

MANOEL DA SILVEIRA BRUM NETO

**ANÁLISE ECONÔMICA DO MANEJO SUSTENTÁVEL DE
REFLORESTAMENTOS MISTOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2001

MANOEL DA SILVEIRA BRUM NETO

**ANÁLISE ECONÔMICA DO MANEJO SUSTENTÁVEL DE
REFLORESTAMENTOS MISTOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de julho de 2001.

Prof. Helio Garcia Leite
(Conselheiro)

Prof. Heleno do Nascimento Santos
(Conselheiro)

Prof. Vicente Paulo Soares

Prof. Sebastião Venâncio Martins

Prof. Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro
(Orientador)

À minha mãe.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade de realização do Curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais e à Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro, pela paciência, pelo apoio, pela amizade e pela orientação.

Aos professores conselheiros Helio Garcia Leite e Heleno do Nascimento Santos, pelo auxílio, pela compreensão, pelo incentivo e pela amizade.

Aos professores Vicente Paulo Soares e Sebastião Venâncio Martins, por participarem do comitê de defesa e pelas enriquecedoras contribuições.

Aos colegas de curso, pelo convívio e pela amizade.

A todos que, mesmo sem saber ou querer, contribuíram para o sucesso dessa importante fase da minha vida.

BIOGRAFIA

MANOEL DA SILVEIRA BRUM NETO, filho de Antônio Marcos de Miranda Brum e Isabel Cristina Amaro Costa Brum, nasceu em 9 de dezembro de 1974, em Tombos, Minas Gerais.

Em 1993, ingressou na Universidade Federal de Viçosa, no curso de Engenharia Florestal, graduando-se em dezembro de 1997.

Em 1998, iniciou na Universidade Federal de Viçosa o Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, em nível de mestrado, defendendo tese em julho de 2001.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	iv
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos	4
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
3. METODOLOGIA	9
3.1. Receita líquida anual de um reflorestamento misto regulado	15
3.2. Valor esperado do solo para reflorestamento misto regulado	17
3.3. Estabelecimento das condições de otimalidade para a rotação econômica de cada espécie de um reflorestamento misto de produção sustentável	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1. Interpretação das condições de otimalidade à luz da análise marginal	24
5. CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

RESUMO

BRUM NETO, Manoel da Silveira, M.S. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2001. **Análise econômica do manejo sustentável de reflorestamentos mistos.** Orientador: Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro. Conselheiros: Helio Garcia Leite e Heleno do Nascimento Santos.

A atratividade econômica dos reflorestamentos mistos de exploração regulada requer uma revisão conceitual. No presente estudo procedeu-se à caracterização e à análise marginal das condições de otimalidade de reflorestamentos mistos de produção sustentável, bem como à determinação do seu valor econômico. Concluiu-se que é vantajoso adiar o corte das árvores da *i*-ésima espécie da lista, enquanto *o produto da receita marginal* de se esperar mais um ano for maior que *o custo marginal dos insumos* (terra, estoque de árvores e manutenção) incorrido nesse período extra. Um estudo de caso é usado para comprovar que a regulação florestal é economicamente inferior ao manejo de florestas equiâneas por corte raso.

ABSTRACT

BRUM NETO, Manoel da Silveira, M.S. Universidade Federal de Viçosa, July, 2001. **The Economics of the sustainable management of mixed-species reforestation projects.** Advisor: Carlos Antonio Alvares Soares Ribeiro. Committee Members: Helio Garcia Leite and Heleno do Nascimento Santos.

The economic attractiveness of sustained yield mixed-species reforestation projects requires a conceptual review. This study derives the optimality conditions as well as the marginal analysis for determining the optimal rotation age of each species. Furthermore, its land expectation value is also developed. One concludes that it is worth increasing the rotation length of a given species as long as the marginal revenue product of waiting one more period to harvest those trees is greater than the marginal input costs (land holding costs, tree holding costs and maintenance costs). A case study is used to prove that forest regulation is economically less attractive than managing forests under clear cut.

1. INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro teve grande impulso a partir dos incentivos fiscais para reflorestamentos, beneficiando, principalmente, as indústrias de papel e celulose e de carvão vegetal. Embora o programa tenha criado uma fonte alternativa de matéria-prima, diminuindo a pressão sobre os remanescentes de matas nativas, as indústrias consumidoras de toras para processamento mecânico ainda se utilizam, em grande parte, de madeira proveniente de povoamentos inequidanosos.

O método da seleção de povoamentos inequidanosos tem se mostrado como a alternativa de manejo mais viável para essas formações. Porém, quando imposto por pessoal com pouca experiência, esse método pode se reverter em corte seletivo, resultando na inabilidade de se manter ou criar uma estrutura inequidana, regular a produção ou obter a regeneração de espécies desejadas (SMITH, 1986).

O corte seletivo, onde apenas as espécies de maior valor comercial e de menor custo de exploração são removidas, geralmente leva a uma rápida degradação do valor comercial da floresta remanescente e à redução da sua biodiversidade. Além de um detalhado inventário da situação atual, o método de seleção requer a marcação prévia (identificação) das árvores a serem removidas. O manejador deverá ter experiência para saber reter as árvores acima do diâmetro mínimo, mas que ainda não atingiram a maturidade financeira, compensando-as com a remoção de um volume equivalente de árvores indesejáveis (mortas, doentes, defeituosas ou com incremento decrescente) com diâmetro abaixo do limite estipulado. O abate e remoção das árvores selecionadas devem ser feitos cuidadosamente para não causar danos ao estoque remanescente, principalmente aos indivíduos mais jovens, o que poderá comprometer a regeneração do povoamento (CAMPOS et al., 1983; GULDIN, 1991). O manejo de florestas nativas, entretanto, ainda enfrenta uma série de problemas técnicos e econômicos decorrentes,

principalmente, do reduzido número de espécies de valor comercial, do baixo volume de madeira por unidade de área e dos altos custos de exploração e transporte.

Por outro lado, a alta produtividade alcançada com as florestas eqüiâneas durante as últimas décadas fez com que o método de seleção fosse relegado a um segundo plano, priorizando-se o estudo de técnicas silviculturais mais intensivas. Procedimentos inicialmente restritos às atividades agrícolas, tais como adubação e capina, são hoje práticas usuais na condução de florestas plantadas. Programas de melhoramento genético fizeram com que a produtividade das plantações de eucalipto no Brasil, cuja média situava-se em torno de $35 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, no início da década de 70, atingisse hoje níveis de até $70 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (BETTERS et al., 1991). É inegável o fascínio que os reflorestamentos homóclitos exercem sobre o investidor. Estruturados em talhões homogêneos, as técnicas de manejo a eles aplicadas são de execução muito mais simples, além de possuírem menor custo de exploração e propiciarem um maior retorno financeiro por unidade de área plantada.

Recentes questionamentos têm posto em dúvida a habilidade dessas duas linhas de manejo propiciarem respostas efetivas no que se refere à manutenção da biodiversidade e ao uso múltiplo das florestas. Há, atualmente, uma preocupação legítima de vários setores organizados da sociedade com as taxas de desmatamento e a conseqüente perda de biodiversidade das florestas tropicais. A sustentabilidade da produção florestal vem norteando o desenvolvimento de vários estudos onde a busca de um equilíbrio entre o uso e a conservação dos recursos florestais desempenha um papel central.

