam a determinação do número de rotações por ciclo e da idade de corte em cada rotação. A definição do melhor regime, dentre todos os possíveis regimes de talhadia simples, exige o uso de programas computacionais especificamente criados para este fim. Esta necessidade deve-se ao grande número de combinações de corte possíveis e ao enorme volume de dados e fatores que influenciam a análise. Este trabalho trata da apresentação do método e das rotinas necessárias para desenvolver adequadamente esses sistemas, denominado *Gerador*.

IMPORTÂNCIA DO PROBLEMA E SUA UTILIDADE EM SISTEMAS DE PLANEJAMENTO FLORESTAL

A disseminação de modelos matemáticos de otimização do planejamento florestal no Brasil tem estimulado o desenvolvimento de programas que automatizem o processo de geração, análise e avaliação de um grande número de regimes alternativos de manejo. Rodriguez (1989a) já apresentava uma primeira versão em Fortran desse tipo de programa para gerar regimes de manejo a serem avaliados em modelos de programação linear.

Na mesma época, um outro sistema que disponibilizou pioneiramente no Brasil geradores de regimes florestais de manejo foi o sistema PlanFlor (Taube Neto, 1989). Este sistema, desenvolvido para computadores de grande porte, e os programas para microcomputadores dis-

tribuídos pelo trabalho cooperativo em planejamento florestal de Rodriguez (1989b), foram os precursores no Brasil do uso de técnicas de otimização e de automação das rotinas de geração e avaliação de regimes de talhadia para eucaliptais.

São muitos os regimes de manejo alternativos para um povoamento florestal, se consideradas todas as possíveis variações em torno da idade com que se podem implementar desbastes ou cortes e quando considerados métodos de regeneração florestal por talhadia. Por exemplo, suponha-se o caso de um ciclo de talhadia simples que permita até três rotações, com cortes entre os 5 e 9 anos de idade em cada rotação. Este caso gera cento e vinte e cinco (5^3)

possíveis ciclos florestais de manejo. Acrescenta-se a possibilidade de, ao longo de um horizonte de planejamento suficientemente longo, combinar diferentes seqüências de ciclos, com uma ou mais rotações cada, e esse número pode alcançar facilmente as várias centenas de combinações. Para o pleno desenvolvimento de um ciclo completo dentro do período de análise recomenda-se que os horizontes de planejamento tenham duração mínima de uma vez e meia o ciclo típico (Clutter et al., 1983).

O processo de geração manual de todas essas alternativas é tedioso e se torna de difícil execução quando é exigida também a avaliação econômica de cada alternativa. O volume de informação necessário é grande e envolve: (i) a prognose de produção para cada rotação, (ii) o controle de diferentes cenários de custos anuais de manejo e (iii) a utilização de fórmulas financeiras que avaliem o fluxo de receitas e custos para diferentes preços e taxas de retorno.

Gerados todos os regimes de manejo possíveis e estimados os respectivos custos e receitas, passa o gestor pela tarefa de ter que definir os objetivos que nortearão a sua decisão. Em geral, o gestor apoia-se na diferença líquida entre receitas e custos para tomar decisões, expressando assim o seu principal objetivo econômico. As alternativas que resultam no maior valor líquido seriam naturalmente as mais atraentes e promissoras.

Na realidade, outras questões também influenciam essa decisão, entre elas, o estabelecimento de cotas anuais relativamente estáveis e superiores a um certo valor mínimo, orientações exigindo a troca de material genético nos povoamentos, existência de limitações operacionais de reforma, plantio, condução de

brotação, colheita etc. A simples seleção dos regimes com maior valor econômico líquido, sem levar em consideração estas questões, cria obviamente planos de manejo distanciados da realidade, ineficientes e ineficazes.

Para que, do ponto de vista econômico, a escolha dos melhores regimes leve em consideração os compromissos produtivos e operacionais, assim como outras restrições, é comum o recurso aos modelos de otimização condicionada oferecidos pelas técnicas de programação matemática. Esses modelos exigem a completa definição dos regimes alternativos de manejo disponíveis para cada unidade de manejo florestal, tornando-se, neste caso, extremamente úteis os sistemas que automatizem essas rotinas. Sistemas de apoio à decisão voltados para os problemas da gestão florestal são normalmente constituídos por três módulos básicos: (i) o gerador de regimes, (ii) o otimizador e (iii) o gerador de relatórios.

O módulo *otimizador* é normalmente um programa comercial capaz de resolver com grande eficiência problemas de programação matemática. O módulo *gerador de relatórios* organiza os resultados com base nas saídas produzidas pelo módulo *otimizador*, na informação usada pelo módulo *gerador de regimes* e em outras informações disponíveis no banco de dados corporativo.

Este trabalho trata das rotinas do módulo *gerador de regimes*. Para isto, aborda os seguintes processos: (i) geração dos regimes alternativos para manejo de cada unidade de gestão, (ii) avaliação econômica de cada regime e (iii) formatação dos dados para que o gestor possa avaliar os resultados ou utilizá-los em outros módulos que dêem continuidade à sua análise.

DEFINIÇÃO E ANÁLISE ECONÔMICA DE REGIMES DE MANEJO

A Tabela 1 mostra a seqüência de etapas necessárias para definir todas as alternativas possíveis de manejo por talhadia, às quais um

conjunto de talhões florestais ou unidades de gestão estão sujeitas. O número final de regimes de talhadia possíveis varia em função do

número mínimo e máximo de rotações permitidas por ciclo ($R_{mín}$ e $R_{máx}$), da idade mínima e máxima de corte em cada rotação ($Imín$ e $Imáx$) e do horizonte de tempo considerado na análise (h). Estas informações são necessárias em qualquer sistema gerador automático de regimes florestais.

Para que o valor terminal da floresta no final do horizonte de planejamento possa ser corretamente calculado é importante que os ciclos de talhadia se completem, mesmo que para isso seja necessário avançar para além do final do horizonte de planejamento. A rotina de geração de regimes de talhadia precisa, portanto, garantir que nenhuma alternativa seja interrompida antes da definição de uma reforma.

