



**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DO
MANEJO SUSTENTÁVEL DA VEGETAÇÃO
DO CERRADO**

SANDRO LONGUINHO DE OLIVEIRA

2006

SANDRO LONGUINHO DE OLIVEIRA

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DO MANEJO SUSTENTÁVEL
DA VEGETAÇÃO DO CERRADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Florestas de Produção, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Antônio Donizette de Oliveira

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2006**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Oliveira, Sandro Longuinho de.

Análise técnica e econômica do manejo sustentável da vegetação do cerrado / Sandro Longuinho de Oliveira. – Lavras : UFLA, 2006.
64 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2006.
Orientador: Antônio Donizette de Oliveira.
Bibliografia.

1. Manejo do cerrado. 2. Cadeia de Markov. 3. Ciclo de corte. 4.
Viabilidade econômica. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título.

CDD – 634.92
574.52643

SANDRO LONGUINHO DE OLIVEIRA

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DO MANEJO SUSTENTÁVEL
DA VEGETAÇÃO DO CERRADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Florestas de Produção, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 22 de março de 2006.

Prof. José Roberto Soares Scolforo - UFLA

Prof. José Márcio de Mello - UFLA

Prof. Antônio Donizette de Oliveira - UFLA
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

A Deus, pela minha existência e pelas amizades que aqui conquistei,

DEDICO.

**Aos meus pais, pelo amor incondicional,
Aos meus irmãos, por acreditarem que seria possível,
À minha amada esposa Silvinha, pelo amor e irrefutável companheirismo,**

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Ciências Florestais, pela oportunidade, liberação e demais facilidades concedidas para a realização do curso de Pós-Graduação.

À CAPES, pela concessão da Bolsa de estudos.

Ao professor Dr. Antônio Donizette de Oliveira, pela orientação, conhecimento, compreensão, paciência, presteza e amizade (muito obrigado!).

Aos professores Dr. José Roberto Soares Scolforo e Dr. José Marcio de Mello, pelo apoio, incentivo, críticas, sugestões e respeito.

Aos amigos Charles, Manú, Chris, João Paulo e Gustavo do curso de Engenharia Florestal e também do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras, pela imprescindível ajuda durante a coleta dos dados e também, pelo grande esforço.

Aos professores do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras, pela amizade e incentivo para a realização do curso.

Aos funcionários do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras, pela amizade, ajuda e o apoio durante o período que estive ausente.

Aos funcionários da Secretaria da Pós-Graduação do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras, especialmente à Roseane, pelo auxílio, incentivo, carinho e paciência com que sempre me atendeu.

Ao amigo José Carlos, pela colaboração e presteza em ajudar-me com a identificação das espécies.

Aos colegas Samurai, Lílian, Ivonise, Zélia, Vanete, Zigoto, Rodrigo e Ivana, pela preocupação e apoio.

Aos meus amigos Marcela, Totonho e Evandro, pelo apoio e atenção que sempre me deram.

Aos meus tão estimados e queridos amigos Evandro, Symone, Gleyce, Cíntia, Adauta, Elvis, Edmilson, Breno, Vagner, Natalie e aos pequeninos Miguel e Anne, pelo absoluto carinho, incentivo, companheirismo, dedicação e pelos inúmeros momentos felizes e agradáveis que tivemos a oportunidade de compartilhar.

Aos meus pais João e Nelly, aos meus irmãos, Selma e Silvio, aos meus sobrinhos, pelo carinho, incentivo e credibilidade que depositaram em meu trabalho mais uma vez.

À minha querida esposa Silvinha, pela confiança, companheirismo, abdicção, presteza e dedicação constante. Amo muito você!

SUMÁRIO

| | Página |
|--|---------------|
| RESUMO GERAL | i |
| GENERAL ABSTRACT | ii |
| | |
| CAPÍTULO 1 - Estrutura e prognose de um cerrado <i>stricto sensu</i> submetido a diferentes níveis de intervenção | 01 |
| 1 Resumo | 01 |
| 2 Abstract | 02 |
| 3 Introdução | 04 |
| 4 Materiais e métodos | 06 |
| 4.1 Área de estudo | 06 |
| 4.2 Metodologia de amostragem e obtenção da base de dados..... | 06 |
| 4.3 Prognose | 07 |
| 4.3.1 Matriz de transição | 07 |
| 4.3.2 Obtenção das probabilidades de transição | 08 |
| 4.3.3 Obtenção da área basal de do volume | 11 |
| 4.4 Análise dos dados | 12 |
| 4.5 Diversidade e Similaridade Florística | 13 |
| 5 Resultados e discussões | 15 |
| 5.1 Resultados gerais | 15 |
| 5.2 Avaliação da prognose realizada pelo método da matriz de transição | 22 |
| 6 Conclusões | 27 |
| 7 Referências bibliográficas | 28 |
| | |
| CAPÍTULO 2 - Avaliação econômica de um cerrado <i>stricto sensu</i> submetido a diferentes níveis de intervenção | 30 |
| 1 Resumo | 31 |
| 2 Abstract | 32 |
| 3 Introdução | 33 |
| 4 Materiais e métodos | 35 |
| 4.1 Área de estudo | 43 |
| 4.2 Descrição do experimento..... | 35 |
| 4.3 Obtenção dos volumes de cada tratamento..... | 36 |
| 4.4 Estrutura de custos | 37 |
| 4.4.1 Custos relacionados à produção de carvão vegetal de vegetação do cerrado..... | 37 |
| 4.4.2 Custos relacionados à produção de carvão vegetal de <i>Eucalyptus</i> sp..... | 39 |

| | |
|--|----|
| 4.5 Estrutura de receitas..... | 43 |
| 4.5.1 Estrutura de receitas relacionadas à vegetação do cerrado..... | 43 |
| 4.5.2 Estrutura de receitas relacionadas ao plantio de <i>Eucalyptus</i> sp..... | 44 |
| 4.6 Critérios utilizado nas análises econômicas..... | 45 |
| 4.6.1 Análise da vegetação do cerrado..... | 45 |
| 4.6.2 Análise do plantio de eucalipto..... | 48 |
| 4.7 Análise de sensibilidade | 50 |
| 5 Resultados e discussões | 51 |
| 5.1 Análise econômica dos regimes de manejo da vegetação do cerrado | 51 |
| 5.2 Análise econômica do plantio de eucalipto | 61 |
| 6 Conclusões | 63 |
| 7 Referências bibliográficas | 64 |

RESUMO GERAL

OLIVEIRA, Sandro Longuinho. **Análise técnica e econômica do manejo sustentável da vegetação do cerrado**. 2006. 64p. Dissertação (Mestrado em Florestas de Produção) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Os objetivos desse estudo foram avaliar um fragmento de vegetação de cerrado *stricto sensu* para determinar o ciclo de corte de diversos regimes de manejo, testar o método da matriz de transição (cadeia de Markov) para prognosticar o número de indivíduos e a área basal e analisar a viabilidade econômica do manejo da vegetação do cerrado para diversos níveis de intervenção. Os dados sobre o fragmento foram obtidos de inventários realizados em 1986 (antes da intervenção), 1996, 1998 e 2004 e as prognoses foram realizadas com base no período de fevereiro de 1996 a junho de 1998 (2,33 anos), gerando estimativas para agosto de 2004, as quais foram comparadas com o inventário de 2004. Para a análise econômica utilizou-se o método do Valor Presente Líquido considerando um horizonte de planejamento infinito. Concluiu-se que os ciclos de corte admissíveis para a variável número de árvores são de 10 anos para o tratamento em que houve corte raso, de 12 anos para o tratamento com 70% de redução de área basal, e de 18 anos para os demais tratamentos (50%, 80% e 90% de redução). Na medição feita 18 anos após a intervenção, apenas o tratamento em que houve corte raso teve a área basal e o volume superiores aos da testemunha, indicando que esse período de tempo pode ser considerado como sendo o ciclo de corte para a aplicação deste regime de manejo do cerrado. A prognose feita por meio da matriz de transição apresentou superestimativas em todos os tratamentos estudados, tanto para o número de árvores quanto para a área basal. O manejo da vegetação do cerrado é viável economicamente, sendo a lucratividade maior na medida em que se eleva o nível de intervenção na floresta. O ciclo de corte ótimo econômico para o manejo da vegetação do cerrado é de 10 anos, independente do nível de intervenção utilizado. A remoção de 50% da área basal da vegetação, conforme preconiza a legislação florestal que regulamenta os planos de manejo em Minas Gerais, é viável economicamente desde que sejam utilizados ciclos de corte entre 10 e 18 anos.

Palavras-chave: manejo do cerrado, cadeia de Markov, ciclo de corte, viabilidade econômica.

¹ Comitê orientador: Antônio Donizette de Oliveira - UFLA (orientador); José Roberto Soares Scolforo - UFLA (co-orientador).