Assim, um novo debate foi posto no campo do manejo florestal. De um lado, vários pesquisadores têm se alinhado com a proposta de promover a biodiversidade e o uso múltiplo das florestas por meio da estruturação de povoamentos mistos, a partir de blocos homogêneos, mas distintos entre si, em termos de espécies e de idade. Nesse sentido, as técnicas de manejo seriam adaptadas daquelas desenvolvidas para o manejo coetâneo. Além do mais, essas plantações florestais herdariam a alta produtividade e a eficiência econômica no uso do solo associados aos plantios homóclitos,

mantendo-se tanto o baixo custo de exploração quanto a atratividade do empreendimento.

Do outro lado, posicionam-se os estudiosos que advogam que a diversidade estrutural e de espécies, necessárias à manutenção de um ecossistema florestal estável, somente poderá ser obtida replicando-se a complexidade estrutural encontrada nos povoamentos nativos (BATISTA, 1997). Isso pressupõe a criação de florestas inequívocas, um processo extremamente lento, mesmo para os países tropicais, e cuja dinâmica requer, ainda, estudos mais aprofundados.

Essa mudança de paradigma impõe o desenvolvimento de critérios apropriados para apoiar os processos de planejamento e de tomada de decisão no novo cenário. A inexistência de instrumentos específicos compromete seriamente qualquer análise comparativa. A obtenção da sustentabilidade dos níveis de produção está intimamente relacionada com a imposição de uma estrutura regulada para a floresta. Algumas respostas já foram fornecidas no que tange à estruturação de ecossistemas florestais mistos, organizados sob a forma de talhões homogêneos, mas distintos entre si (RIBEIRO et al., 1996; RIBEIRO e COUTO, 1997). Essa metodologia contempla a reocupação do solo via estabelecimento de projetos agrossilvopastoris voltados ao atendimento das necessidades das comunidades agrícolas. O rodízio espacial e temporal de culturas, ocorrido a cada corte, favorece a ciclagem de nutrientes, ao explorar diferentes perfis de solo, minimizando a exaustão normalmente associada às práticas do monocultivo. Essa nova proposta permite antever uma desaceleração da agricultura nômade e a fixação do homem ao campo, preservando-se os valores culturais daquelas comunidades.

A atratividade econômica dos reflorestamentos mistos de exploração regulada requer uma revisão conceitual. Nesse ponto, existe uma crença que tem comprometido a correta comparação das diferentes formas de manejo. A idade de corte que define o ótimo econômico, proposta originalmente por Faustmann, em 1849, foi derivada tendo-se por base um único talhão, estabelecido a partir da terra nua, que é cortado e replantado a cada rotação, indefinidamente. Entretanto, apesar da estruturação espacial e temporal de uma floresta regulada divergir consideravelmente dessa

situação, é comum adotar esse mesmo critério na determinação da rotação econômica de florestas reguladas (BUONGIORNO e GILLES, 1987).

A correta identificação da idade ótima de corte de cada espécie, quando integrante de um reflorestamento misto, é de suma importância para atingir-se a plena rentabilidade desse tipo de empreendimento.

No presente estudo, procedeu-se à caracterização das condições de otimalidade de reflorestamentos mistos de produção sustentável e à determinação do respectivo valor econômico.

1.1. Objetivos

- Conceituar o valor esperado do solo (VES) para reflorestamentos mistos regulados e de produção sustentável.

- Confrontar esse valor com a formulação tradicional, proposta por Faustmann.

- Estabelecer as condições de otimalidade para a rotação econômica de cada espécie integrante de um reflorestamento misto de produção sustentável.

- Interpretar as condições de otimalidade à luz da análise marginal.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O projeto FLORAM identificou, no Brasil, mais de 20 milhões de hectares de áreas degradadas passíveis de serem reflorestadas (AB'SABER, 1989). Das áreas consideradas aptas ao reflorestamento, 72% enquadram-se como reflorestamento industrial, 14% como reflorestamentos mistos e os 14% restantes seriam voltados ao reflorestamento corretivo (AB'SABER et al., 1989). A quase totalidade dos programas de reflorestamento no Brasil tem se fundamentado no uso de espécies exóticas de rápido crescimento, nomeadamente o eucalipto e o pinus (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA, 1990). Os plantios comerciais com florestas de produção desempenham um papel estratégico na preservação

dos remanescentes das florestas nativas ao propiciarem matéria prima em quantidade e qualidade compatíveis com as exigências do mercado, o que reduz a pressão exploratória sobre o que ainda resta das matas nativas. Por sua vez, ao longo das últimas décadas, o manejo inequívoco recebeu muito menos atenção do que a sua contraparte – o manejo equívoco – tendo em vista a maior produtividade das florestas coetâneas e por ser este último uma forma mais intensiva de manejo. Por ser de concepção e condução mais simples, foram desenvolvidos diversos estudos para otimizar a exploração florestal dentro da ótica equívoca (HERFINDAHL e KNEESE, 1974; BUONGIORNO e GILLES, 1987; DAVIS e JOHNSON, 1987; GREGORY, 1987; CHANG, 1990; ODERWALD e DUERR, 1990; PEARSE, 1990; RODRIGUES et al., 1998).

A crescente preocupação com a manutenção e promoção da biodiversidade, com o uso múltiplo das florestas, e o fato de grande parte da madeira serrada produzida no país provir de formações florestais nativas conduz à possibilidade de estruturação de reflorestamentos mistos como uma forma viável de se produzir madeira tropical de forma econômica, principalmente em áreas já degradadas pelas práticas de corte seletivo ou onde já ocorreu corte raso. WADSWORTH (1993), ao comparar a economicidade das florestas plantadas com a das inequívocas no Brasil enfatiza que, com os rendimentos dessas últimas variando de 1 a 3 m³.ha⁻¹.ano⁻¹, a madeira tropical produzida de maneira econômica virá somente dos plantios comerciais. No cerne dessa problemática posicionam-se duas correntes distintas: uma busca criar uma paisagem diversificada a partir de povoamentos estruturados em pequenos blocos homogêneos, mas bastante distintos entre si. Nesse cenário, as técnicas silviculturais não difeririam substancialmente daquelas desenvolvidas para o manejo de florestas equívocas, sendo a colheita efetuada basicamente por corte raso e o restabelecimento do talhão dando-se por regeneração natural (rebrotas) ou por plantio de sementes ou mudas. Na outra corrente encontram-se os pesquisadores que acreditam que o sistema anterior não produz a diversidade estrutural e de espécies necessárias à manutenção de um ecossistema florestal estável demandando-se, para tanto, uma

complexidade estrutural encontrada somente nos povoamentos nativos (BATISTA, 1997).

RIBEIRO et al. (1996) e RIBEIRO e COUTO (1997) desenvolveram metodologias que se alinham com a primeira corrente, para nortear a revegetação de áreas degradadas, com florestas de produção estruturalmente complexas. O processo de reocupação do solo se processa gradualmente, sob a forma de talhões. Atinge-se, ao final do estabelecimento desse sistema, uma estrutura complexa e diversa, tanto em termos de espécies quanto no que se refere às idades dos talhões. Dentre as principais características dessa proposta citam-se a sustentabilidade de uma produção diversa e a rotação espacial de espécies – e, conseqüentemente, de uso do solo – a cada corte, sem que haja degradação da complexidade estrutural obtida. Essa metodologia possibilita a adaptação das técnicas de manejo utilizadas nos povoamentos equiâneos, resultando em:

- a) melhoria das condições do sítio, através do preparo do solo, adubação e outros meios;
- b) melhoria da produção e da qualidade do novo povoamento através do uso de espécies nativas com potencial madeireiro juntamente com espécies exóticas, aumentando o incremento médio anual e diminuindo, portanto, o ciclo de corte;
- c) possibilidade de um melhor controle da regeneração, visto que esta se desenvolve sob a mesma idade;
- d) economia nas operações de extração de madeira devido à uma maior concentração de trabalho no espaço e no tempo;
- e) menor vulnerabilidade ao ataque de pragas e doenças; e
- f) apresentam maior amplitude de opções de uso múltiplo da madeira.