Um exemplo ilustrando esta questão é apresentado na Tabela 2. Para a elaboração desse exemplo foram considerados os seguintes valores para os parâmetros iniciais: $h = 14$,

$R_{mín} = 1$, $R_{máx} = 2$, $Imín = 6$ e $Imáx = 7$. A tabela mostra as combinações possíveis entre seqüências de ciclos com uma e duas rotações e primeira intervenção aos 6 anos de idade. Existem mais 28 combinações possíveis e semelhantes a estas, se considerada uma primeira intervenção aos 7 anos de idade. Para os parâmetros usados, podem ocorrer duas ou três intervenções dentro do horizonte de planejamento. Nota-se na Tabela 2 que alguns fluxos se estendem para além do final do horizonte de planejamento (ano 14). O regime 3, por exemplo, não pode ser interrompido no ano 13, pois nesse momento tem início uma segunda rotação que efetivamente conclui o ciclo. Daí a necessidade, neste caso, de estender o ciclo até o ano 19 do horizonte de planejamento.

O método proposto neste trabalho para avaliação econômica dos regimes de manejo segue as recomendações de Clutter et al. (1983).

Tabela 1. Etapas básicas para geração e análise de regimes de talhadia simples.

(Basic steps to generate and analyze coppice regimes)

Etapas	Entradas	Rotina	Saídas
1	Duração do horizonte de planejamento (h), número mínimo e máximo de rotações por ciclo ($R_{mín}$ e $R_{máx}$) e idade mínima e máxima de corte ($Imín$ e $Imáx$)	Geração de todas as seqüências possíveis de manejo, combinando condução (C) e reforma (R), para h , $R_{mín}$, $R_{máx}$, $Imín$ e $Imáx$	Conjunto completo de regimes de manejo
2	Definir para a unidade de gestão: idade (i) e rotação (r) no ano 0, tabela de produção, custos específicos de manejo e colheita, preços dos produtos florestais	Dentre os regimes de manejo possíveis, escolhe para a unidade de gestão aqueles possíveis e cria os respectivos fluxo de receitas e custos	Fluxos de caixa com receitas e custos para cada regime de manejo possível em cada talhão
3	Taxa de juros e fluxos de caixa	Definição do melhor ciclo e inclusão do VET ⁽¹⁾ no final dos fluxos de caixa	Fluxos de caixa uniformizados pela inclusão do VET
4	Fluxos de caixa com VET	Cálculo do valor líquido de cada fluxo de caixa resultante da subtração entre receitas e custos descontados para o valor presente	Regimes definidos e avaliados economicamente

Repetir as etapas 2, 3 e 4 para cada unidade de gestão

(1) Valor Esperado da Terra, isto é, o valor presente da série perpétua constituída pela repetição do melhor ciclo florestal.

Tabela 2. Cenários possíveis combinando seqüências diferentes de ciclos e rotações, para horizontes de 14 anos, considerando ciclos com 1 e 2 rotações, idade mínima de corte aos 6 anos e máxima aos 7 anos, com a condição de que o ciclo sempre se completa e primeira intervenção ocorre aos 6 anos de idade.

(Possible alternatives combining different cycles and rotations sequences, for planning horizons of 14 years, considering cycles with 1 and 2 rotations, minimum harvesting age at 6 and maximum at 7, given the condition that a cycle is always completed and that the first harvest occurs when the plantation is 6 years old)

	Horizonte de planejamento																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	R						R						R									
2	R						R						R									
3	R						R						C					R				
4	R						R						C						R			
5	R						R							C					R			
6	R						R							C						R		
7	R							R						R								
8	R							R						R								
9	R							R						C					R			
10	R							R						C						R		
11	R							R							C					R		
12	R							R							C						R	
13	R						C						R									
14	R						C						R									
15	R							C					R									
16	R							C						R								
17	C						R						R									
18	C						R						R									
19	C						R						C					R				
20	C						R						C						R			
21	C						R							C					R			
22	C						R							C						R		
23	C							R						R								
24	C							R						R								
25	C							R						C					R			
26	C							R						C						R		
27	C							R							C					R		
28	C							R							C						R	

Assim, são considerados todos os custos e receitas decorrentes dos ciclos completos definidos durante os respectivos regimes e o momento final de cada regime, em cada cenário, disponibiliza a área para uma nova seqüência de ciclos. A pressuposição nesse momento é a de que a floresta será doravante manejada de

acordo uma série infinita constituída pelo melhor ciclo florestal de manejo.

Em termos práticos, considera-se como melhor ciclo florestal de manejo (ciclo ótimo) aquele associado ao mais alto valor esperado da terra (VET). O Valor Esperado da Terra resulta da aplicação do princípio de Faustmann (1849)

e calcula o valor presente líquido de uma série infinita formada pela repetição do fluxo de receitas e custos de um mesmo ciclo florestal de manejo. A inclusão da série infinita de ciclos ótimos, após o momento final de cada regime, é realizada através da soma do valor do VET ótimo à última receita considerada para esse regime. Percebe-se, portanto, a razão da necessidade de se completar o ciclo de talhadia, para somente então ser considerada a destinação futura da unidade a um ciclo ótimo único.

A segunda etapa mencionada na Tabela 1 inicia a montagem, para cada unidade de gestão, de todos os fluxos de custos e receitas que serão usados para avaliar os regimes de manejo associados com a unidade. Nessa etapa, nem todos os regimes gerados no início precisam ser considerados, pois muitos se tornam redundantes, dependendo da idade e rotação apresentadas pela unidade de gestão no início do horizonte de análise. Para ilustrar esta situação considera-se, por exemplo, o caso de uma unidade de gestão atualmente em segunda rotação, para a qual são considerados ciclos de no máximo duas rotações. Obviamente, neste caso, podem ser desconsideradas as alternativas que recomendam condução da brotação após o corte da floresta atual.

FÓRMULAS FINANCEIRAS

O objetivo desta seção é apresentar a estratégia de cálculo dos valores presentes líquidos dos regimes alternativos de manejo por talhadia simples. Entretanto, o fato dos fluxos de caixa envolverem diferentes períodos de amadurecimento dos investimentos (a Tabela 2, por exemplo, mostra casos que variam de 13 a 22 anos) impede o uso da tradicional fórmula do VPL (subtração entre receitas e custos descontados a uma taxa de juros para o ano 0). A solução envolve o uso de horizontes infinitos de tempo para todos os fluxos de caixa (Clutter et al., 1983 e Davis e Johnson, 1987).