GENERAL ABSTRACT

OLIVEIRA, SANDRO LONGUINHO. **Technical and economical analysis of the sustainable management of Cerrado (savannah) vegetation.** 2006. 64p. Dissertation (Master's degree in Forest Production) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

This study evaluated a fragment of vegetation of savannah *stricto sensu* to determine the cut cycle of several management regimes, to test the matrix transition method (Markov chain) to predict the number of individuals and the basal area and to analyze the economical viability of the management of the savannah vegetation in several intervention levels. The data were obtained from inventories accomplished in 1986 (before the intervention), 1996, 1998 and 2004 and the prognoses were accomplished using data base of the period February, 1996, to June, 1998 (2,33 years), generating estimates for August of 2004, which were compared with the 2004 inventory. For the economical analysis Net Present Value was used considering an infinite planning horizon. It was concluded that the acceptable cut cycles for the variable number of trees are 10 years long for the clear cut treatment, 12 years for the treatment with 70% of basal area removal, and of 18 years for the other treatments (50%, 80% and 90% of basal area removal). In the measurement done 18 years after the first intervention, only the clear cut treatment had the basal area and the volume superiors to the control parcel, suitable that that period of time can be considered as being the cut cycle for the application of this regime of management of the savannah. The prognosis done through the transition matrix presented super-estimated all the studied treatments, both for the number of trees and for the basal area. The management of the savannah vegetation is economically feasible and the profitability increases as the intervention level in the forest increases. The optimal economic cut cycle for the management of the savannah vegetation is of 10 years, independent on the intervention level used. The removal of 50% of the basal area of the vegetation, according to the forest legislation that regulates forest management in Minas Gerais, is economically viable only if cut cycles used be between 10 and 18 years.

Key words: savannah management, Markov chain, cut cycle, economical viability.

¹ Guidance committee: Antônio Donizette de Oliveira - UFLA (advisor); José Roberto Soares Scolforo - UFLA (co-advisor).

CAPÍTULO 1

**ESTRUTURA E PROGNOSE DE UM CERRADO *STRICTO SENSU*
SUBMETIDO A DIFERENTES NÍVEIS DE INTERVENÇÃO**

**STRUCTURE AND PROGNOSIS OF A CERRADO *STRICTO SENSU*
SUBMITTED TO DIFFERENT LEVELS OF INTERVENTION**

1 RESUMO

Os objetivos desse estudo foram avaliar um fragmento de vegetação de cerrado *stricto sensu* para determinar o ciclo de corte de diversos regimes de manejo e testar o método da matriz de transição (cadeia de Markov) para prognosticar o número de indivíduos e a área basal. Os dados foram obtidos de inventários realizados em 1986 (antes da intervenção), 1996, 1998 e 2004 e as prognoses foram realizadas com base no período de fevereiro de 1996 a junho de 1998 (2,33 anos), gerando estimativas para agosto de 2004, as quais foram comparadas com o inventário de 2004. Concluiu-se que os ciclos de corte admissíveis para a variável número de árvores são de 10 anos para o tratamento em que houve corte raso, de 12 anos para o tratamento com 70% de redução de área basal, e de 18 anos para os demais tratamentos (50%, 80% e 90% de redução). Na medição feita 18 anos após a intervenção, apenas o tratamento em que houve corte raso teve a área basal e o volume superiores aos da testemunha, indicando que esse período de tempo pode ser considerado como sendo o ciclo de corte para a aplicação deste regime de manejo do cerrado. A prognose feita por meio da matriz de transição apresentou superestimativas em todos os tratamentos estudados, tanto para o número de árvores quanto para a área basal. As diferenças nos índices de diversidade e similaridade florística dos tratamentos em relação à testemunha foram pequenas, indicando que o manejo sustentado do cerrado não provoca perda de biodiversidade, cumprindo, portanto, seu papel ecológico.

Palavras-chave: cadeia de Markov, manejo sustentado do cerrado, ciclo de corte.

2 ABSTRACT

This study evaluated a fragment of savannah *stricto sensu* to determine the cut cycle of several management regimes and to test the method of the transition matrix (Markov chain) to predict the number of individuals and the basal area. The data were obtained from inventories accomplished in 1986 (before the intervention), 1996, 1998 and 2004 and the prognoses were accomplished based in the period of February, 1996, to June, 1998 (2.33 years), generating estimates for August of 2004, which were compared with the inventory of 2004. It was concluded that the acceptable cut cycles for the variable number of trees are 10 years for the clear cut treatment, 12 years old for the treatment with 70% of basal area removal, and of 18 years for the other treatments (50%, 80% and 90% of basal area removal). In the measurement done 18 years after the first intervention, only the clear cut treatment presented basal area and volume superiors to the control parcel, showing that this time span can be considered as being the optimal cut cycle for this regime of savannah management. The prognosis done using the transition matrix super-estimates all studied treatments, both for the number of trees and for the basal area. The differences in the diversity indexes and floristic similarity of the treatments in relation to the control parcel were small, indicating that the sustained management of the savannah doesn't cause biodiversity loss, accomplishing, therefore, its ecological role.

Key words: Markov chain, sustained management, savannah, cut cycle.

3 INTRODUÇÃO

O cerrado é a vegetação característica do Planalto Central brasileiro e constitui o segundo maior bioma da América Latina, ocupando uma área de aproximadamente 200 milhões de hectares. Cerca de 80% do cerrado localiza-se nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal e Minas Gerais, sendo bastante expressivo neste último.

As áreas de cerrado foram incorporadas às atividades agrícola, pecuária e florestal brasileiras, em função, principalmente, das condições edafoclimáticas da região, dos baixos custos das terras e de sua topografia plana que favorece a mecanização. Porém, esta ocupação se fez de forma desordenada, sem a preocupação com a conservação da sua diversidade biológica. Por esta razão, empresas têm buscado alternativas que conciliem aumento da produtividade, redução dos custos de produção e conservação da diversidade biológica.

Uma das maneiras de garantir a produção sustentada desta vegetação é utilizar a técnica do manejo sustentado. Este consiste na adoção de ações que garantam a produção sustentada e economicamente viável do projeto por meio de medidas ambientalmente corretas e socialmente justas em todas as fases do manejo. Lima (1997) e Scolforo (1998) são alguns referenciais para a definição de planos de manejo em bases sustentáveis da vegetação do cerrado.

Em um estudo realizado por Mello (1999), no município de Coração de Jesus, MG, procurando divulgar os benefícios propiciados pelo manejo sustentado do cerrado por meio da avaliação do impacto biológico e econômico desta prática, foi reforçada a idéia de que o manejo sustentável é uma alternativa conservacionista. No estudo em questão, verificou-se que é viável economicamente manejar o cerrado para produção de lenha e que a intervenção não resultou em perdas de diversidade da flora, segundo os índices de diversidade de Shannon e Simpson.

Assim, o manejo florestal parece ser uma boa alternativa no combate ao

desmatamento desenfreado, podendo contribuir na diminuição da conversão de vegetação nativa em pastagens, agricultura e áreas degradadas. Desenvolveu-se então este trabalho com os objetivos de avaliar um fragmento de vegetação de cerrado *stricto sensu* para determinar o ciclo de corte de diversos regimes de manejo e testar o método da matriz de transição (cadeia de Markov) para prognosticar o número de indivíduos e a área basal

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

Utilizou-se como objeto de estudo um fragmento de cerrado situado na Fazenda Vitória, de propriedade da V&M Florestal, localizada no município de Coração de Jesus, Minas Gerais. O fragmento caracteriza-se como cerrado *stricto sensu*, tendo sofrido exploração em décadas passadas, com a intensidade de intervenção não conhecida. A área situa-se na região norte de Minas Gerais, a 490 km de Belo Horizonte. Possui altitude de 800 m e relevo plano.

Segundo a classificação climática de Köppen, a região da área de estudo caracteriza-se pelo clima tropical seco - tipo Aw, com precipitação média anual de 820 mm e temperatura média anual de 25°C.

4.2 Metodologia de amostragem e obtenção da base de dados

O experimento foi instalado em 1986 pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF), compreendendo seis tratamentos, ou seja, retirada de 50%, 70%, 80%, 90% e 100% da área basal total, além do estabelecimento de um tratamento como testemunha (sem qualquer intervenção). A área ocupada pelo experimento foi de 30 ha e os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente em cinco blocos, totalizando 30 talhões de 1 hectare cada um. No centro de cada talhão foi locada uma parcela de 600 m² (20 x 30 m). Antes das intervenções, foi feito o levantamento de cada parcela para obtenção da área basal total, do número de plantas e da nomenclatura regional das espécies.

Em fevereiro de 1996, foi realizado um segundo inventário no qual todas as plantas que apresentaram circunferência a 1,3 metros de altura do solo (CAP) maior ou igual a 15,7 cm, foram medidas. As variáveis levantadas foram:

- CAP (1,30 m de altura do solo), com a utilização de fita métrica;
- Altura total, com a utilização de vara telescópica.

No caso de perfilhamento, desde que uma única haste ou fuste alcançasse o CAP mínimo, as demais também foram mensuradas, tanto em circunferência quanto em altura. Posteriormente, as medidas das ramificações de cada planta foram convertidas para medidas individuais por meio do cálculo da média aritmética das alturas e do diâmetro geométrico (D), cuja fórmula é:

$$D = \sqrt{DAP_1^2 + DAP_2^2 + \dots + DAP_n^2}, \text{ onde } DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

Todas as plantas medidas foram marcadas com placas de alumínio e pintadas com tinta vermelha na altura do CAP para identificar o local correto das medições posteriores. Para cada indivíduo amostrado, foi coletado o material botânico para identificação e herborização. A identificação taxonômica foi realizada a partir de consultas a especialistas e visitas ao herbário da Universidade Federal de Lavras.