Independentemente da forma de organizar os reflorestamentos, uma pergunta básica deve ser, necessariamente, respondida: “*Em qual idade uma árvore (ou conjunto de árvores) deverá ser cortada?*”. A idade ótima de corte, seja para um único ciclo, seja para uma exploração regulada, pode ser estabelecida com o auxílio da análise marginal. A idade ideal para corte de

uma árvore e, por conseguinte, de um talhão coetâneo, é aquela em que o lucro auferido pela postergação do corte equipara-se aos custos incorridos na sua manutenção, durante o mesmo período (DAVIS e JONHSON, 1987; CLUTTER et al., 1992). Esse axioma do manejo florestal é também expresso na seguinte forma: a rotação ótima é aquela em que o crescimento relativo do talhão (árvore) iguala-se à taxa de juros do mercado (PEARSE, 1990).

Apesar de reconhecer-se a existência de discrepâncias entre a idade ideal de corte de um talhão manejado isoladamente e a rotação ótima dos talhões de uma floresta regulada (NAUTIYAL, 1988), a primeira tem sido freqüentemente utilizada como substituto adequado para a segunda (BUONGIORNO e GILLES, 1987).

A regulação é a essência da produção sustentável e, indiretamente, da manutenção da biodiversidade: isso significa que a produção periódica de uma floresta regulada poderá ser mantida em perpetuidade e que esse manancial nunca será esgotado. O conceito de regulação florestal, porquanto mais facilmente compreendido quando aplicado a povoamentos homogêneos, também se aplica ao manejo de florestas nativas (DAVIS e JOHNSON, 1987). A diferença básica é que, no caso inequívoco, cada bloco possuirá um estoque residual de crescimento ao final de cada ciclo de corte. Em uma floresta equívoca regulada, cada talhão é manejado por corte raso ao atingir a idade de corte. Assim, independentemente da forma de estruturação da floresta, a sua regulação é fundamental para se atingir a sustentabilidade da produção e a manutenção da sua biodiversidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A definição de um regime ótimo de manejo sustentável para reflorestamentos mistos possui características únicas como, por exemplo, a determinação simultânea da idade ideal de corte para cada uma das espécies presentes no povoamento. O estabelecimento de um regime de produção sustentável impõe que, a partir de um certo ponto no horizonte de

planejamento, atinja-se um fluxo contínuo de produtos, indefinidamente, contanto que sejam providas as condições necessárias à sua manutenção. Os níveis de produção deverão, ainda, atender à demanda específica de cada produto.

A estruturação espacial e temporal da floresta mista seguirá a metodologia proposta por RIBEIRO e COUTO (1997). Nesse cenário, a constituição da floresta inicia-se em terra nua, sendo implementada gradativamente em forma de talhões homogêneos. Cada talhão é constituído de árvores da mesma espécie e da mesma idade sendo, assim, equiânneo. A diversidade de espécies e de idades dar-se-á entre os talhões e, portanto, em nível de floresta. Essa estrutura assegurará o rodízio de espécies em nível de talhão, objetivando a uma ciclagem de nutrientes mais efetiva, proporcionada pela exploração sucessiva de diferentes perfis do solo (RIBEIRO et al., 1996; RIBEIRO e COUTO, 1997). Além disso, este modelo aproxima-se do mosaico sucessional em que a floresta é composta de ecounidades, representando manchas de vegetação em diferentes estádios de sucessão (OLDEMAN, 1983; TORQUEBIAU, 1986).

Sejam as seguintes variáveis:

r_i = rotação ótima (idade de corte) da i -ésima espécie, $i = 1 \dots n$;

n = número de diferentes espécies a serem utilizadas em um projeto de reflorestamento misto;

V_i = produtividade volumétrica (por unidade de área) da i -ésima espécie, determinada à idade r_i ;

D_i = nível periódico de demanda (produção) da i -ésima espécie;

S_i = área a ser periodicamente cortada para atender à demanda D_i ;

s = área de cada talhão;

N_i = número de talhões, da i -ésima espécie, a ser periodicamente cortado;

T_i = número total de talhões plantados com a i -ésima espécie, em qualquer período após a regulação;

A_c = área total periodicamente cortada, após a regulação;

A_T = área total do projeto de reflorestamento misto; e

R = comprimento de um ciclo completo de qualquer talhão da floresta regulada.

A unidade de tempo para expressar a rotação ótima de cada espécie e a área de cada talhão devem ser convenientemente escolhidas de forma a se evitem valores fracionários para o número de talhões a ser periodicamente cortado. A área necessária ao atendimento da demanda da i-ésima espécie é dada por:

$$S_i = \frac{D_i}{V_i} \quad (1)$$

O número de talhões cortados em um dado período, plantados com a i-ésima espécie, é:

$$N_i = \frac{S_i}{s} \quad (2)$$

O número total de talhões da i-ésima espécie, necessários à regulação, é dado por:

$$T_i = r_i \times N_i \quad (3)$$

A área total cortada em qualquer período, considerando-se todas as espécies, é:

$$A_c = \sum_{i=1}^n S_i \quad (4)$$

A área total do reflorestamento é dada por:

$$A_T = \sum_{i=1}^n r_i \times S_i \quad (5)$$

O comprimento de um ciclo para qualquer talhão da floresta regulada é obtido pela seguinte expressão:

$$R = \sum_{i=1}^n r_i \quad (6)$$

O número total de talhões existentes na floresta regulada é dado por:

$$Z = \sum_{i=1}^n T_i \quad (7)$$

A fim de atingir a regulação, a i -ésima espécie deve ter T_i talhões, cada um com “ s ” unidades de área, agrupados em r_i blocos de N_i talhões. O conjunto de r_i blocos formará uma série aritmética de idades variando de 1 até r_i períodos. Assim haverá, periodicamente, N_i talhões em idade de corte para cada uma das n espécies, indefinidamente. Essas condições, uma vez obtidas, implicam produção sustentável satisfazendo a todas as demandas distintas. Deve-se observar que o comprimento do período de implantação de um projeto de reflorestamento misto nessas condições será igual ao número total de talhões. Isso se deve ao fato de adicionar-se, anualmente, um novo talhão ao reflorestamento.

A seleção do tamanho de cada talhão desempenha um papel fundamental na estruturação da floresta. Quanto menor, maior a possibilidade de se dispersar cada bloco de N_i talhões ao longo da área reflorestada. Com talhões menores torna-se mais fácil planejar as atividades de corte de modo a se evitar a formação de corredores de corte raso. O limite inferior para a área dos talhões seria, teoricamente, a maior área ocupada por uma árvore de idade r_i , $\{i=1..n\}$. Nessa situação extrema, haveria uma grande similaridade com uma floresta nativa que contivesse a mesma diversidade de espécies. Deve-se, no entanto, buscar um compromisso entre o tamanho dos talhões e o respectivo custo de exploração.

O Quadro 1 sintetiza as informações do exemplo utilizado por RIBEIRO e COUTO (1997), para ilustrar o processo de implantação de um reflorestamento misto segundo a metodologia proposta.