A terceira etapa dá início aos cálculos financeiros, efetivamente, e exige a explícita consideração de uma taxa de juros. Uma vez definida esta taxa, a rotina de cálculo inclui no fluxo de caixa o valor terminal da floresta. A quarta etapa conclui a avaliação dos regimes de talhadia, calculando o valor presente líquido de cada fluxo. As etapas 2, 3 e 4 são repetidas para todas as unidades de gestão que estiverem sendo consideradas na análise. Os resultados finais são armazenados de acordo com as necessidades do analista.

Em geral, o papel principal de qualquer gerador de regimes, que siga as etapas propostas na Tabela 1, é produzir um arquivo especial que será analisado por outros programas. O software desenvolvido para testar o método proposto neste trabalho, por exemplo, formata os dados para análise em outros sistemas de otimização, prepara uma tabela especial contendo os dados referentes ao regime de talhadia de mais alto valor para cada unidade de gestão e cria um arquivo especial para interação com sistemas de informações geográficas: os dados são armazenados em formato "dbf", permitindo visualização em Sistemas de Informação Geográfica da linha ArcView®, ArcInfo® e ArcExplorer®.

Para que esta estratégia possa ser implementada pressupõe-se que, logo após o término do regime sendo analisado, o povoamento será conduzido através do melhor ciclo de manejo possível (ciclo ótimo). Isto significa dizer que uma série de ciclos idênticos tem início logo após o fim do regime sendo analisado e que o respectivo VET desse ciclo ótimo pode, portanto, ser somado à receita da última intervenção do regime. A seguir, as recomendações são apresentadas com base no trabalho de Rodriguez e Moreira (1989).

Definição do ciclo de talhadia economicamente ótimo

Para efeito de apresentação da fórmula genérica de cálculo do VET para regimes de talhadia simples, considera-se o seguinte fluxo de caixa:

Receitas					ρV_{t_1}				ρV_n
Anos	0	1	2	...	t_1	t_1+1	...	t_n	
Custos	l	m_1	m_2		$m_{t_1} + c_e V_{t_1}$	m_{t_1+1}			$m_{t_n} + c_e V_{t_n}$

onde,

n = número de cortes no regime de talhadia;

t_1 = ano em que ocorre o primeiro corte do regime de talhadia simples;

t_n = ano em que ocorre o último corte do regime de talhadia simples;

l = custo total de implantação do plantio ou reforma;

m_t = custo de manutenção no ano t ($t=1, 2, \dots, t_1, t_1+1, \dots, t_n$);

V_j = volume ou peso de madeira colhida no ano t_j ($j = 1, \dots, n$);

ρ = preço de mercado da unidade do produto da colheita;

c_e = custo de colheita por unidade de volume ou peso.

É muito pouco provável que dois regimes de talhadia diferentes, em termos da duração das rotações que os compõem, resultem no mesmo VET. O que se espera, de fato, é que apenas um regime se destaque dos demais por apresentar VET mais alto.

O cálculo do VET envolve o conceito financeiro de valor presente de uma série periódica perpétua. Forma-se uma série periódica perpétua se todos os custos e receitas forem compostos a uma taxa de juros i até o último ano do fluxo de caixa (t_n), compondo no ano t_n a receita líquida RL_{t_n} e assumindo-se que essa receita líquida passa a ocorrer perpetua e periodicamen-

te. O valor presente de séries deste tipo é calculado através da seguinte expressão:

$$VET = RL_{t_n} [(1+i)^n - 1]^{-1} \quad (1)$$

com $RL_{t_n} = R_{t_n} - C_{t_n}$, ou simplesmente

$$RL_{t_n} = VPL (1+i)^{t_n}$$

onde,

R_{t_n} = soma das receitas capitalizadas a juros i até o ano t_n

C_{t_n} = soma dos custos capitalizados a juros i até o ano t_n

O VET deve ser calculado para todas as combinações possíveis envolvendo regimes de talhadia simples com uma ou mais rotações e diferentes idades de corte em cada rotação. O ciclo de talhadia economicamente ótimo será aquele que resultar no maior VET.

Cálculo do valor presente dos regimes alternativos de talhadia simples

Para o cálculo do valor presente líquido das diferentes alternativas de talhadia simples, o VET do ciclo economicamente ótimo é somado à receita proveniente do corte da última rotação prevista pelo regime. O uso deste artifício torna comparáveis os valores presentes dos regimes analisados.

Como já observado no exemplo apresentado na Tabela 2, a definição do ano de corte da última rotação prevista pelo regime exige o estabelecimento de uma regra. Esta regra irá definir o ano (T) em que se encerra o fluxo de caixa do regime de talhadia para o qual se deseja calcular o valor presente líquido. A regra é a seguinte:

(i) Se o intervalo de tempo entre o corte da última rotação do regime sendo analisado e o final do horizonte de planejamento permitir o corte de

uma primeira rotação do ciclo economicamente ótimo, repete-se mais uma vez o ciclo do regime em questão e à última receita obtida com esse ciclo soma-se o VET do ciclo economicamente ótimo;

(ii) Caso contrário, encerra-se o fluxo de caixa no ano de corte da última rotação do ciclo em questão e soma-se o VET do ciclo economicamente ótimo à receita obtida com esse corte.

A fórmula final para cálculo do valor presente (VP^*) dos regimes de talhadia usada neste método, pode então ser apresentada da seguinte forma:

$$VP^* = R_0 - C_0 + VET (1+i)^{-T}$$

onde,

R_0 = soma das receitas obtidas com a talhadia descontadas a juros i até o ano 0

C_0 = soma dos custos incorridos na talhadia descontados a juros i até o ano 0

VET = valor esperado da terra do ciclo de talhadia economicamente ótimo

T = ano em que se encerra o fluxo de caixa do regime de talhadia para o qual se calcula o VP^* .

ESTRUTURA LÓGICA BÁSICA DO BANCO DE DADOS USADO PELO MÉTODO GERADOR

O banco de dados sugerido para implementação do método proposto neste trabalho tem estrutura relacional. A lógica de relacionamento é apresentada na Figura 1. A principal entidade no banco é a tabela Unidade_Gestão, identificando os povoamentos (talhões) que fazem parte da análise. Nessa tabela encontram-se informações como área, rotação e idade, tomando como referência o ano

zero do horizonte de planejamento, um indicador de qualidade como índice de sítio e um identificador do material genético plantado. Nessa tabela são armazenados pelo Gerador o valor do VET do ciclo de talhadia economicamente ótimo e a duração da primeira rotação desse ciclo (informação utilizada pela regra citada na seção anterior).