Um terceiro inventário foi realizado em junho de 1998. As árvores marcadas foram novamente medidas, assim como as plantas recrutadas, ou seja, aquelas que atingiram dimensão mínima para medição ($CAP \geq 15,7$ cm), sendo também plaqueteadas e pintadas na altura de medição do CAP.

Em agosto de 2004, foi realizado um quarto inventário com a remedição das árvores marcadas, bem como das plantas recrutadas da mesma forma que os inventários anteriores. Todas as árvores mensuradas foram pintadas novamente e, quando necessário, replaqueteadas.

4.3 Prognose

4.3.1 Matriz de transição

Segundo De Groot (1989), uma cadeia de Markov pode assumir k estados: S_1, \dots, S_k , de tal modo que a probabilidade de transição de um estado S_i para um estado S_j seja p_{ij} (um número que só depende de S_i e S_j), para $i = 1, \dots, k$

e $j = 1, \dots, k$. Portanto, a matriz de transição da cadeia de Markov é uma matriz (P) quadrada de $k \times k$ com elementos p_{ij} .

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \Lambda & p_{1k} \\ p_{21} & p_{22} & \Lambda & p_{2k} \\ M & M & & M \\ p_{k1} & p_{k1} & \Lambda & p_{kk} \end{bmatrix}$$

Onde a soma das probabilidades de cada coluna deve ser 1 e p_{ij} deve ser maior ou igual a zero.

4.3.2 Obtenção das probabilidades de transição

Neste estudo, utilizou-se o modelo de Markov construído com base nos dados de transição no intervalo de fevereiro de 1996 a junho de 1998, correspondente a 2 anos e 4 meses (2,33 anos). Como recrutamento, foram consideradas todas as plantas com $CAP \geq 15,7$ cm que ingressaram na segunda medição (1998).

Foi obtida a probabilidade de transição do período por meio da matriz G:

$$G = \begin{matrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \\ M \\ i_n \end{matrix} \begin{bmatrix} a_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \Lambda & 0 \\ b_2 & a_2 & 0 & 0 & 0 & \Lambda & 0 \\ c_3 & b_3 & a_3 & 0 & 0 & \Lambda & 0 \\ 0 & c_4 & b_4 & a_4 & 0 & \Lambda & 0 \\ 0 & 0 & c_5 & b_5 & a_5 & \Lambda & 0 \\ M & M & M & M & O & O & O \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_n & b_n & a_n \\ m_1 & m_2 & m_3 & m_4 & m_5 & \Lambda & m_n \end{bmatrix}$$

Em que:

i_n - i -ésima classe de diâmetro;

a_i , b_i , c_i - São as probabilidades de uma árvore viva permanecer na mesma classe diamétrica (a_i), mudar para a classe diamétrica subsequente (b_i), ou ainda mudar duas classes (c_i). Estas probabilidades foram obtidas como:

$$a_i = \frac{\text{Número de árvores vivas que permaneceram na } i\text{-ésima classe diamétrica no período de tempo } (\Delta t = t_2 - t_1)}{\text{Número de árvores existentes na } i\text{-ésima classe diamétrica no tempo } t_1}$$

$$b_i = \frac{\text{Número de árvores vivas que migraram da } i\text{-ésima classe diamétrica para a } i\text{-ésima classe diamétrica } + 1 \text{ no período de tempo } (\Delta t = t_2 - t_1)}{\text{Número de árvores existentes na } i\text{-ésima classe diamétrica no tempo } t_1}$$

$$c_i = \frac{\text{Número de árvores vivas que migraram da } i\text{-ésima classe diamétrica para a } i\text{-ésima classe diamétrica } + 2 \text{ no período de tempo } (\Delta t = t_2 - t_1)}{\text{Número de árvores existentes na } i\text{-ésima classe diamétrica no tempo } t_1}$$

Em que:

t_1 - início do período de crescimento considerado;

t_2 - fim do período de crescimento considerado;

Δt - intervalo de tempo entre o início e o fim do período de crescimento considerado ($t_2 - t_1$).

Para a_i , b_i e c_i , a condição é que a árvore continue viva e não seja colhida no intervalo de tempo considerado.

Deve-se considerar que, em qualquer vegetação, ocorre mortalidade de árvores (m_i), assim como recrutamento ou ingresso (I_i), principalmente nas menores classes diamétricas. A probabilidade de ocorrência de mortalidade foi obtida como:

$$m_1 = \frac{\text{Número de árvores mortas na } i\text{-ésima classe diamétrica no intervalo de tempo } (\Delta t = t_2 - t_1)}{\text{Número de árvores existentes na } i\text{-ésima classe diamétrica no tempo } (\Delta t = t_2 - t_1)}$$

O recrutamento foi quantificado por ocasião da segunda medição, podendo ser representado ou não por algum modelo.

A projeção da estrutura da floresta seguiu o que foi descrito por Buongiorno e Michie (1980) e Pulz et al. (1999), como se segue:

$$Y_{t+\Delta t} = G \cdot Y_{it} + I_{it} \quad (1)$$

Em que:

$Y_{t+\Delta t}$ - número de árvores projetadas

G - probabilidade de transição por classe diamétrica

Y_{it} - frequência da classe de diâmetro

I_{it} - recrutamento

A forma matricial da expressão (1) é:

$$\begin{bmatrix} Y_{1t+\Delta t} \\ Y_{2t+\Delta t} \\ Y_{3t+\Delta t} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_{nt+\Delta t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \Lambda & 0 \\ b_2 & a_2 & 0 & 0 & 0 & \Lambda & 0 \\ c_3 & b_3 & a_3 & 0 & 0 & \Lambda & 0 \\ 0 & c_4 & b_4 & a_4 & 0 & \Lambda & 0 \\ 0 & 0 & c_5 & b_5 & a_5 & \Lambda & 0 \\ M & M & M & O & O & O & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_n & b_n & a_n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \\ Y_{3t} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_{nt} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} I_{1t} \\ I_{2t} \\ I_{3t} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ I_{nt} \end{bmatrix}$$

Deve-se destacar que se for efetuada a projeção da estrutura da floresta para 2 períodos de tempo, então a expressão (1) evolui para a forma:

$$Y_{2\Delta t} = G^2 \cdot Y_0 + G \cdot I_{it} + I_{i2}$$

Generalizando, então, a expressão (1), obtém-se:

$$Y_{n \cdot \Delta t} = G^n \cdot Y_0 + \sum_{i=0}^{n-1} G^i \cdot I_{(n-1)}$$

Em que:

n - períodos de prognose;

$Y_{t+\Delta t}$, G, Y_{it} , I_{it} - já definidos anteriormente.

Para obter a prognose do número de árvores por classe diamétrica para cada tratamento, utilizou-se o software “SISFLOR – Sistema Biométrico Florestal”, desenvolvido por Thiersch et al. (2004).

4.3.3 Obtenção da área basal e do volume

A área basal foi obtida a partir do número de árvores prognosticado para a vegetação a partir da seguinte expressão:

$$G=0,0000785398 \cdot D^2 \cdot N$$

Em que:

G - área basal por classe diamétrica (m²);

D - valor central da classe diamétrica (cm);

N - número de plantas na classe diamétrica.

Para obtenção do volume, utilizou-se uma equação que estima o volume em função da área basal, disponível em Mello (1999), e que foi ajustada para uma área de cerrado *stricto sensu* da região de Brasilândia, MG, a partir do modelo de Chapman e Richards, conforme a seguir:

$$V = A(1 - e^{-k \cdot G})^{1/(1-m)}$$

Em que:

V - volume em m³/ha;

G - área basal em m²/ha;

A, k e m - parâmetros estimados;

e - exponencial.

A equação obtida foi $V = 125,509270(1 - e^{-0,051082 \cdot G})^{1,423304}$, com coeficiente de determinação (R^2) de 86,6% e erro padrão residual ($S_{y,x}$) de $\pm 2,89$ m³/ha.

4.4 Análise dos dados

Foram analisadas as mudanças ocorridas no número de árvores e área basal da floresta após a aplicação dos diferentes níveis de intervenção na área basal do povoamento em 1986. Para isto, consideraram-se os dados dos inventários realizados em 1986, 1996, 1998 e 2004.

Considerando que os estoques iniciais para cada tratamento são diferentes entre si, adotou-se o seguinte critério: todos os tratamentos que sofreram intervenção em sua estrutura deveriam estar na mesma base comparativa do tratamento testemunha, no momento anterior à instalação do experimento em 1986. Assim, foi calculado um fator de correção em relação à testemunha para os outros tratamentos (Tabela 1.1), deixando todos com os mesmos valores de comparação. Desta forma, considerou-se que esta proporção foi mantida nas produções futuras do experimento e, a cada inventário realizado, multiplicou-se o valor obtido para a variável em questão pelo “número índice de testemunha” para o referido tratamento. Este fator de correção foi utilizado para as variáveis número de árvores e área basal.