Quadro 1 – Área, idade de rotação e número de talhões num reflorestamento misto regulado

Espécies	Plantio anual (S_i) (ha.ano ⁻¹)	Rotação (r_i) (anos)	Número de talhões (T_i)
A	2	1	2
B	3	2	6
C	1	4	4
Total	6	-	12

De acordo com a equação 5, a área cortada em qualquer período, considerando-se todas as espécies, será igual a 6 ha e o número total de talhões no reflorestamento misto regulado, igual a 12 (equação 7). O estabelecimento do reflorestamento pode se dar como mostrado no Quadro 2. Os talhões são identificados por algarismos romanos (I..XII) e as colunas Quadro 2 – Implementação de um reflorestamento misto regulado

Ano	1º Ciclo						2º Ciclo		
	0→A	A→B	B→C	C→B	B→A	A→B	B→A	A→B	...
0	I								
1	II	I							
2	III	II							
3	IV	III	I						
4	V	IV	II						
5	VI	V	III						
6	VII	VI	IV						
7	VIII	VII	V	I					
8	IX	VIII	VI	II					
9	X	IX	VII	III	I				
10	XI	X	VIII	IV	II	I			
11	XII	XI	IX	V	III	II			
12		XII	X	VI	IV	III	I		
13			XI	VII	V	IV	II	I	
14			XII	VIII	VI	V	III	II	
15				IX	VII	VI	IV	III	...
.			

representam o uso da terra, onde “0→A” refere-se ao plantio da primeira espécie da lista a partir da terra nua; “A→B”, o corte da espécie A seguido do estabelecimento da espécie B e assim por diante.

A identificação aleatória dos talhões, que também será a ordem de estabelecimento do reflorestamento misto, é mostrada na Figura 1. O

estabelecimento do povoamento misto regulado, num horizonte de planejamento de 13 anos, é descrito nas Figuras de 2 a 14.

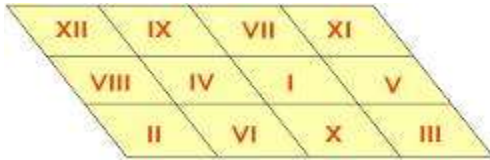


Figura 1 - Identificação dos talhões.

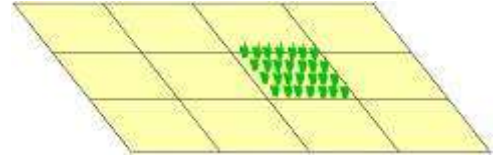


Figura 2 - Ano 0.

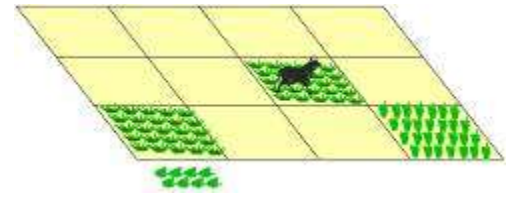
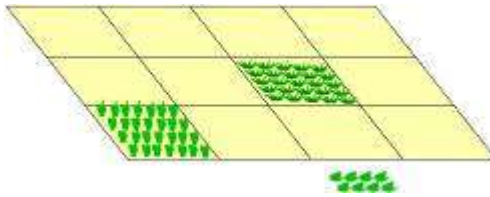


Figura 3 - Ano 1.

Figura 4 -

Ano 2.

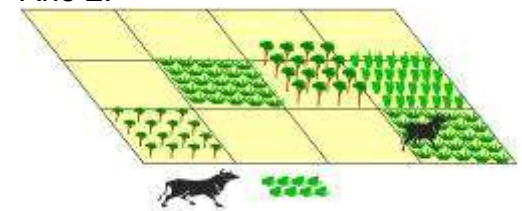
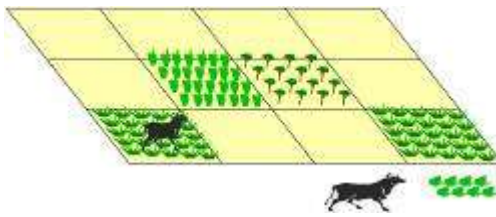


Figura 5 - Ano 3.

Figura 6 - Ano 4.

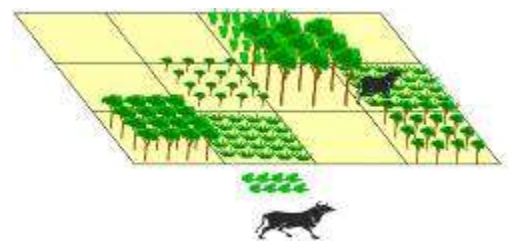
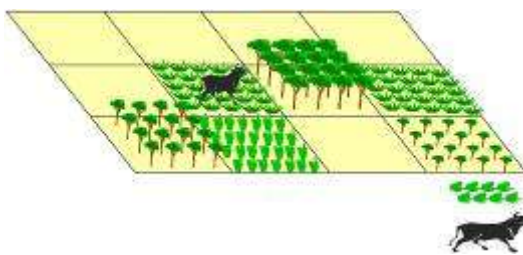


Figura 7 - Ano 5.

Figura 8 - Ano 6.

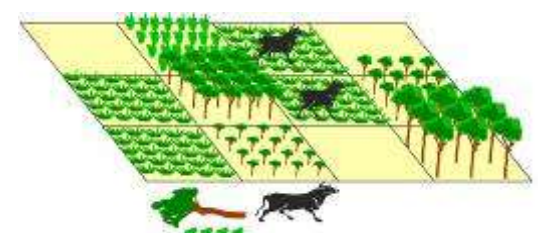
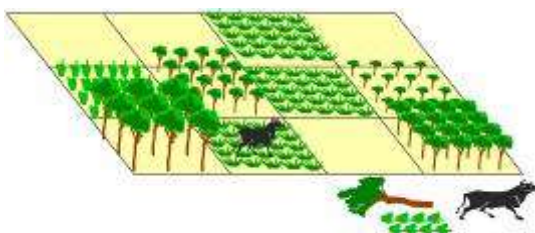


Figura 9 - Ano 7.

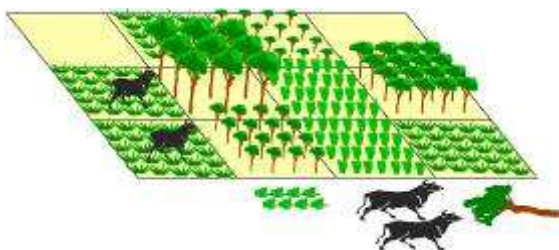


Figura 10 - Ano 8.

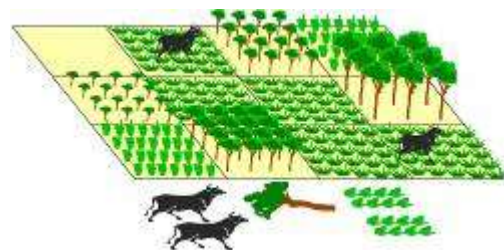


Figura 11 - Ano 9.

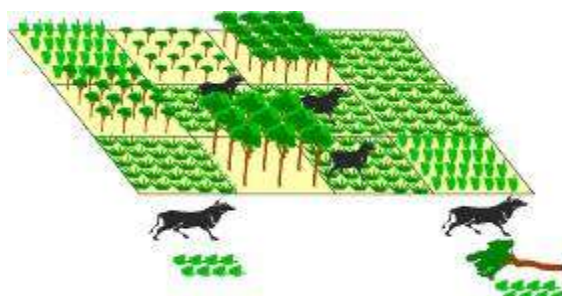


Figura 12 - Ano 10.



Figura 13 - Ano 11.