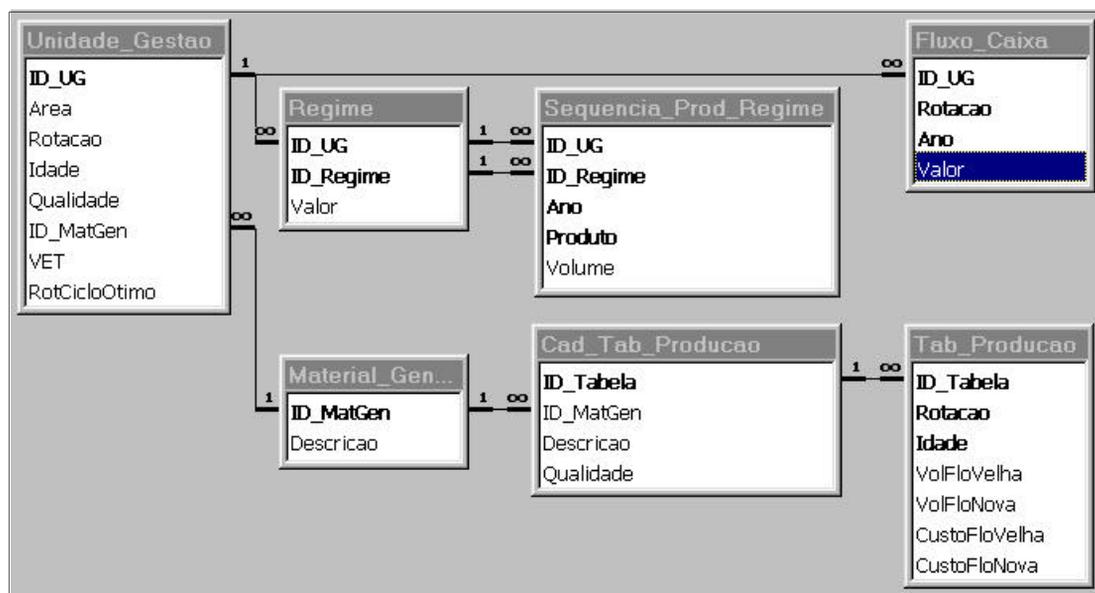


Figura 1. Estrutura lógica de relacionamento dos dados usados no método Gerador

(Logical relational structure of the data bank used by the “Gerador” method)

A tabela **Fluxo_Caixa** armazena informações sobre os custos que compõem o fluxo de caixa típico das operações silviculturais em um povoamento florestal. Estes dados são necessários para compor os fluxos de caixa dos diversos regimes de talhadia que serão analisados. Desta forma, seria correto associar com o ano 0 da rotação 1, o custo de reforma ou implantação; com o primeiro ano da rotação 1, o custo da primeira manutenção; com o segundo ano da rotação 2, o custo de desbrota e assim por diante.

As tabelas **Regime** e **Seq_Prod_Regime** são usadas pelo *Gerador* para armazenar os resultados da avaliação de cada regime de talhadia,

isto é, a seqüência de volumes e respectivo valor presente. O conjunto de tabelas **Material Genético**, **Cad_Tab_Producao** e **Tab_Producao** armazena as estimativas de produção para diferentes idades e rotações por material genético, índice de sítio e tipo de floresta (floresta atual e floresta futura após reforma).

A estrutura relacional das tabelas apresentada na Figura 1 foi desenhada para se adaptar às mais diferentes situações de manejo por sistemas de talhadia simples. Essas tabelas podem ser facilmente alimentadas por rotinas geradoras de estimativas de produção e de cálculo de custos de manejo, assim como podem ser manualmente editadas quando necessário.

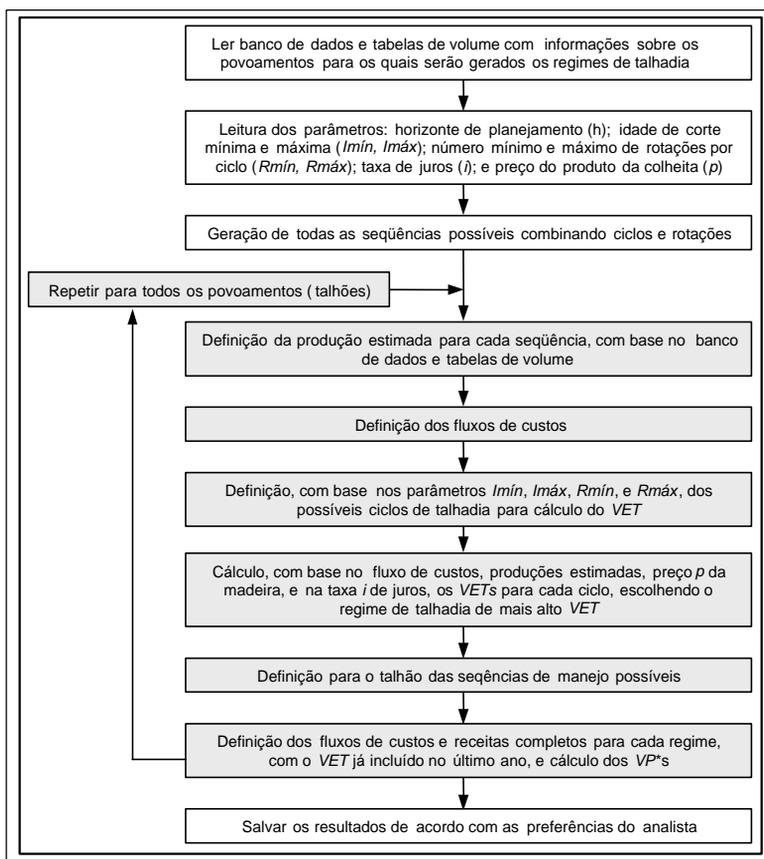


Figura 2. Fluxograma simplificado das rotinas básicas do método *Gerador* para avaliação de regimes de talhadia simples.