TABELA 1.1 Fator de conversão (número índice de testemunha) para todos os tratamentos, considerando o inventário realizado em 1986.

| Tratamento | Número de árvores/ha | | | Área basal (m ² /ha) | | |
|-------------------|----------------------|-------------------|-----------|---------------------------------|-------------------|-----------|
| | Real | Fator de correção | Corrigido | Real | Fator de correção | Corrigido |
| T50% | 1558 | 1,10 | 1716 | 5,79 | 1,16 | 6,72 |
| T70% | 1584 | 1,08 | 1716 | 6,53 | 1,03 | 6,72 |
| T80% | 1505 | 1,14 | 1716 | 5,97 | 1,13 | 6,72 |
| T90% | 1732 | 0,99 | 1716 | 6,61 | 1,02 | 6,72 |
| T100% | 1256 | 1,37 | 1716 | 4,69 | 1,43 | 6,72 |
| Testemunha | 1716 | 1,00 | 1716 | 6,72 | 1,00 | 6,72 |

4.5 Diversidade e Similaridade Florística

A diversidade florística foi avaliada para cada tratamento, nas idades de medição, referenciando-o com a Testemunha. Para isto, adotou-se os índices de Shannon-Wiener (H') e Simpson (C).

$$H' = - \sum_{i=1}^q \left(\frac{Ni}{\sum_{i=1}^q Ni} \right) \cdot \ln \left(\frac{Ni}{\sum_{i=1}^q Ni} \right)$$

$$C = \sum_{i=1}^q \frac{Ni(Ni-1)}{\sum_{i=1}^q Ni \left[\left(\sum_{i=1}^q Ni \right) - 1 \right]}$$

Em que:

Ni – Número de indivíduos vivos amostrados para a i -ésima espécie por unidade de área;

$\sum_{i=1}^q Ni$ – Número total de indivíduos vivos amostrados por unidade de área;

q – Número de espécies amostradas;

Valores mais altos para o índice de Shannon-Wiener e mais baixos para o índice de Simpson refletem em maior diversidade florística da população.

O índice de Sorensem foi utilizado para avaliar a similaridade florística de cada tratamento com a testemunha. Quanto mais próximo de 1 o valor do índice S_s , maior a similaridade florística entre os pares de amostras comparadas.

$$S_s = \frac{2.a}{b+c}$$

Em que:

a – Número de espécies comuns em ambas as amostras;

b – Número de espécies na amostra 1;

c – Número de espécies na amostra 2;

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Resultados gerais

Na Tabela 1.2 são apresentados o número de árvores, a área basal, o diâmetro médio e a altura média obtidos para cada tratamento nos inventários realizados em 1996, 1998 e 2004.

Tanto o número de árvores mensuráveis quanto a área basal dos tratamentos, aos 10 anos (1996), 12 anos (1998) e 18 anos (2004) foram diferentes da testemunha, mostrando que houve efeito dos tratamentos aplicados sobre estas variáveis. Ressalta-se que o número de árvores aumentou consideravelmente no tratamento de corte raso (100% de retirada da área basal) em relação à testemunha.

Em todos os tratamentos houve acréscimo na área basal aos 10, 12 e 18 anos após a intervenção. Isso ocorreu também em relação ao diâmetro médio e à altura média, porém apenas aos 12 e 18 anos após a intervenção. Portanto, pode-se inferir que os tratamentos que tiveram sua área basal reduzida em 1986 ainda estão em desenvolvimento.

TABELA 1.2 Valores de número de árvores, área basal, diâmetro médio e altura média para todos os tratamentos, nos inventários de 1996, 1998 e 2004.

| Tratamento | 1996 | | | | 1998 | | | | 2004 | | | |
|-------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------|------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------|------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------|------------------|
| | Nº de árvores /ha | Área basal (m ² /ha) | Diâmetro médio (cm) | Altura média (m) | Nº de árvores /ha | Área basal (m ² /ha) | Diâmetro médio (cm) | Altura média (m) | Nº de árvores /ha | Área basal (m ² /ha) | Diâmetro médio (cm) | Altura média (m) |
| T50% | 1520 | 9,86 | 8,14 | 4,31 | 1803 | 11,03 | 7,90 | 4,17 | 1832 | 12,03 | 8,22 | 4,49 |
| T70% | 1769 | 9,66 | 7,79 | 4,29 | 2007 | 10,33 | 7,66 | 4,20 | 2044 | 11,26 | 7,87 | 4,64 |
| T80% | 1706 | 8,09 | 7,41 | 4,06 | 1976 | 9,62 | 7,48 | 4,08 | 2011 | 10,70 | 7,78 | 4,49 |
| T90% | 1651 | 8,13 | 7,29 | 4,10 | 1915 | 9,72 | 7,40 | 4,10 | 1853 | 10,94 | 7,86 | 4,66 |
| T100% | 2154 | 10,72 | 7,36 | 3,71 | 2477 | 12,85 | 7,49 | 3,80 | 2550 | 14,75 | 7,80 | 4,21 |
| Testemunha | 1933 | 12,95 | 8,41 | 4,49 | 1993 | 13,44 | 8,45 | 4,27 | 1820 | 12,91 | 8,61 | 4,77 |
| Média | 1789 | 9,90 | 7,73 | 4,16 | 2028 | 11,16 | 7,73 | 4,10 | 2018,25 | 12,1 | 8,03 | 4,54 |

Os valores de número de árvores, área basal e volume para o inventário realizado antes das intervenções (1986) e para os posteriores (1996, 1998 e 2004) estão apresentados na Tabela 1.3.

TABELA 1.3 Valores do número de arvores, área basal e volume por hectare nas épocas em que foram realizados os inventários (1986, 1996, 1998 e 2004).

| Variável | Ano | Tratamentos | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | | 50% | 70% | 80% | 90% | 100% | TEST |
| Número de árvores/ha | 1986 | 1716 | 1716 | 1716 | 1716 | 1716 | 1716 |
| | 1996 | 1520 | 1769 | 1706 | 1651 | 2154 | 1933 |
| | %* | -11,42 | 3,11 | -0,55 | -3,77 | 25,53 | 12,67 |
| | 1998 | 1803 | 2007 | 1976 | 1915 | 2477 | 1993 |
| | % | 5,07 | 16,98 | 15,15 | 11,61 | 44,35 | 16,14 |
| | 2004 | 1832 | 2044 | 2011 | 1853 | 2550 | 1820 |
| | % | 6,76 | 19,11 | 17,17 | 7,97 | 48,62 | 6,06 |
| | Área basal (m ² /ha) | 1986 | 6,72 | 6,72 | 6,72 | 6,72 | 6,72 |
| 1996 | | 9,86 | 9,66 | 8,09 | 8,13 | 10,72 | 12,95 |
| % | | 46,66 | 43,82 | 20,36 | 20,93 | 59,46 | 92,69 |
| 1998 | | 11,01 | 10,32 | 9,61 | 9,71 | 12,81 | 13,43 |
| % | | 63,90 | 53,60 | 43,05 | 44,48 | 90,62 | 99,85 |
| 2004 | | 12,03 | 11,26 | 10,70 | 10,94 | 14,75 | 12,91 |
| % | | 78,97 | 67,56 | 59,22 | 62,85 | 119,51 | 92,09 |
| Volume (m ³ /ha) | | 1986 | 21,61 | 21,61 | 21,61 | 21,61 | 21,61 |
| | 1996 | 33,52 | 32,81 | 26,85 | 27,00 | 36,70 | 44,67 |
| | % | 55,13 | 51,84 | 24,25 | 24,93 | 69,83 | 106,68 |
| | 1998 | 37,79 | 35,25 | 32,62 | 32,98 | 44,18 | 46,32 |
| | % | 74,87 | 63,13 | 50,94 | 52,60 | 104,44 | 114,34 |
| | 2004 | 41,43 | 38,68 | 36,64 | 37,54 | 50,75 | 44,53 |
| | % | 91,71 | 79,00 | 69,56 | 73,68 | 134,82 | 106,03 |

* percentual de redução ou de aumento na variável em relação ao ano de 1986.

Para a Testemunha, houve um decréscimo no número de árvores e na área basal, dos 12 para os 18 anos após a instalação do experimento. O crescimento em número de plantas foi de 12,67% em 1996 e 16,14% em 1998,

caindo para 6,06% em 2004 em relação ao que foi encontrado em 1986. O mesmo aconteceu com a área basal e o volume, com um decréscimo de 7,76% e 8,40%, respectivamente, no período de 1998 a 2004. Após um período de recuperação, a vegetação tende a apresentar valores próximos de densidade e dominância entre intervalos de medições. No entanto, para o período de 1998 a 2004, houve um decréscimo acentuado para ambos os parâmetros. Tal efeito pode ser resultado de oscilações cíclicas da floresta, tanto para densidade de plantas como para dominância, conforme descrito por Rezende (2002).