Uma vez definida a estruturação do reflorestamento misto e a seqüência de cortes, o próximo passo é a identificação do fluxo de caixa. Devem-se distinguir dois momentos: o horizonte de implantação do projeto e o período que se segue ao se atingir a sua regulação. O valor presente do reflorestamento será calculado tendo-se por base o início do primeiro período da regulação. Receitas e despesas incorridas antes desse período serão capitalizadas à taxa de juros de mercado, porquanto o fluxo de caixa associado a atividades ocorridas após esse período deverá ser descontado à mesma taxa de juros.

Figura 14 - Ano 12.



3.1. Receita líquida anual de um reflorestamento misto regulado

Assumindo-se que a atividade de corte seja seguida de imediato restabelecimento do talhão, serão considerados os seguintes elementos na composição do fluxo de caixa:

- receitas auferidas pela comercialização da produção de cada espécie, calculadas no momento do corte;
- despesas de extração, calculadas no momento do corte;
- custos de plantio, capitalizados para o momento do corte; e
- custo periódico de manutenção de cada talhão, incorrido ao final de cada período e capitalizado para o momento do corte.

O início do projeto – o ano 0 – é definido como sendo o momento em que se planta o primeiro talhão com a primeira espécie da lista. Continua-se, por Z anos, o plantio anual de mais um talhão com a primeira espécie. Passados r_1 anos, i.e., ao final do período (r_1-1) , que coincide temporalmente com o início do período r_1 , as árvores do talhão plantado no início do período 0 terão atingido a idade ótima de corte. Esse talhão é então cortado e replantado com a segunda espécie da lista. A partir do início do ano r_1 e por mais r_2 anos, anualmente um talhão plantado com a primeira espécie atingirá a sua idade de corte, sendo então replantado com árvores da segunda espécie da lista. Ao final do ano (r_1+r_2-1) – início do ano (r_1+r_2) – o primeiro talhão plantado, no início do período r_1 , com as árvores da segunda espécie terá atingido a idade ótima de corte. Esse talhão é cortado e replantado com a terceira espécie da lista. O processo continua até que, no início do ano $(Z-1)$, o último talhão de terra nua será plantado com árvores da primeira espécie da lista. Ao final do ano $(Z-1)$, i.e., início do ano Z, a condição de produção regulada para o reflorestamento será atingida. A partir desse momento, e no início de cada ano, serão colhidos, simultaneamente, N_i talhões de cada uma das n espécies plantadas, cada um com s hectares, perfazendo uma área colhida de A_c hectares – ver expressão (4).

Essa dinâmica de implementação do reflorestamento misto requer uma análise cuidadosa no que se refere ao seu fluxo de caixa. O ciclo completo para um talhão é de R anos. Durante esse período um talhão terá sido plantado com as n espécies da lista. Vamos estabelecer o fluxo de caixa para o primeiro talhão, com os valores capitalizados para o início do ano R.

$$a_1^R = s \times \left\{ \left[\sum_{i=1}^n (p_i \times V_i - CC_i) \times (1+t)^{\sum_{j=i+1}^n r_j} \right] - \left[\sum_{i=1}^n CE_i \times (1+t)^{\sum_{j=i}^n r_j} \right] - \frac{CM}{t} [(1+t)^R - 1] \right\} \quad (8)$$

em que

a_1^R = receita líquida total de um talhão de área s pertencente a um reflorestamento misto de exploração regulada, capitalizada no momento do corte da última espécie da lista [\$];

R = comprimento do ciclo de corte de um talhão, envolvendo todas as espécies [ano];

s = área de cada talhão [ha];

n = número de espécies;

p_i = preço, por unidade de volume, dos indivíduos da i -ésima espécie, na idade ótima de corte r_i [\$.m⁻³];

V_i = produção volumétrica por unidade de área, dos talhões da i -ésima espécie, na idade ótima de corte r_i [m³.ha⁻¹];

CC_i = custo de corte, por unidade de área, dos talhões da i -ésima espécie, na idade ótima de corte r_i [\$.ha⁻¹];

t = melhor taxa de juros anual alternativa [decimal];

r_i = rotação econômica ótima da i -ésima espécie [anos (valor inteiro)];

CE_i = custo de estabelecimento, por unidade de área, dos talhões da i -ésima espécie [\$.ha⁻¹]; e

CM = custo anual de manutenção, por unidade de área, de qualquer talhão do reflorestamento misto [\$.ha⁻¹.ano⁻¹].

3.2. Valor esperado do solo para reflorestamento misto regulado

O valor esperado do solo (VES) de um talhão é definido como sendo o valor presente da terra nua usada para produção florestal, calculado sobre uma série infinita de periodicidades que representam o fluxo de caixa capitalizado no momento do corte da última espécie. Especificamente, o VES para o primeiro talhão do reflorestamento misto regulado é definido matematicamente da seguinte forma:

$$VES_1 = \frac{a_1^R}{(1+t)^R - 1} \quad (9)$$

Multiplicando-se e dividindo-se a expressão (9) por $(1+t)^{-R}$ tem-se:

$$VES_1 = \frac{a_1^R}{(1+t)^R - 1} \times \frac{(1+t)^{-R}}{(1+t)^{-R}} = \frac{a_1^R \times (1+t)^{-R}}{1 - (1+t)^{-R}} \Rightarrow VES_1 = \frac{a_1^0}{1 - (1+t)^{-R}} \quad (10)$$

O desenvolvimento de a_1^0 produz:

$$a_1^0 = a_1^R \times (1+t)^{-R} = s \times \left\{ \left[\sum_{i=1}^n (p_i \times V_i - CC_i) \times (1+t)^{-\sum_{j=1}^i f_j} \right] - \left[\sum_{i=1}^n CE_i \times (1+t)^{-\sum_{j=1}^{i-1} f_j} \right] - \frac{CM}{t} \left[1 - (1+t)^{-R} \right] \right\} \quad (11)$$

O segundo talhão do reflorestamento misto regulado é plantado um ano após o plantio do primeiro talhão, gerando um fluxo de caixa idêntico, que tem início no ano 1. Para se obter o valor presente desse fluxo, seu VES deve ser descontado como segue: $VES_2 = VES_1 \times (1+t)^{-1}$. De maneira análoga, o valor esperado do solo do i -ésimo talhão também deverá ser descontado para o início do ano 0. Esse valor é dado por $VES_i = VES_1 \times (1+t)^{-(i-1)}$. O valor esperado do solo para o reflorestamento como um todo será igual à soma dos VES de cada um de seus talhões, i.e.,

$$VTES_{REF} = \sum_{i=1}^Z VES_i = \sum_{i=1}^Z VES_1 \times (1+t)^{-(i-1)} \quad (12)$$

A expressão (12) é a soma de uma série geométrica de Z termos, sendo o primeiro deles igual a VES_1 e a razão entre termos consecutivos igual a $(1+t)^{-1}$. Essa soma pode ser calculada como segue:

$$VTES_{REF} = VES_1 \times \frac{1 - (1+t)^{-Z}}{1 - (1+t)^{-1}} = \frac{t \times VES_1}{1+t} \times \left[1 - (1+t)^{-Z} \right] \quad (13)$$

Substituindo as expressões (10) e (11) em (12), tem-se:

$$VTES_{REF} = \frac{t \times a_1^0}{1+t} \times \frac{1-(1+t)^{-Z}}{1-(1+t)^{-R}} \quad (14)$$