(Simplified model depicting basic routines to evaluate coppice regimes in the "Gerador" method)

O método *Gerador* pode ser implementado a partir de rotinas modulares. As principais rotinas dessa constituição modular são apresentadas no fluxograma da Figura 2. As rotinas sombreadas indicam as etapas que se repetem para cada povoamento ou talhão no banco de dados. O software desenvolvido para testar o método proposto neste trabalho foi escrito e compilado

em Delphi®, gerando código executável para sistemas operacionais MS Windows 95, 98 e NT. Esta plataforma de desenvolvimento permite a criação simplificada de sistemas capazes de interagir com diferentes estruturas de bancos de dados e a manutenção da modularidade inicial proposta para o programa.

EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO GERADOR

O objetivo desta seção é ilustrar a seqüência de operações implementada pelo método *Gerador* de avaliação de regimes florestais de talhadia. Como estudo de caso utiliza-se o exemplo da Fazenda Modelo apresentado por Rodriguez (1999). A Tabela 3 apresenta as 32 unidades de gestão que constituem essa fazenda, assim como a rotação, índice de sítio, código de material genético, área, idade e código identificador da tabela de produção para cada unidade de gestão.

Os dados apresentados na Tabela 3 precisam ser inseridos no banco de dados (vide Figura 1) e podem ser editados e analisados em telas como as mostradas na Figura 3. A implementação desenvolvida para testar o método *Gerador* permite a entrada de dados diretamente nas tabelas do próprio software, ou através de dois mecanismos de importação de dados: (i) importação de dados formatados em arquivo texto e separados por vírgulas (*.csv) ou (ii) importação de dados do sistema *Inflor*, uma

proposta de estruturação de tabelas *Access* (*.mdb) para armazenamento de dados florestais (Rodrigues, 1999 e Miragaia et al., 1999).

A unidade de gestão 107 da Fazenda Modelo na Figura 3 que aparece em destaque está em segunda rotação, apresenta índice de sítio 32 e material genético identificado com o código 2. Possui uma área de 17,45 ha e idade de 6 anos. O sistema permite a definição de duas tabelas de produção diferentes por unidade de gestão, para permitir a consideração de povoamentos mais produtivos após reforma. Os códigos zero (0) ou um (1) na coluna mais à direita indicam a tabela de produção que deve ser usada para estimar a produção da floresta atual.

O método *Gerador* de avaliação de regimes de manejo exige que todos os custos sejam perfeitamente definidos. Para cumprir com esta tarefa o sistema agrupa os custos florestais em duas categorias: (i) custos de manejo anuais por hectare e (ii) custos de colheita por unidade de volume. Cada unidade de gestão apresenta os

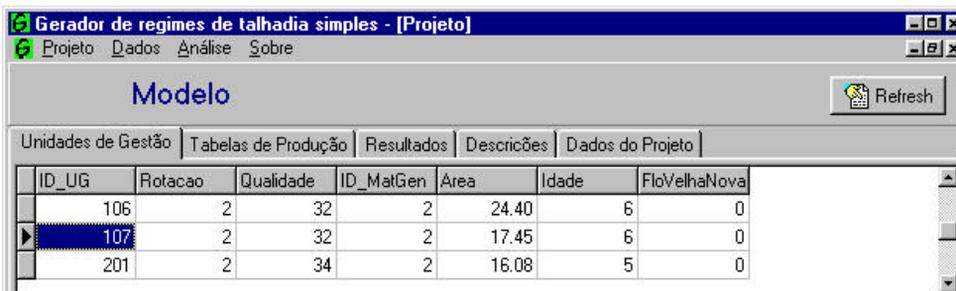


Figura 3. Tela de caracterização das unidades de gestão do sistema *Gerador*.

(Window of the “Gerador” program to characterize the forest management units)

Tabela 3. Caracterização das unidades de gestão da Fazenda Modelo.

("Modelo" farm forest management units)

UG	Rotação	Sítio	Material	Área	Idade	Tabela
			Genético	Produção		
101	2	32	2	19.44	6	0
102	2	32	2	23.5	6	0
103	2	32	2	23.53	6	0
104	2	32	2	19.45	6	0
105	2	32	2	20.13	6	0
106	2	32	2	24.4	6	0
107	2	32	2	17.45	6	0
201	2	34	2	16.08	5	0
202	2	34	2	7.55	5	0
203	2	34	2	15.64	5	0
204	2	34	2	13.66	5	0
205	2	34	2	3.78	5	0
206	2	34	2	15.52	5	0
301	1	30	2	17.42	1	0
302	1	30	2	23.56	1	0
303	1	30	2	13.13	1	0
401	1	24	1	15.03	5	0
402	1	24	1	15.6	5	0
403	1	24	1	19.59	5	0
404	1	24	1	27.48	5	0
501	2	30	1	14.6	3	0
502	2	30	1	14.6	3	0
503	2	30	1	11.65	3	0
504	2	30	1	7.68	3	0
505	2	30	1	11.85	3	0
506	2	30	1	11.58	3	0
601	2	28	2	11.65	4	0
602	2	28	2	7.8	4	0
603	2	28	2	11.65	4	0
604	2	28	2	11.69	4	0
605	2	28	2	14.55	4	0
606	2	28	2	14.63	4	0

Tabela 4. Custos anuais de manejo nas unidades de gestão número 107 e 303.

(Annual management costs of forest management units number 107 and 303)

UG	Rotação	Ano	Custo	UG	Rotação	Ano	Custo
107	1	0	884.00	303	1	0	974.00
107	1	1	375.00	303	1	1	384.00
107	1	2	255.00	303	1	2	248.00
107	1	3	127.00	303	1	3	127.00
107	1	4	23.00	303	1	4	29.00
107	1	99	102.00	303	1	99	97.00
107	2	1	142.00	303	2	1	135.00
107	2	2	246.00	303	2	2	234.00
107	2	3	83.00	303	2	3	95.00
107	2	4	20.00	303	2	4	20.00
107	2	99	82.00	303	2	99	82.00
107	3	1	130.00	303	3	1	114.00
107	3	2	234.00	303	3	2	231.00
107	3	3	84.00	303	3	3	58.00
107	3	4	23.00	303	3	4	20.00
107	3	99	0.00	303	3	99	0.00

seus próprios custos anuais de manejo e é desta forma que o sistema armazena essa informação. Por exemplo, os custos anuais de manejo das unidades de gestão 107 e 303 são apresentados na Tabela 4.