Na medição de 1996, somente o Tratamento 100% apresentou densidade de plantas superior à da Testemunha, mas na medição de 1998, o tratamento com 70% de remoção também apresentou esta superioridade em relação ao tratamento referência. Já aos 18 anos, todos os tratamentos tiveram densidade de plantas superior à Testemunha (1820 plantas/ha), variando de 1832 plantas/ha (T50%) a 2550 plantas/ha (T100%). Assim, baseando-se no número de árvores, o ciclo de corte deve ser de 10 anos para o tratamento em que houve 100% de remoção da área basal, de 12 anos para o tratamento em que houve 70% de remoção e de 18 anos para os tratamentos com remoção de 50%, 80% e 90%.

Todos os tratamentos tiveram um acréscimo acentuado em área basal até 1998, variando de 43,05% (T80%) a 90,62% (T100%) e ultrapassando os valores que tinham antes da intervenção. Porém, nenhum foi superior à Testemunha (13,43 m²/ha), que teve um acréscimo de 99,85%, apesar do tratamento com corte raso (T100%) possuir valor bem próximo. Já em 2004, 18 anos após a instalação do experimento, o tratamento no qual foi aplicado o corte raso (14,75 m²/ha) foi superior à testemunha (12,91 m²/ha), seguido pelo Tratamento 50% (12,03 m²/ha), que apresentou valor de área basal próximo ao da Testemunha. Isto evidencia o grande poder de recuperação do cerrado à intervenção sofrida em sua estrutura.

Scolforo et al. (2000), estudando a resposta do cerrado *stricto sensu* a diferentes níveis de intervenção em sua área basal, concluíram que, para todos os níveis de intervenção aplicados (50% a 100%), dez anos foram necessários para o cerrado apresentar número de árvores superior ao estoque anterior. Para a área basal, o ciclo de corte foi de dez anos.

Para a variável volume, o comportamento apresentado é similar ao que foi mostrado para a área basal, conforme Tabela 1.3, com destaque para o tratamento que teve 100% de sua área basal removida, tendo um acréscimo de 134,82% no volume em relação a 1986 (18 anos após a intervenção) e 13,96% superior à Testemunha.

As Figuras 1.1 e 1.2 apresentam o número de árvores e a área basal, por hectare, distribuídos nas classes diamétricas. Percebe-se que o comportamento das plantas nas classes diamétricas é parecido em todos os tratamentos, para as variáveis apresentadas, ou seja, tendendo à distribuição exponencial negativa ou “J invertido”. No entanto, para o tratamento em que houve a maior intensidade de remoção (100%), 96,26% do total dos indivíduos deste tratamento estão nas duas menores classes diamétricas que também são responsáveis por 80,89% da área basal, mostrando que a vegetação possui uma estrutura vulgarmente chamada de “paliteiro”. A tendência é que, à medida que as árvores aumentem em diâmetro, haja uma migração de indivíduos para as classes superiores e a densidade de indivíduos por unidade de área tende a diminuir. Pode-se, então, prever, que para o tratamento em que houve remoção de 100% da área basal, o ciclo de corte silvicultural de 18 anos é perfeitamente admissível para esta fisionomia do cerrado e para a área em questão.

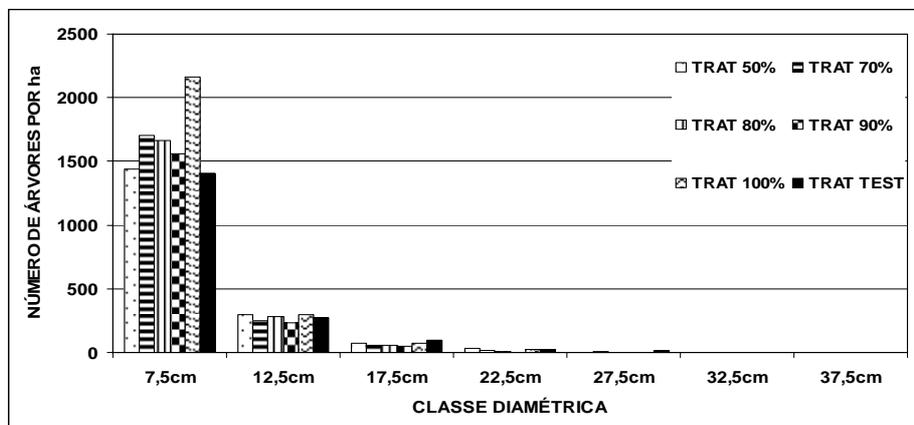


FIGURA 1.1 Distribuição diamétrica dos indivíduos amostrados por tratamentos na ocasião do inventário de 2004.

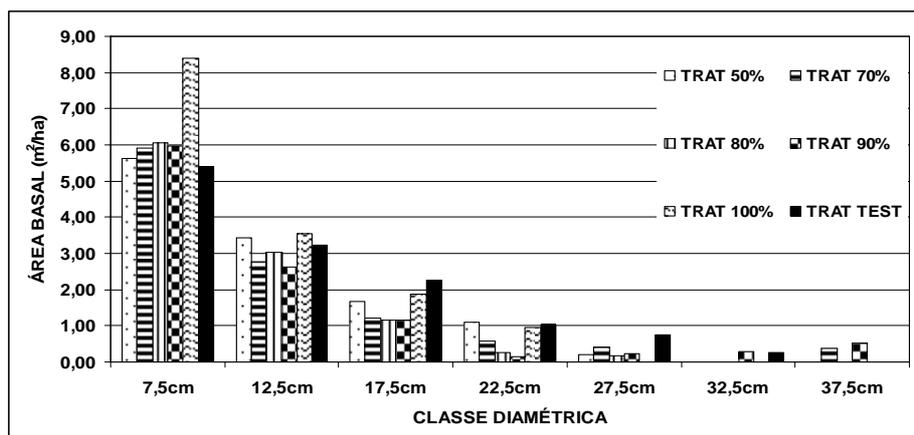


FIGURA 1.2 Área basal (m^2/ha) dos tratamentos, por classe diamétrica, na ocasião do inventário de 2004.

Na Tabela 1.4 estão apresentados os índices de diversidade de Shannon-Wiener e de Simpson para todos os tratamentos. Observa-se que todos os tratamentos apresentaram alta diversidade florística e baixas oscilações nos índices ao longo dos anos.

TABELA 1.4 Índices de diversidade de Shannon-Wiener e de Simpson para todos os tratamentos nos inventários de 1996, 1998 e 2004.

| Índices | Ano de Medição | Tratamentos | | | | | TEST |
|--------------------|----------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 50% | 70% | 80% | 90% | 100% | |
| Shannon- Wiener | 1996 | 3,23 | 3,19 | 3,20 | 3,13 | 3,27 | 3,16 |
| | 1998 | 3,26 | 3,18 | 3,18 | 3,15 | 3,28 | 3,17 |
| | 2004 | 3,24 | 3,16 | 3,18 | 3,16 | 3,27 | 3,02 |
| | 1996-1998 (%) | 0,83 | -0,52 | -0,39 | 0,63 | 0,24 | 0,50 |
| | 1998-2004 (%) | -0,61 | -0,68 | -0,07 | 0,25 | -0,44 | -4,96 |
| | 1996-2004 (%) | 0,22 | -1,19 | -0,46 | 0,88 | -0,20 | -4,49 |
| | | | | | | | |
| Simpson | 1996 | 0,062 | 0,066 | 0,064 | 0,066 | 0,055 | 0,070 |
| | 1998 | 0,062 | 0,068 | 0,066 | 0,066 | 0,056 | 0,071 |
| | 2004 | 0,060 | 0,064 | 0,065 | 0,059 | 0,057 | 0,077 |
| | 1996-1998 (%) | 0,17 | 2,18 | 2,41 | -0,10 | 2,68 | 0,76 |
| | 1998-2004 (%) | -2,37 | -6,05 | -1,63 | -9,50 | 0,44 | 9,43 |
| | 1996-2004 (%) | -2,20 | -4,00 | 0,74 | -9,59 | 3,13 | 10,26 |
| | | | | | | | |

Todos os tratamentos que sofreram intervenção em área basal obtiveram valores próximos à Testemunha (0% de intervenção na área basal) e aos 18 anos, após intervenção, todos eles apresentaram valores para o índice de Shannon-Wiener superiores ao tratamento referência, indicando maior diversidade florística. Estes valores encontram-se próximos aos dos trabalhos realizados por Andrade et al. (2002), Felfili et al. (2002) e Rezende (2002) em outras áreas do cerrado brasileiro.

Para o índice de Simpson, todos os tratamentos apresentaram valores próximos de zero e inferiores à Testemunha em todos os inventários (1996, 1998 e 2004), fortalecendo que, mesmo após o cerrado sofrer intervenção, não houve perda de diversidade florística.

Quanto à similaridade florística após a intervenção em sua área basal, expressa pelo Índice de Sorensen, os resultados para as três medições estão dispostos na Tabela 1.5.