A fim de se determinar o VES por unidade de área do reflorestamento misto regulado, há que se dividir a expressão (14) pela área total do reflorestamento, o que leva a:

$$VES_{REF} = \frac{VTES_{REF}}{A_T} \quad (15)$$

O fluxo de caixa a_1^0 pode ser convenientemente reescrito como $a_1^0 = s \times a_u^0$, em que a_u^0 representa o valor presente do fluxo de caixa por unidade de área do reflorestamento misto regulado. Substituindo essa nova forma na expressão (15), e lembrando-se que $s = \frac{A_T}{Z}$, tem-se:

$$VES_{REF} = \frac{t \times a_u^0}{1+t} \times \frac{A_T}{Z} \times \frac{1}{A_T} \times \frac{1-(1+t)^{-Z}}{1-(1+t)^{-R}} = \frac{1}{Z} \times \frac{t \times a_u^0}{1+t} \times \frac{1-(1+t)^{-Z}}{1-(1+t)^{-R}} \quad (16)$$

Esse valor representa o preço justo, por unidade de área, da terra nua usada para a implantação desse reflorestamento misto. O uso racional de recursos escassos impõe a adoção da alternativa que propicie o maior retorno aos investimentos efetuados. Assim, nada mais correto que se buscar a maximização do valor esperado do solo.

3.3. Estabelecimento das condições de otimalidade para a rotação econômica de cada espécie de um reflorestamento misto de produção sustentável

A determinação da idade ideal de corte de cada uma das espécies que compõem o reflorestamento misto de exploração regulada fundamenta-se na maximização do VES_{REF} , que é assim definida:

$$\frac{\partial \text{VES}_{\text{REF}}}{\partial r_i} = 0 \quad \{i = 1..n\} \quad (17)$$

Para pequenos valores da taxa de juros anual, é válida a seguinte equivalência:

$$(1+t)^r \equiv e^{t \times r} \quad (18)$$

A expressão (16) pode então ser reescrita como:

$$\text{VES}_{\text{REF}} = \frac{1}{Z} \times \frac{t \times a_u^0}{e^t} \times \frac{1 - e^{-t \times Z}}{1 - e^{-t \times R}} \quad (19)$$

Fazendo

$$k = \frac{t}{e^t},$$

$$x = 1 - e^{-t \times Z},$$

$$y = 1 - e^{-t \times R},$$

$$B = x \times y^{-1} \text{ e}$$

$C = Z^{-1} \times B$, a expressão (19) torna-se:

$$\text{VES}_{\text{REF}} = k \times a_u^0 \times C \quad (20)$$

A derivada de Z^{-1} em relação a r_i é calculada como segue:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(Z^{-1})}{\partial r_i} &= -Z^{-2} \times \frac{\partial Z}{\partial r_i} = -Z^{-2} \times \frac{\partial(r_1 \times N_1 + \dots + r_i \times N_i + \dots + r_n \times N_n)}{\partial r_i} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{\partial(Z^{-1})}{\partial r_i} &= -Z^{-2} \times N_i \end{aligned} \quad (21)$$

A derivação de x em relação a r_i é dada por:

$$\frac{\partial x}{\partial r_i} = N_i \times t \times e^{-t \times Z} \quad (22)$$

Similarmente, a derivação de y^{-1} em relação a r_i é:

$$\frac{\partial y^{-1}}{\partial r_i} = -y^{-2} \times t \times e^{-t \times R} \quad (23)$$

O desenvolvimento do conjunto de condições de otimalidade (20) produz:

$$\frac{\partial VES_{REF}}{\partial r_i} = \left(k \times C \times \frac{\partial a_u^0}{\partial r_i} \right) + \left(k \times a_u^0 \times \frac{\partial C}{\partial r_i} \right) = 0$$

$$\frac{\partial C}{\partial r_i} = B \times \frac{\partial (Z^{-1})}{\partial r_i} + Z^{-1} \times \frac{\partial B}{\partial r_i}$$

$$\frac{\partial B}{\partial r_i} = \left(y^{-1} \times \frac{\partial x}{\partial r_i} \right) + \left[x \times \frac{\partial (y^{-1})}{\partial r_i} \right] = y^{-1} \times t \times N_i \times e^{-t \times Z} + x \times \left(-y^{-2} \times t \times e^{-t \times R} \right)$$

$$\frac{\partial C}{\partial r_i} = x \times y^{-1} \times \left(-Z^{-2} \times N_i \right) + Z^{-1} \times \left(y^{-1} \times t \times N_i \times e^{-t \times Z} - x \times y^{-2} \times t \times e^{-t \times R} \right)$$

$$\frac{\partial VES_{REF}}{\partial r_i} = \left(k \times Z^{-1} \times x \times y^{-1} \times \frac{\partial a_u^0}{\partial r_i} \right) +$$

$$+ k \times a_u^0 \times \left(-N_i \times Z^{-2} \times x \times y^{-1} + N_i \times Z^{-1} \times y^{-1} \times t \times e^{-t \times Z} - Z^{-1} \times x \times y^{-2} \times t \times e^{-t \times R} \right) = 0 \quad (24)$$

Reorganizando os termos da expressão (25) tem-se:

$$k \times Z^{-1} \times x \times y^{-1} \times \frac{\partial a_u^0}{\partial r_i} = k \times Z^{-1} \times x \times y^{-1} \times a_u^0 \times \left(N_i \times Z^{-1} + y^{-1} \times t \times e^{-t \times R} + x^{-1} \times t \times e^{-t \times Z} \right)$$

$$\frac{\partial a_u^0}{\partial r_i} = a_u^0 \times \left(\frac{N_i}{Z} + \frac{t \times e^{-t \times R}}{y} - \frac{N_i \times t \times e^{-t \times Z}}{x} \right) \Rightarrow$$

$$\frac{\partial a_u^0}{\partial r_i} = a_u^0 \times \left(\frac{N_i}{Z} + \frac{t \times e^{-t \times R}}{1 - e^{-t \times R}} - \frac{N_i \times t \times e^{-t \times Z}}{1 - e^{-t \times Z}} \right) \quad (25)$$

Usando a expressão (18), o fluxo de caixa a_u^0 pode ser reescrito como:

$$a_u^0 = \left[\sum_{i=1}^n (p_i \times V_i - CC_i) \times e^{-t \times \sum_{j=1}^i r_j} \right] - \left[\sum_{i=1}^n CE_i \times e^{-t \times \sum_{j=1}^{i-1} r_j} \right] - \frac{CM}{t} \times (1 - e^{-t \times R}) \quad (26)$$

Usando essa forma, a derivada de a_u^0 em relação a r_i é dada por:

$$\begin{aligned} \frac{\partial a_u^0}{\partial r_i} = & \left(p_i \times \frac{\partial V_i}{\partial r_i} \times e^{-t \times \sum_{j=1}^i r_j} \right) - \sum_{j=i}^n \left[t \times (p_j \times V_j - CC_j) \times e^{-t \times \sum_{k=1}^j r_k} \right] + \\ & + \sum_{j=i+1}^n \left(t \times CE_j \times e^{-t \times \sum_{k=1}^{j-1} r_k} \right) - CM \times e^{-t \times R} \end{aligned} \quad (27)$$