A Figura 4 exibe a tela de entrada de dados do sistema onde são digitados e editados os valores de custo anual de manejo para cada unidade de gestão. Nota-se que na parte superior da tela encontra-se destacada a unidade de gestão 107, e é para essa unidade que o sistema oferece os campos para entrada de dados na parte inferior da tela.

No exemplo apresentado na Tabela 4 e Figura 4, os custos anuais de manejo associados com a unidade 107 são os de implantação / reforma no ano zero da primeira rotação (R\$ 884,00) e os de manutenção, nos anos 1, 2, 3 e 4. O código 99 na coluna *Ano* indica a entrada de um último valor de custo para a primeira rotação e permite registrar o total gasto com manejo no ano de corte. Durante o processo de análise de fluxos de caixa para diferentes ciclos de mane-

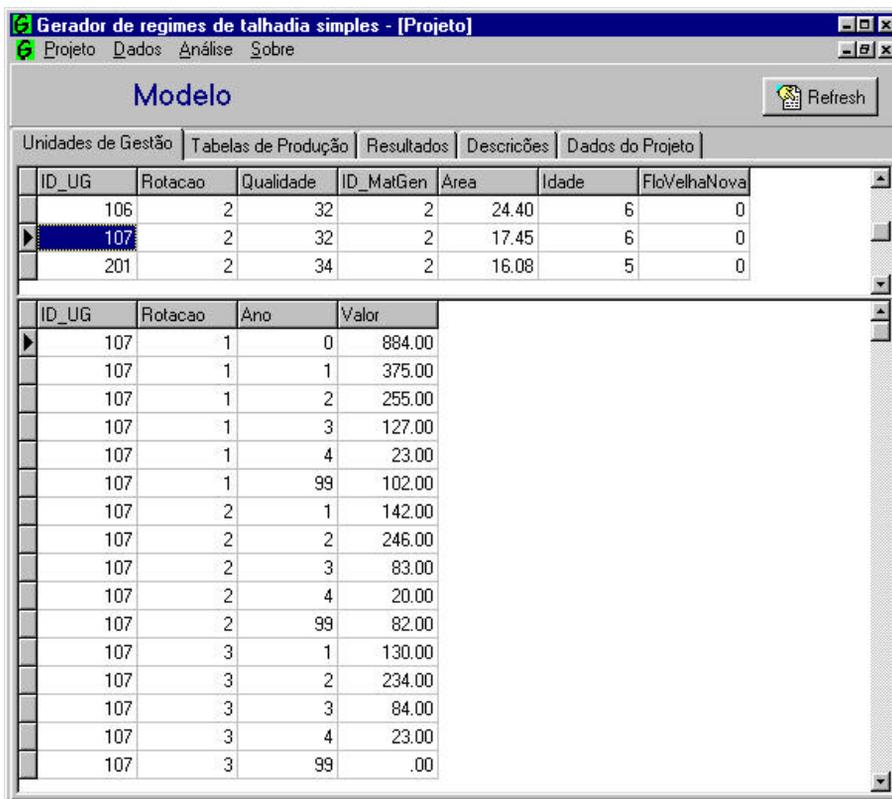
jo, o *Gerador* repete o último custo anual lançado antes do código 99 até o ano anterior ao corte. Considerando os valores apresentados na Figura 3, por exemplo, e uma primeira rotação com 7 anos, o custo do ano 4 (R\$ 23,00) seria repetido para os anos 5 e 6. De forma semelhante são tabulados os custos da segunda e terceira rotações.

O método *Gerador* avalia economicamente diferentes regimes de talhadia e precisa considerar a variação na produção para diferentes idades de corte. Basicamente, o sistema considera que a produção volumétrica em cada unidade de gestão é função do sítio e do material genético utilizado. Desta forma, permite que diferentes tabelas de produção sejam definidas e associadas com as unidades de gestão. O sistema considera também a possibilidade do manejo envolver diferentes produtos, por exemplo,

madeira para energia, para produção de celulose e para serraria.

A Tabela 5 apresenta os dados de produção volumétrica da Fazenda Modelo e custos de colheita para o material genético de código 2 (*Eucalyptus grandis*) plantado em sítio 32. Nessa tabela são apresentadas produções para primeira, segunda e terceira rotações e para idades entre seis e dez anos, assim como o custo de colheita por unidade de volume. A questão de inclusão ou não de outros custos nesses valores, como o custo de transporte, dependerá do tipo de avaliação desejada.

A Figura 5 apresenta a tela de digitação e edição de novas tabelas de volume e de custos de colheita do método *Gerador*. Como já ressaltado, nota-se que o sistema permite armazenar esses dados, associando-os com um determinado material genético e sítio.



ID_UG	Rotacao	Qualidade	ID_MatGen	Área	Idade	FloVelhaNova
106	2	32	2	24.40	6	0
107	2	32	2	17.45	6	0
201	2	34	2	16.08	5	0

ID_UG	Rotacao	Ano	Valor
107	1	0	884.00
107	1	1	375.00
107	1	2	255.00
107	1	3	127.00
107	1	4	23.00
107	1	99	102.00
107	2	1	142.00
107	2	2	246.00
107	2	3	83.00
107	2	4	20.00
107	2	99	82.00
107	3	1	130.00
107	3	2	234.00
107	3	3	84.00
107	3	4	23.00
107	3	99	.00

Figura 4. Tela de edição de custos anuais de manejo.

(Window to edit annual management costs)

ID_Tabela	Descrição	Qualidade	ID_MatGen
4	Eucalyptus grandis em sitio 30	30	2
5	Eucalyptus grandis em sitio 32	32	2
6	Eucalyptus grandis em sitio 34	34	2

Produto	Rotacao	Idade	VolFloVelha	VolFloNova	CustoFloVelha	CustoFloNova
1	1	6	354.00	354.00	7.13	7.13
1	1	7	421.00	421.00	6.96	6.96
1	1	8	479.00	479.00	6.83	6.83
1	1	9	527.00	527.00	6.73	6.73
1	1	10	566.00	566.00	6.66	6.66
1	2	6	323.00	323.00	7.22	7.22
1	2	7	378.00	378.00	7.07	7.07
1	2	8	425.00	425.00	6.95	6.95
1	2	9	464.00	464.00	6.86	6.86
1	2	10	496.00	496.00	6.79	6.79
1	3	6	291.00	291.00	7.33	7.33
1	3	7	340.00	340.00	7.17	7.17
1	3	8	382.00	382.00	7.05	7.05
1	3	9	417.00	417.00	6.97	6.97
1	3	10	446.00	446.00	6.90	6.90

Figura 5. Tela de edição da tabela de produção e custos de colheita.