TABELA 1.5 Índices de Similaridade de Sorensen para todos os tratamentos, comparados à testemunha, nos inventários de 1996, 1998 e 2004.

| Tratamentos | Índice de Similaridade de Sorensen | | |
|-------------------|------------------------------------|-------|-------|
| | 1996 | 1998 | 2004 |
| 50% | 0,830 | 0,850 | 0,837 |
| 70% | 0,826 | 0,842 | 0,787 |
| 80% | 0,811 | 0,832 | 0,812 |
| 90% | 0,784 | 0,821 | 0,809 |
| 100% | 0,757 | 0,793 | 0,780 |
| Testemunha | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Os resultados apresentaram poucas variações entre os anos para cada tratamento quando comparado à Testemunha. Com isso, pode-se afirmar que mesmo nos tratamentos com maior intervenção em sua área basal (90% e 100%) não houve perda de similaridade florística quando comparado à Testemunha, uma vez que, conforme Gauch (1982), índices superiores a 0,5 podem ser considerados altos para comparação entre duas áreas.

5.2 Avaliação da prognose realizada pelo método da matriz de transição

Na Tabela 1.6 são apresentados os valores prognosticados para o número de árvores, a área basal e o volume pelo método da matriz de transição, utilizando como base os inventários realizados em fevereiro de 1996 e junho de 1998.

TABELA 1.6 Prognose do número de árvores, da área basal e do volume por hectare a partir dos inventários de fevereiro de 1996 e junho de 1998.

| Período | Variável | Tratamentos | | | | | |
|----------|---------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 50% | 70% | 80% | 90% | 100% | TEST |
| Out/2000 | Nº de árvores/ha | 1784 | 1997 | 1961 | 1902 | 2459 | 1990 |
| | Área basal (m ² /ha) | 11,26 | 10,15 | 9,76 | 9,96 | 12,91 | 13,63 |
| | Volume (m ³ /ha) | 38,68 | 34,61 | 33,17 | 33,93 | 44,53 | 47,00 |
| Fev/2003 | Nº de árvores/ha | 2090 | 2240 | 2244 | 2169 | 2780 | 2072 |
| | Área basal (m ² /ha) | 12,91 | 11,35 | 11,47 | 11,69 | 15,03 | 14,26 |
| | Volume (m ³ /ha) | 44,52 | 39,01 | 39,44 | 40,24 | 51,66 | 49,12 |
| Jun/2005 | Nº de árvores/ha | 2425 | 2486 | 2557 | 2453 | 3119 | 2192 |
| | Área basal (m ² /ha) | 14,95 | 12,68 | 13,59 | 13,65 | 17,49 | 15,04 |
| | Volume (m ³ /ha) | 51,39 | 43,73 | 46,85 | 47,08 | 59,35 | 51,69 |
| Out/2007 | Nº de árvores/ha | 2717 | 2717 | 2830 | 2705 | 3412 | 2278 |
| | Área basal (m ² /ha) | 16,78 | 13,99 | 15,58 | 15,49 | 19,82 | 15,67 |
| | Volume (m ³ /ha) | 57,19 | 48,20 | 53,43 | 53,15 | 66,00 | 53,72 |

O método da matriz de transição realiza a projeção da estrutura da vegetação somente em intervalos múltiplos do período equivalente entre as duas medições utilizadas, conforme descrito por Bruner e Moser Jr. (1973). Assim, a projeção efetuada a partir dos inventários de fevereiro de 1996 e junho de 1998 só possibilitam conhecer a estimativa da produção para fevereiro de 2003 e junho de 2005. A fim de sanar este problema, uma vez que um inventário comparativo foi realizado em agosto de 2004, foi realizada uma interpolação entre o número de árvores prognosticado para fevereiro de 2003 e junho de 2005, conforme mostrado na Tabela 1.7.

TABELA 1.7 Valores do número de árvores e área basal por hectare prognosticados a partir dos inventários de fevereiro de 1996 e junho de 1998 e valores observados em agosto de 2004.

| Tratamento | Número de árvores/ha | | | Área basal (m ² /ha) | | |
|-------------------|----------------------|-----------|-------|---------------------------------|-----------|-------|
| | Prognose | Observado | %dif. | Prognose | Observado | %dif. |
| T50% | 2305 | 1832 | 25,84 | 14,22 | 12,03 | 18,22 |
| T70% | 2398 | 2044 | 17,33 | 12,21 | 11,26 | 8,39 |
| T80% | 2445 | 2011 | 21,59 | 12,83 | 10,70 | 19,93 |
| T90% | 2352 | 1853 | 26,91 | 12,95 | 10,94 | 18,37 |
| T100% | 2998 | 2550 | 17,57 | 16,61 | 14,75 | 12,62 |
| Testemunha | 2149 | 1820 | 18,08 | 14,76 | 12,91 | 14,34 |

A estimativa obtida para agosto de 2004, pela interpolação entre fevereiro de 2003 e junho de 2005 dos resultados obtidos pelo método da matriz de transição, superestimou o número de árvores por hectare em todos os tratamentos estudados (Tabela 1.7 e Figura 1.3), quando comparado ao número de árvores obtido do inventário realizado no mesmo período, variando de 17,33% (Tratamento 70%) a 26,91% (Tratamento 90%).

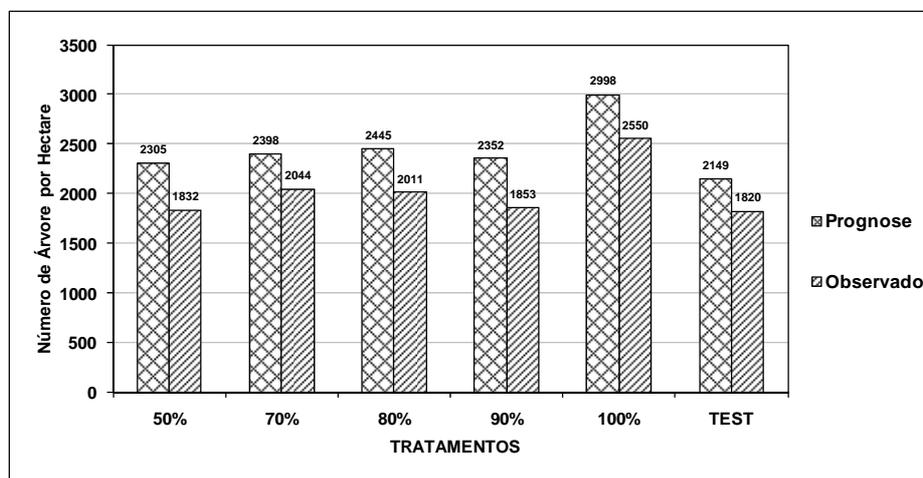


FIGURA 1.3 Número de árvores por hectare prognosticado a partir dos inventários de fevereiro de 1996 e junho de 1998 e valores observados em agosto de 2004.

Este mesmo efeito de superestimativa foi encontrado para a variável área basal, porém em taxas menores, ou seja, a área basal prognosticada foi superestimada de 8,39% a 19,93% nos tratamentos com intervenção de 70% e 80%, respectivamente (Tabela 1.7 e Figura 1.4).

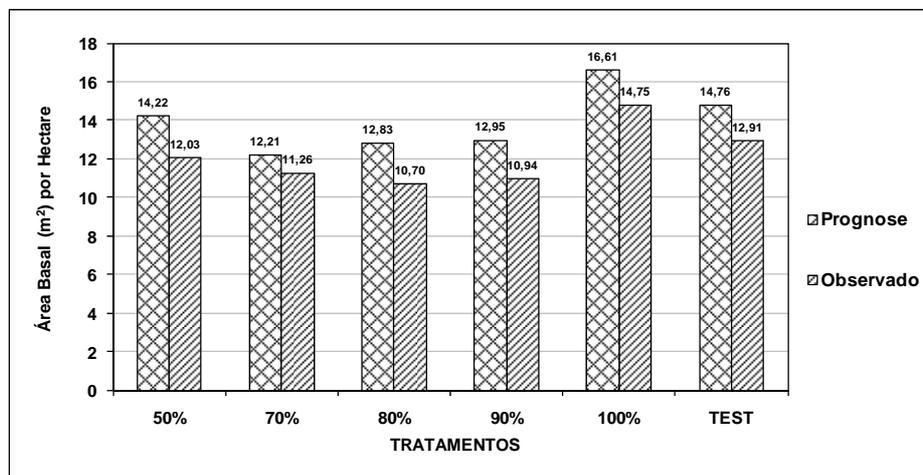


FIGURA 1.4 Área basal por hectare prognosticada a partir dos inventários de fevereiro de 1996 e junho de 1998 e valores observados em agosto de 2004.

Pulz et al.(1999), concluíram que o método da matriz de transição, aplicado em uma floresta semidecídua montana no sul de Minas Gerais, apresentou o mesmo grau de acuracia para fins de prognose do número total de árvores, quando comparado aos métodos da razão de movimentação de diâmetro e de Wahlenberg.

Esta diferença nas estimativas pode ter ocorrido devido ao pequeno intervalo entre as duas medições (2,33 anos) utilizadas para gerar a prognose,

uma vez que o crescimento da vegetação neste período foi acentuado e isto pode ter refletido em uma projeção maior que a encontrada.

6 CONCLUSÕES

Nas condições específicas em que este estudo foi realizado pode-se concluir que:

- Os ciclos de corte admissíveis para a variável número de árvores são de 10 anos para o tratamento em que houve corte raso, de 12 anos para o tratamento com 70% de redução de área basal, e de 18 anos para os demais tratamentos (50%, 80% e 90% de redução)

- Na medição feita 18 anos após a intervenção, apenas o tratamento em que houve corte raso teve a área basal e o volume superiores aos da testemunha, indicando que esse período de tempo pode ser considerado como sendo o ciclo de corte para a aplicação deste regime de manejo do cerrado.