Igualando-se os resultados das expressões (25) e (27) e rearranjando seus termos, tem-se:

$$\begin{aligned} \left(p_i \times \frac{\partial V_i}{\partial r_i} \right) \times e^{-t \times \sum_{j=1}^i r_j} = & a_u^0 \times \left(\frac{N_i}{Z} + \frac{t \times e^{-t \times R}}{1 - e^{-t \times R}} - \frac{N_i \times t \times e^{-t \times Z}}{1 - e^{-t \times Z}} \right) + \\ & + \left\{ \sum_{j=i}^n \left[t \times (p_j \times V_j - CC_j) \times e^{-t \times \sum_{k=1}^j r_k} \right] - \sum_{j=i+1}^n \left(t \times CE_j \times e^{-t \times \sum_{k=1}^{j-1} r_k} \right) \right\} + \\ & + CM \times e^{-t \times R} \end{aligned} \quad (28)$$

Os termos da expressão (28) representam valores presentes, i.e., todos eles foram descontados para o início do ano 0. Com o objetivo de

simplificar a análise, vamos multiplicá-los todos pelo fator $e^{t \times \sum_{j=1}^i r_j}$, trazendo assim os valores para o momento do corte da i -ésima espécie da lista:

$$\begin{aligned}
 p_i \times \frac{\partial V_i}{\partial r_i} = & a_u^0 \times \left(\frac{N_i}{Z} + \frac{t \times e^{-t \times R}}{1 - e^{-t \times R}} - \frac{N_i \times t \times e^{-t \times Z}}{1 - e^{-t \times Z}} \right) \times e^{t \times \sum_{j=1}^i r_j} + \\
 & + \left\{ \sum_{j=i}^n \left[t \times (p_j \times V_j - CC_j) \times e^{-t \times \sum_{k=j+1}^n r_k} \right] - \sum_{j=i+1}^n \left(t \times CE_j \times e^{-t \times \sum_{k=i}^{j-1} r_k} \right) \right\} + \\
 & + CM \times e^{-t \times \sum_{j=i+1}^n r_j} \tag{29}
 \end{aligned}$$

As condições para a determinação da rotação econômica das espécies de um reflorestamento misto de produção sustentável, expressas tanto pela expressão (28) quanto pela expressão (29), independem da função de produção $V_i(r_i)$ utilizada. Entretanto, essa função deve necessariamente satisfazer, por definição, às seguintes condições:

$$\frac{\partial^2 V_i}{\partial r_i^2} < \frac{\partial V_i}{\partial r_i} \text{ sendo que } \frac{\partial V_i}{\partial r_i} > 0 \text{ e } \frac{\partial^2 V_i}{\partial r_i^2} < 0.$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A definição do valor esperado do solo para reflorestamentos mistos de produção sustentável, dada pela expressão (16), teve como ponto de partida a formulação original de Faustmann. A diferença fundamental entre as duas proposições está na forma de se estabelecer a ocupação da terra. Na proposta de Faustmann, toda a área é plantada de uma só vez, sendo a floresta constituída por um único talhão. Já para a obtenção de uma floresta regulada, a sua implantação deverá ser feita de forma gradual. Se por um lado isso dilui os gastos ao longo do tempo, por outro lado requer que a área

não implantada esteja disponível no momento adequado. Deixá-la ociosa é somente uma – e não a única – alternativa.

Supondo-se que a rotação seja a mesma para os dois cenários, é óbvio que, atingida a idade de corte, a floresta que foi plantada de uma só vez terá uma produção total muito maior que aquela produzida pelo talhão que atingiu a mesma idade e que pertence a uma floresta regulada. Entretanto, no período seguinte, haverá mais um talhão da floresta regulada atingindo a idade de corte enquanto que, para a floresta de um único talhão, as suas árvores terão que esperar mais um ciclo para gerarem receita. A Figura 15 mostra o volume acumulado a cada corte, tendo-se por base duas situações: uma floresta estruturada em um único talhão manejado por corte raso (concepção original de Faustmann) e o estabelecimento de uma floresta regulada de uma única espécie possuindo a mesma área do talhão anterior.

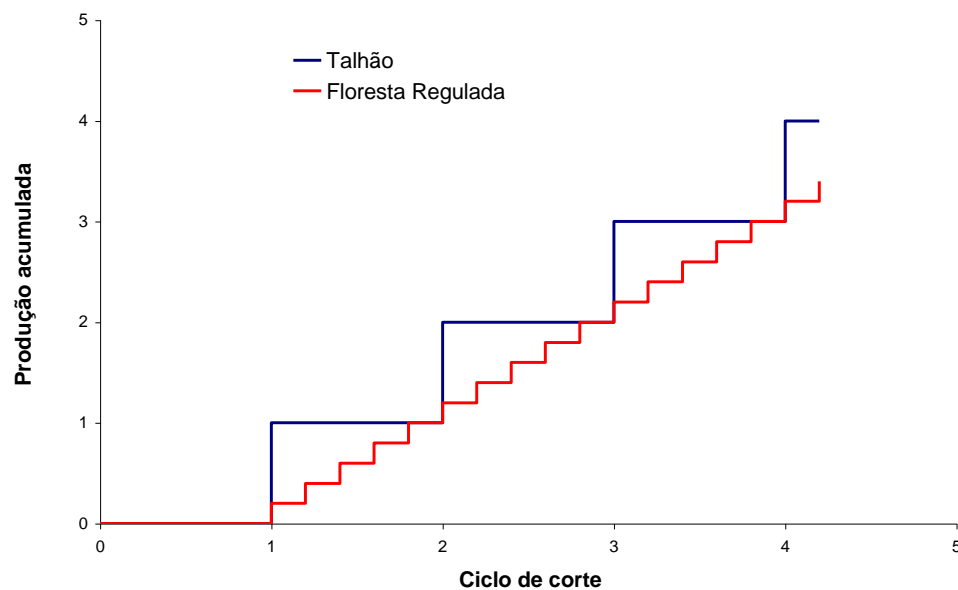


Figura 15 – Comparação entre a produção acumulada de uma floresta manejada por corte raso (único talhão) e de uma floresta regulada.

Observa-se uma clara defasagem temporal na produção acumulada para as duas formas de manejo, o que reforça a suspeita de que a idade ideal de corte deverá diferir significativamente para essas duas opções.

4.1. Interpretação das condições de otimalidade à luz da análise marginal

A expressão (29) estabelece as condições necessárias à determinação da rotação ótima da i -ésima espécie. A interpretação econômica desta expressão deve ser feita lembrando-se que os seus termos são capitalizados para o início do ano em que se atinge a idade de corte da i -ésima espécie. É oportuno rememorar que, no momento do corte da i -ésima rotação, haverá N_i talhões em idade de corte. Isto posto, segue a interpretação, sob a luz da análise marginal, de cada componente daquela expressão:

$p_i \times \frac{\partial V_i}{\partial r_i}$ é o incremento verificado no valor econômico da produção,

obtido pelo adiamento do corte da i -ésima espécie. Esse é, também, o conceito do produto da receita marginal de se esperar mais um ano para colher as árvores da i -ésima espécie.

$a_u^0 \times \left(\frac{N_i}{Z} + \frac{t \times e^{-t \times R}}{1 - e^{-t \times R}} - \frac{N_i \times t \times e^{-t \times Z}}{1 - e^{-t \times Z}} \right) \times e^{t \times \sum_{j=1}^i r_j}$ é a variação no valor

presente do retorno líquido por unidade de área de um reflorestamento misto regulado, causado pelo acréscimo da idade de corte da i -ésima rotação. Lembrando-se que o valor esperado do solo é tido como o preço justo da terra usada para o empreendimento florestal, o termo $\frac{\partial a_u^0}{\partial r_i}$ representa o

valor do aluguel anual pago pela utilização da terra. Esse termo equivale ao gasto adicional incorrido por se utilizar a terra por mais um ano.

$$\left\{ \sum_{j=i}^n \left[t \times (p_j \times V_j - CC_j) \times e^{-t \times \sum_{k=j+1}^n r_k} \right] - \sum_{j=i+1}^n \left(t \times CE_j \times e^{-t \times \sum_{k=i}^{j-1} r_k} \right) \right\}$$

representa a soma dos custos de oportunidade de se adiar, por um ano, o corte da i -ésima espécie e, por conseqüência, o estabelecimento e o corte de todas as demais espécies que lhe seguem na lista. Essa expressão representa os juros que poderiam ser obtidos ao longo desse ano adicional se as árvores fossem cortadas na idade r_i e a soma das respectivas receitas

líquidas, descontada para o momento do corte, fosse investida à taxa de juros “t”. Esse custo é comumente denominado de “custo de manutenção do estoque de árvores”.