(Window to edit the production and harvest costs table)

Tabela 5. Estimativas de produção e de custo de colheita por unidade de volume para *E. grandis* em sitio 32 na Fazenda Modelo.

(Production volumes and harvest costs estimated for *E. grandis* planted in forest management units with site index 32 in "Modelo" Farm)

Produto	Rotação	Idade	Volume	Custo
1	1	6	354	7.13
1	1	7	421	6.96
1	1	8	479	6.83
1	1	9	527	6.73
1	1	10	566	6.66
1	2	6	323	7.22
1	2	7	378	7.07
1	2	8	425	6.95
1	2	9	464	6.86
1	2	10	496	6.79
1	3	6	291	7.33
1	3	7	340	7.17
1	3	8	382	7.05
1	3	9	417	6.97
1	3	10	446	6.90

No caso do exemplo apresentado na Figura 5, na parte superior da tela, os dados são descritos como sendo de "*Eucalyptus grandis* em sitio 32" e aparecem associados com o sitio 32 no campo *Qualidade* e código 2 de material genético no campo *ID_MatGen*. A parte inferior da tela exibe os dados apresentados na Tabela 5. Os valores de produção aparecem duplicados, pois a produção da floresta atual não difere da produção esperada para a floresta futura após reforma. As duas últimas colunas definem os custos de colheita por unidade de volume para cada produção especificada nas colunas anteriores.

Os dados apresentados resumem a informação básica para construção dos fluxos de caixa necessários para as análises econômicas implementadas pelo método *Gerador*. Neste momento o sistema dispõe da informação mínima para iniciar o processo de cálculo. A primeira fase envolve a determinação do ciclo ótimo em cada unidade de gestão e o armazenamento do respectivo VET ótimo. Esta tarefa é

implementada através da opção *Análise | Avalia Ciclos (VET)* no menu principal, que exige a definição de alguns parâmetros. Por exemplo, os valores para idade mínima = 5, idade máxima = 9, rotações mínima = 1 e rotações máxima = 3, faz o método *Gerador* gerar 155 ciclos de talhadia possíveis (5 ciclos de uma rotação, 25 ciclos de duas rotações e 125 ciclos de 3 rotações). Se usada, por exemplo, uma taxa de retorno de 6% e um preço de venda R\$18,00 para cada unidade de volume produzida, o sistema procede aos cálculos necessários para escolha do melhor ciclo de acordo com o maior valor de VET e armazena este valor para uso na fase seguinte de avaliação.

A próxima fase exige a definição do horizonte de análise e dos regimes que serão efetivamente avaliados em cada unidade de gestão. Esta tarefa é implementada através da opção *Análise | Gera Regimes* no menu principal, que exige também a definição de alguns parâmetros. Por exemplo, os valores 14 para horizonte de planejamento, 6 para idade mínima de corte, 7 para idade máxima, 1 para número mínimo de rotações e 2 para número máximo, gera 56 regimes alternativos (vide Tabela 4, para análise dos 28 regimes deste caso que cortam aos 6 anos de idade na primeira rotação).

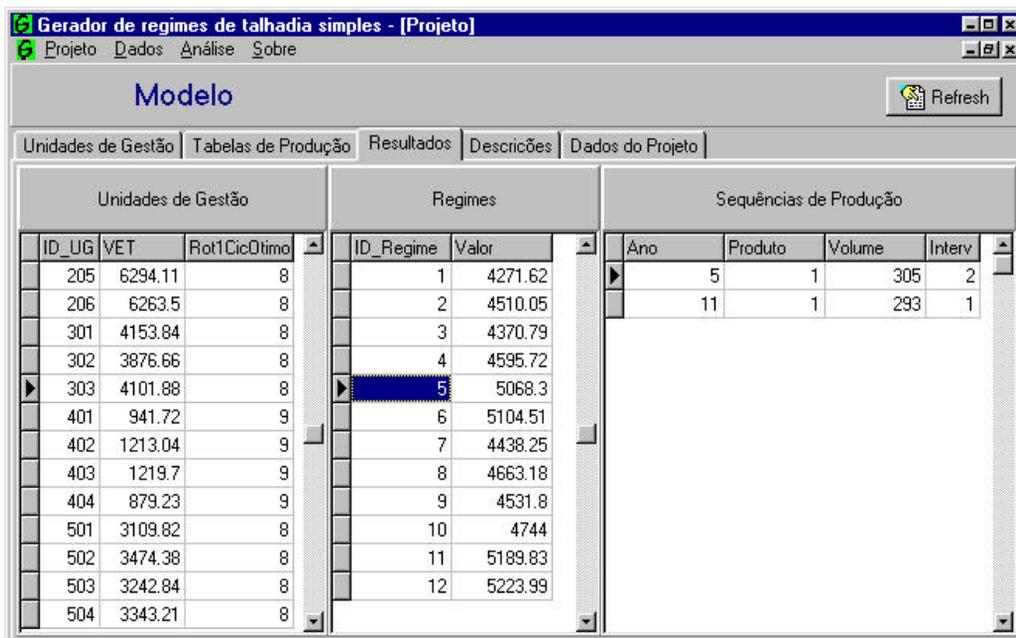
O método *Gerador* pode então executar a última e mais importante fase. Nesta fase o sistema tenta aplicar cada um dos 56 regimes gerados à realidade de cada uma das unidades de gestão. Esta tarefa é implementada através da opção *Análise | Avalia Regimes (VP)* no menu principal. O resultado pode ser analisado em telas como as exibidas na Figura 6.