- A prognose feita por meio da matriz de transição apresentou superestimativas em todos os tratamentos estudados, tanto para o número de árvores quanto para a área basal.

- As diferenças nos índices de diversidade e similaridade florística dos tratamentos em relação à testemunha foram pequenas, indicando que o manejo sustentado do cerrado não provoca perda de biodiversidade, cumprindo, portanto, seu papel ecológico.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L. A. Z.; FELFILI, J. M.; VIOLATTI, L. Fitossociologia de uma área de cerrado denso na RECOR-IBGE, Brasília-DF. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 16, n. 2, 2002.

BRUNER, H.D.; MOSER Jr, J.W. A Markov chain approach to the prediction of diameter distributions in uneven-aged forest stands. **Canadian Journal of Forest Research**, Ontario, v. 4, p. 409-417, 1973.

BUONGIORNO, J.; MICHIE, B. R. A matrix model of uneven-aged forest management. **Forest Science**, v. 26, n. 4, p. 609-625, 1980.

DE GROOT, M.H. **Probability and statistics**. Califórnia: Addeson -Wesley Publishing, 1989. 723 p.

FELFILI, J. M.; NOGUEIRA, P. E.; SILVA JÚNIOR, M. C.; MARINON, B. S.; DELITTI, W. B. C. Composição florística e fitossociologia do cerrado restrito do município de Água Boa, MT. **Acta Botânica Brasílica, São Paulo**, v. 16, n. 1, p. 103- 112, 2002.

GAUCH, H. G. **Multivariate analysis in community ecology**. Cambridge: Cambridge University, 1982. 298 p.

LIMA, C.S.A. **Desenvolvimento de um modelo para manejo sustentado do cerrado**. Lavras, MG: UFLA, 1997. 159p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de Lavras.

MELLO, A. A. **Estudo silvicultural e da viabilidade econômica do manejo da vegetação do cerrado**. Lavras: UFLA, 1999. 187 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de Lavras.

PULZ, F. A. et al. **Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta inequiânea com a matriz de transição**. *Cerne*, v. 3, n. 1, p. 77-96, 1999.

REZENDE, A. V. **Diversidade, estrutura, dinâmica e prognose do crescimento de um cerrado *sensu stricto* submetido a diferentes distúrbios por desmatamento**. Curitiba, 2002. 243p. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Paraná.

SCOLFORO, J.R.S; MELIO, J. M. de ; OLIVEIRA, A. D. de; MELLO, A. A de; FERREIRA, D. F..**Avaliação diferentes níveis de intervenção no desenvolvimento da área basal e número de árvores de uma área de cerrado *stricto sensu*** . R. Cerne, v. 6, n. 2, p. 025-034, 2000.

SCOLFORO, J.R.S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 443p.

THIERSCH, C. R.; MOREIRA, M. F. B.; SCOLFORO, J. R. S. Sistema Biométrico Florestal - SISFLOR. In: 49ª REUNIÃO DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA., 2004, Uberlandia. **Anais...** p. 199-204.

CAPÍTULO 2

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE UM CERRADO *STRICTO SENSU*
SUBMETIDO A DIFERENTES NÍVEIS DE INTERVENÇÃO**

**ECONOMICAL EVALUATION OF A CERRADO *STRICTO SENSU*
SUBMITTED TO DIFFERENT INTERVENTION LEVELS**

1 RESUMO

Os objetivos desse trabalho são analisar a viabilidade econômica do manejo da vegetação do cerrado para diversos níveis de intervenção, taxas de juros, preços da terra e do carvão vegetal; determinar o ciclo de corte ótimo econômico para o manejo dessa vegetação; comparar as lucratividades do manejo da vegetação do cerrado e do cultivo de eucalipto. Os dados de crescimento e produção referentes à vegetação do cerrado foram obtidos em um experimento implementado em 1986 em um fragmento florestal submetido a diversos níveis de intervenção. Obtiveram-se dados de custos de todas as etapas envolvidas na produção de madeira e de carvão vegetal, para a vegetação do cerrado e para eucalipto. Na análise econômica utilizou-se o método do Valor Presente Líquido considerando um horizonte de planejamento infinito. Concluiu-se que o manejo da vegetação do cerrado é viável economicamente, sendo a lucratividade maior na medida em que se eleva o nível de intervenção na floresta. O ciclo de corte ótimo econômico para o manejo da vegetação do cerrado é de 10 anos, independente do nível de intervenção utilizado. A remoção de 50% da área basal da vegetação, conforme preconiza a legislação florestal que regulamenta os planos de manejo em Minas Gerais, é viável economicamente desde que sejam utilizados ciclos de corte entre 10 e 18 anos. Aumentos no preço da terra e na taxas de juros reduzem a lucratividade do manejo da vegetação do cerrado e, dependendo dos níveis atingidos, podem inviabilizar economicamente essa atividade. Pequenas reduções no preço do carvão vegetal podem inviabilizar o manejo do cerrado. Investir no cultivo de eucalipto é mais lucrativo que manejar a vegetação do cerrado.

Palavras-chave: manejo sustentado, viabilidade econômica, análise de sensibilidade, valor presente líquido.

2 ABSTRACT

This study analyzed the economical viability of the management of the vegetation of the savannah in several intervention levels, interest rates and land and charcoal prices; determined the economic cut cycle for the management of that vegetation; and compared the profitability of the Cerrado (savannah) management with the eucalyptus cultivation. The growth and production data of the vegetation of the savannah were obtained from an experiment carried out in 1986 in a forest fragment submitted to several intervention levels. Cost data were collected in all stages involved in the wood and charcoal production, for the savannah vegetation and for eucalyptus plantation. In the economical analysis the Net Present Value was used, considering an infinite planning horizon. The results indicated that the savannah management is economically feasible. Profitability increases with the intervention level in the forest. The optimal economic cut cycle of the management of the savannah vegetation is 10 years, independent on the intervention level used. The removal of 50% of the basal area of the savannah vegetation, according to Minas Gerais forest legislation, is economically feasible for cut cycles between 10 and 18 years. Increases in land price and in the interest rates reduce the profitability of the management of the vegetation of the savannah and, depending on the reached levels, the activity may become unfeasible. Small reductions in charcoal price can render the savannah management unfeasible. To invest in eucalyptus cultivation is more profitable than to manage the savannah vegetation.

Key words: sustained management, economic viability, sensibility analysis, net present value.

3 INTRODUÇÃO

Com a expansão acelerada da atividade florestal no Brasil, surgida a partir dos incentivos fiscais na década de 60, a região do cerrado passou a ter maior destaque no setor de reflorestamento do país devido, principalmente, às condições edafoclimáticas e fisiográficas da região serem favoráveis ao estabelecimento de plantios de eucalipto e ao baixo preço praticado pelo valor da terra naquele momento. Hoje, esta atividade continua forte, uma vez que o estado de Minas Gerais possui um grande consumo de carvão vegetal para siderurgia, responsável, em 2004, por 66,1% do consumo total brasileiro, que corresponde a 24,42 milhões de metros de carvão (AMS, 2005).

Em 1980, o carvão vegetal oriundo de florestas nativas representava 85,8% de todo consumo brasileiro. No entanto, este percentual foi decrescendo nos anos seguintes, chegando a 24,6% em 1997. Com a valorização do dólar frente à nossa moeda nacional e com o aumento nas exportações de produtos como o ferro gusa, a demanda por carvão vegetal aumentou de forma significativa nos últimos anos chegando a 36,92 milhões de metros em 2004 (a maior nos últimos 17 anos). Com o aumento repentino na demanda de carvão para siderurgia, a oferta deste insumo originado de florestas plantadas não acompanhou este crescimento, aumentando a pressão sobre as florestas nativas, que forneceu, em 2004, 52,8% de todo carvão vegetal consumido no Brasil.

Boa parte da exploração da vegetação nativa para a produção de carvão vegetal não é acompanhada de reposição florestal. Assim, a busca de alternativas de técnicas de manejo economicamente viáveis é necessária, para que a forma desordenada de exploração do cerrado não venha acarretar prejuízos sociais, econômicos e ambientais para a população que depende deste bioma para a sua subsistência.

Os estudos que tratam da economicidade do manejo florestal do cerrado são escassos, apresentando poucos trabalhos que avaliaram a viabilidade

econômica de se produzir carvão vegetal para siderurgia neste tipo de vegetação. Entre eles, pode-se citar Rezende et al. (1986), Oliveira et al. (1998) e Oliveira et al. (2002).

Dentro deste contexto, os objetivos deste trabalho foram analisar a viabilidade econômica do manejo da vegetação do cerrado para diversos níveis de intervenção, taxas de juros, preços da terra e do carvão vegetal; determinar o ciclo de corte ótimo econômico para o manejo da vegetação do cerrado; comparar as lucratividades do manejo da vegetação do cerrado e do cultivo de eucalipto, ambas para a produção de madeira para carvão vegetal.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

Utilizou-se como objeto de estudo um fragmento de cerrado situado na Fazenda Vitória, de propriedade da V&M Florestal, localizada no município de Coração de Jesus, Minas Gerais.