$CM \times e^{-t \times \sum_{j=i+1}^n r_j}$ é o valor do custo de manutenção associado ao último

ano do ciclo R, que está acrescido pela postergação do corte das árvores da i-ésima espécie por um ano. Se decidirmos aumentar a rotação da i-ésima espécie de r_i para $r_i + \Delta r$, em última instância estaremos aumentando o comprimento de um ciclo de corte por uma unidade extra de tempo, i.e., de R para $R + \Delta r$, independentemente da espécie em questão.

Analisando a expressão (29), conclui-se que é vantajoso adiar o corte das árvores da i-ésima espécie da lista enquanto **o produto da receita marginal** de se esperar mais um ano (lado esquerdo da expressão) for maior que **o custo marginal dos insumos** (terra, estoque de árvores e manutenção) incorrido nesse período extra. As condições de otimalidade dadas por (29) representam, de fato, um conjunto de **n** equações. Assim, a determinação da rotação ótima de cada espécie exigirá a solução desse sistema. A técnica de substituições regressivas poderá ser utilizada para resolvê-lo, começando-se pela determinação da rotação econômica da última espécie (RIBEIRO e GRAÇA, 1996).

5. CONCLUSÕES

Conforme demonstrado ao longo desse trabalho, torna-se patente que o estabelecimento de reflorestamentos mistos de produção sustentável, a partir de uma estrutura regulada, requer diretrizes diferentes daquelas tradicionalmente adotadas para o manejo de plantios comerciais. A definição do valor esperado do solo é o ponto-chave para se definir a idade ótima de corte de cada espécie, de forma a maximizar o retorno financeiro do empreendimento. O estabelecimento das condições de otimalidade associadas a essa estrutura espacial genérica permitirá a elaboração de projetos de reocupação do solo que contemplem o uso concomitante de várias essências, sejam elas nativas ou exóticas, para obter-se um

ecossistema florestal que seja tanto biologicamente desejável quanto economicamente viável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. **Um plano de reflorestamento diferencial para o Brasil: O Projeto Floram**. Coleção Documentos. Série Ciências Ambientais: 01. Instituto de Estudos Avançados. Universidade de São Paulo. 1989. 18pp.

AB'SABER, A.N., RODÉS, L., ZULAUF, W. **Identificação de áreas para reflorestamento no espaço total do Brasil**. Coleção Documentos. Série Ciências Ambientais: 02. Instituto de Estudos Avançados. Universidade de São Paulo. 1989. 23pp.

BATISTA, J.L.F. Manejo dissetâneo: Passado ou futuro. **Boletim Informativo IPEF**, v.3, n.31, p.8, 1997.

BETTERS, D.R., WRIGHT, L.L., COUTO, L. Short rotation woody crop plantations in Brazil and the United States. **Biomass and Bioenergy**, v.1, n.6, p.305-316, 1991.

BUONGIORNO J., GILLESS J.K. **Forest management and economics**. New York: Macmillan Publishing Company, 1987. 285p.

CAMPOS, J.C.C., RIBEIRO, J.C., COUTO, L. Emprego da distribuição diamétrica na determinação da intensidade de corte em matas naturais submetidas ao sistema de seleção. **Revista Árvore**, v.7, n.2, p.110-122, 1983.

CHANG, J.S. Comment on discussion paper: König-Faustmannism: A critique. **Forest Science**, v.36, p.177-179, 1990.

CLUTTER, J.L., FORSTON, J.C., PIENAAR, L.V., BRISTER, G.H., BAILEY, R.L. **Timber management: A quantitative approach**. Florida: Krieger Publishing Company. 1992. 333p.

DAVIS, L.S., JOHNSON, K.N. **Forest management**. 3.ed. New York: McGraw-Hill Book Co. 1987. 790p.

GREGORY, G.R. **Resource economics for foresters**. New York: John Wiley and Sons. 1987. 476p.

- GULDIN, J.M. Uneven-aged BDq regulation of Sierra Nevada mixed conifers. **Western Journal of Applied Forestry**, v.6, n.2, p.27-32, 1991.
- HERFINDAHL, O.C., KNEESE, A.V. **Economic theory of natural resources**. Ohio: Resources for the Future, Inc. 1974.
- NAUTIYAL, J.C. **Forest economics: Principles and applications**. Toronto: Canadian Scholar's Press. 1988. 580p.
- ODERWALD, R.G., DUERR, W.A. König-Faustmannism: A critique. **Forest Science**, v.36, n.1, p.169-174, 1990.
- OLDEMAN, R.A.A. **Tropical rainforest, architecture, sylvigenesis and diversity**. In: SUTTO, S.L., WHITMORE, T.C., CHADWICK, A.C. (eds.). Tropical rainforest: Ecology and Management. Blackwell Scientific. Oxford. 1983. 139-150p.
- PEARSE, P.H. **Introduction to forestry economics**. Vancouver: University of British Columbia Press. 1990. 226p.
- RIBEIRO, C.A.A.S., COUTO, L. **Rebuilding degraded ecosystems: A sustainable community forestry approach**. In: PROCEEDINGS OF THE ATHENS INTERNATIONAL CONFERENCE – URBAN, REGIONAL, ENVIRONMENTAL PLANNING AND INFORMATICS TO PLANNING IN AN ERA OF TRANSITION. Atenas, Grécia. 1997. p.676-681.
- RIBEIRO, C.A.A.S., GRAÇA, L.R. Manejo por talhadas: Estabelecimento das idades ótimas de corte. **Revista Árvore**, v.20, n.1, p.29-36, 1996.
- RIBEIRO, C.A.A.S., SOARES, V.P., BRITES, R.S. **Designing regulated mixed Species Reforestation Projects**. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON TROPICAL FORESTRY IN THE 21ST CENTURY, BIO-REFOR. Bangkok, Tailândia. 1996. p.99-102.
- RODRIGUES, F.L., LEITE, H.G., SOUZA, A.L., RIBEIRO, C.A.A.S., SILVA, M.L. Regulação de florestas equiâneas utilizando programação linear: Uma aplicação da teoria do Modelo II. **Revista Árvore**, v.22, n.2, p.193-213, 1998.
- SMITH, D.M. **The Practice of Silviculture**. 8.ed. New York: John Wiley and Sons. 1986. 527p.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **A sociedade brasileira e seu patrimônio florestal**. São Paulo, SP. 1990. 17p.

TORQUEBIAU, E.F. Mosaic patterns in dipterocarp rainforest in Indonesia and their implications for practical forestry. **Journal of Tropical Ecology**, v.2, p.301-325p. 1986.

WADSWORTH, F.H. **El manejo de los bosques naturales en Mexico Tropical, America Central y las Islas del Caribe**. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, e CONGRESSO PAN-AMERICANO, 1, Curitiba. 1993. 25p.