A Figura 6 mostra o cursor na tabela à esquerda apontando para a unidade de gestão número 303. O VET e a duração da primeira rotação do ciclo ótimo calculados na fase anterior para cada unidade de manejo são exibidos nessa tabela. A tela central exibe o valor presente

líquido dos doze regimes de manejo possíveis de serem implementados, dentre os 56 iniciais. A tela à direita resume informação importante sobre o regime em destaque na tela central. O caso ilustrado na Figura 6 mostra que o regime de manejo 5, se aplicado na unidade de gestão 303, prevê cortes para o produto 1 nos anos 5 e 11 do horizonte de análise. As estimativas de produção nesses anos são de 305 e 293 unidades de volume, respectivamente. A coluna *Interv* identifica através dos códigos 1 e 2 o início ou não de um novo ciclo. O regime de manejo ilustrado no exemplo indica que a unidade de manejo deve ser reformada após a colheita no ano 11 (o código 1 representa o início de um novo ciclo).

O método *Gerador* disponibiliza as informações ilustradas na Figura 6 para todas as unidades de gestão consideradas na análise. A utilidade do método e do sistema *Gerador* é grande quando aplicado em situações envolvendo centenas de unidades de manejo, longos horizontes de análise e dezenas de regimes de manejo em cada unidade. O gestor florestal não consegue analisar economicamente um grande número de regimes alternativos de manejo em situações reais, para diferentes taxas de juros e cenários de preço, sem o auxílio de um método ou sistema que o apoie nessa tarefa.

A contribuição do método *Gerador* fica evidente nessas situações e aumenta ainda mais, se utilizado em conjunto com sistemas otimizadores que incorporam restrições operacionais e de produção anuais para seleção do melhor regime de manejo por unidade florestal de gestão. O sistema *Gerador* implementa esta operação integrando-se ao método heurístico desenvolvido por Rodriguez e McTague (1997) e a outras técnicas de otimização matemática, através da opção *Análise | Exporta para Forex*.



Unidades de Gestão				Regimes		Sequências de Produção			
ID_UG	VET	Rot1CicOtim		ID_Regime	Valor	Ano	Produto	Volume	Interv
205	6294.11	8		1	4271.62	5	1	305	2
206	6263.5	8		2	4510.05	11	1	293	1
301	4153.84	8		3	4370.79				
302	3876.66	8		4	4595.72				
303	4101.88	8		5	5068.3				
401	941.72	9		6	5104.51				
402	1213.04	9		7	4438.25				
403	1219.7	9		8	4663.18				
404	879.23	9		9	4531.8				
501	3109.82	8		10	4744				
502	3474.38	8		11	5189.83				
503	3242.84	8		12	5223.99				
504	3343.21	8							

Figura 6. Tela de resultados do método *Gerador*.

(Window of the “Gerador” program presenting the results)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método *Gerador* facilita a análise de um grande número de informações e pode ser usado como uma flexível ferramenta de análise durante a avaliação de regimes alternativos de talhadia simples. O método encontra-se sob

processo contínuo de atualização e uma implementação básica da versão mais recente pode ser encontrada na internet no seguinte endereço: <http://www.ciagri.usp.br/~lcer/Gerador>.

AUTORES E AGRADECIMENTOS

SILVANA RIBEIRO NOBRE é Mestre em Administração e em Manejo Florestal, e diretora de sistemas da Athena Recursos Naturais. E-mail: snobre@hotmail.com

LUIZ CARLOS ESTRAVIZ RODRIGUEZ é Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP – Caixa Postal 9 –

13400-970 – Piracicaba, SP - Brasil. E-mail: lcer@esalq.usp.br

Este trabalho contou com o apoio do CNPq no Brasil e do ICCTI de Portugal, no âmbito do projeto “Programa Brasil-Portugal para a Consolidação de um Sistema de Apoio à Decisão em Recursos Florestais” (Proc. no. 910152/97-7) e da FAPESP, através do projeto 99/07262-1.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLUTTER, J.L. et al. **Timber management: a quantitative approach**. New York: John Wiley, 1983. 351p.
- DAVIS, L.S.; JOHNSON, K.N. **Forest management**. New York: McGraw-Hill, 1987. 790p.
- FAUSTMANN, M. On the determination of the value which forest land and immature stands pose for forestry. In: Gane, M., ed. **Martin Faustmann and the evolution of discounted cash flow**. Oxford: Oxford Institute, 1849. 54p. (Paper 42).
- MIRAGAIA, C.; BORGES, J.G.; RODRIGUES, F.A.; RODRIGUEZ, L.C.E. Uma aplicação do sistema InFlor na gestão de dados florestais. **Circular técnica IPEF**, n.190, p.1-6, 1999.
- RIBEIRO, C.A.A.S.; GRAÇA, L.R. Manejo por talhadia: estabelecimento das idades ótimas de corte. **Revista árvore**, v.20, n.1, p.29-36, 1996.
- RODRIGUES, F.A. **Criação de um sistema de planejamento para a Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga: relatório de estágio profissionalizante**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1999.
- RODRIGUEZ, L.C.E. **Gerador: um programa para obtenção de matriz de gerenciamento florestal**. Piracicaba: IPEF, 1989a. 11p.
- RODRIGUEZ, L.C.E. **Programa cooperativo em planejamento florestal: relatório técnico final – março / 1988 – março / 1989**. Piracicaba: IPEF, 1989b. 250p.
- RODRIGUEZ, L.C.E. **Técnicas quantitativas para gestão de florestas plantadas**. Piracicaba, 1999. 120p. Tese (Livre-Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo
- RODRIGUEZ, L.C.E.; MCTAGUE, J.P. Integer solutions for model I harvest scheduling LP problems: testing the R-ratio heuristic. **USDA. FS. NC general technical report**, n.205, p.453-459, 1997.
- RODRIGUEZ, L.C.E.; MOREIRA, R.M. Gerenciamento de florestas de *Eucalyptus* com modelos de programação linear. **Série técnica IPEF**, v.6, n.19, p.1-15, 1989.
- STAPE, J.L. Planejamento global e normatização de procedimentos operacionais da talhadia simples em *Eucalyptus*. **Série técnica IPEF**, v.11, n.30, p.51-62, 1997.
- TAUBE NETO, M. **Planflor: Sistema de Planejamento Florestal Otimizado**. Campinas: SOMA Sistemas, Otimização e Matemática S.A., 1989.