O fragmento caracteriza-se como cerrado *stricto sensu*, tendo sofrido exploração em décadas passadas, com a intensidade de intervenção não conhecida. A área situa-se na região norte de Minas Gerais, a 490 km de Belo Horizonte. Possui altitude de 800 m e relevo plano.

Segundo a classificação climática de Köppen, a região da área de estudo caracteriza-se pelo clima tropical seco - tipo Aw, com precipitação média anual de 820 mm e temperatura média anual de 25°C.

4.2 Descrição do experimento

O experimento foi instalado em 1986 pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF), no fragmento já caracterizado. Ele constitui-se de seis tratamentos, ou seja, retirada de 50%, 70%, 80%, 90% e 100% da área basal total, além do estabelecimento de um tratamento como testemunha (sem qualquer intervenção). A área ocupada pelo experimento é de 30 ha e os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente em cinco blocos, totalizando 30 talhões de 1 hectare cada um. No centro de cada talhão foi locada uma parcela de 600 m² (20 x 30 m). Antes das intervenções, foi feito o levantamento de cada parcela para obtenção da área basal total, do número de plantas e da nomenclatura regional das espécies.

Em fevereiro de 1996, foi realizado um segundo inventário no qual todas as plantas que apresentaram circunferência a 1,3 metros de altura do solo (CAP) maior ou igual a 15,7 cm, foram medidas. As variáveis levantadas foram:

- CAP (1,30 m de altura do solo), com a utilização de fita métrica;
- Altura total, com a utilização de vara telescópica.

No caso de perfilhamento, desde que uma única haste ou fuste alcançasse o CAP mínimo, as demais também foram mensuradas, tanto em circunferência quanto em altura. Posteriormente, as medidas das ramificações de cada planta foram convertidas para medidas individuais por meio do cálculo da média aritmética das alturas e do diâmetro geométrico (D), cuja fórmula é:

$$D = \sqrt{DAP_1^2 + DAP_2^2 + \dots + DAP_n^2}, \text{ onde } DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

Todas as plantas medidas foram marcadas com placas de alumínio e pintadas com tinta vermelha na altura do CAP para identificar o local correto das medições posteriores. Para cada indivíduo amostrado, foi coletado o material botânico para identificação e herborização. A identificação taxonômica foi realizada a partir de consultas a especialistas e visitas ao herbário do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras.

Um terceiro inventário foi realizado em junho de 1998. As árvores marcadas foram novamente medidas, assim como as plantas recrutadas, ou seja, aquelas que atingiram dimensão mínima para medição ($CAP \geq 15,7$ cm), sendo também plaqueteadas e pintadas na altura de medição do CAP.

Em agosto de 2004, foi realizado um quarto inventário com a remedição das árvores marcadas, bem como das plantas recrutadas da mesma forma que os inventários anteriores. Todas as árvores mensuradas foram pintadas novamente e, quando necessário, replaqueteadas.

4.3 Obtenção dos volumes de cada tratamento

Os valores resultantes dos inventários e das prognoses realizadas para todos os tratamentos e ciclos de corte foram obtidos conforme metodologia especificada no capítulo 1 deste trabalho. No entanto, aqui o modelo de Markov foi construído com base nos dados de transição no intervalo de junho de 1998 a

agosto de 2004, correspondente a 6 anos e 2 meses (6,16 anos). Os resultados estão apresentados na Tabela 2.1.

TABELA 2.1 Volume retirado (RET) e remanescente (REM) dos tratamentos, em m³/ha, no momento da intervenção em 1986, nas épocas em que foram realizados os inventários (1996, 1998 e 2004) e nos anos para as quais foram feitas as prognoses (outubro de 2010, dezembro de 2016, fevereiro de 2023 e abril de 2029).

| Ano | Tratamentos | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| | 50% | | 70% | | 80% | | 90% | | 100% | |
| | REM | RET | REM | RET | REM | RET | REM | RET | REM | RET |
| 1986 | 10,81 | 10,81 | 6,48 | 15,13 | 4,32 | 17,29 | 2,16 | 19,45 | 0,00 | 21,61 |
| Fev/1996 | 16,76 | 16,76 | 9,84 | 22,97 | 5,37 | 21,48 | 2,70 | 24,30 | 0,00 | 36,70 |
| Jun/1998 | 18,90 | 18,90 | 10,58 | 24,68 | 6,52 | 26,10 | 3,30 | 29,68 | 0,00 | 44,18 |
| Ago/2004 | 20,72 | 20,72 | 11,61 | 27,08 | 7,33 | 29,32 | 3,75 | 33,78 | 0,00 | 50,75 |
| Out/2010 | 26,18 | 26,18 | 14,11 | 32,91 | 9,88 | 39,52 | 4,67 | 41,99 | 0,00 | 60,92 |
| Dez/2016 | 28,24 | 28,24 | 14,58 | 34,03 | 10,89 | 43,57 | 4,96 | 44,65 | 0,00 | 64,34 |
| Fev/2023 | 30,17 | 30,17 | 15,00 | 35,00 | 11,78 | 47,11 | 5,26 | 47,30 | 0,00 | 67,18 |
| Abr/2029 | 31,93 | 31,93 | 15,37 | 35,86 | 12,51 | 50,05 | 5,54 | 49,90 | 0,00 | 69,43 |

4.4 Estrutura de custos

4.4.1 Custos relacionados à produção de carvão vegetal de vegetação do cerrado

Os custos de produção de carvão vegetal de vegetação de cerrado foram obtidos a partir de dados fornecidos pela ASIFLOR (Associação das Siderúrgicas para o Fomento Florestal) e por meio de entrevistas com empreiteiros da região de estudo que atuam neste mercado (Tabela 2.2). Isto

ocorreu devido à grande dificuldade de encontrar empresas especializadas na produção de carvão vegetal originado de madeira nativa e, também, porque pequenas empresas ou pessoas físicas deste negócio dificilmente cumprem integralmente a legislação trabalhista e tributária. Os dados levantados foram ponderados e acrescidos de impostos.

Desta forma, no valor final já foram contemplados os custos de depreciação (estruturas, máquinas, equipamentos e ferramentas), de administração, de impostos, de encargos sociais, de indenizações trabalhistas, de alimentação, de transporte de pessoal, dentre outros.

Os custos com manutenção da floresta não foram considerados, uma vez que, após o corte, considerou-se que houve a regeneração do cerrado sem qualquer tipo de condução da rebrota.

Como custo anual da terra considerou-se os juros sobre o seu valor que, na região de estudo, situa-se em torno de R\$ 400,00 por hectare, conforme informações prestadas por corretores da região.

Segundo Oliveira et al. (2002), os investimentos em terra para fins florestais são altos e devem ser considerados na análise econômica.

TABELA 2.2 Custo de produção de carvão vegetal originado da vegetação do cerrado no norte de Minas Gerais.

| Itens | Unidade | Ano de ocorrência | Valor (R\$) |
|---|-----------------------|--------------------------|--------------------|
| Implantação | | | |
| Levantamento topográfico | (R\$/ha) | 0 | 4,00 |
| Inventário e elaboração do plano de manejo | (R\$/ha) | 0 | 15,00 |
| Abertura de estradas e aceiros | (R\$/ha) | 0 | 54,00 |
| Colheita | | | |
| Marcação das árvores a serem exploradas | (R\$/ha) | Anos de corte | 12,00 |
| Manutenção de estrada e aceiros | (R\$/ha) | Anos de corte | 10,63 |
| Corte, desgalha, picação e embandeiramento | (R\$/m ³) | Anos de corte | 6,60 |
| Extração da madeira (baldeio) | (R\$/m ³) | Anos de corte | 2,20 |
| Transporte da madeira até a carvoaria | (R\$/m ³) | Anos de corte | 4,40 |
| Carbonização | (R\$/mdc) | Anos de corte | 8,00 |
| Frete carvão até usina | (R\$/mdc) | Anos de corte | 14,50 |
| Custo da terra | | | |
| Valor da terra | (R\$/ha) | - | 400,00 |
| Custo da terra – (i = 6% a.a.) - [400,00 x i] | (R\$/ha) | Anual | 24,00 |

US\$ 1,00 = R\$ 2,165

4.4.2 Custos relacionados à produção de carvão vegetal de *Eucalyptus* sp.

Os custos de produção de madeira para produção de carvão vegetal até a colheita, para um povoamento de eucalipto, foram calculados para a formação de 1 hectare de floresta e encontram-se na Tabela 2.3. Estes dados foram obtidos junto a uma grande empresa de reflorestamento do setor florestal que atua na região onde está instalado este experimento.

Na composição dos custos de mão-de-obra, foi considerada, em cada operação florestal, a demanda de trabalhadores necessária para sua realização, incluídos alimentação e transporte, além de todos os direitos e encargos trabalhistas, tais como: décimo terceiro salário, abono de férias, horas extras, auxílio-doença, fundo de garantia por tempo de serviço (FGTS), previdência social, salário-educação e outros.

Para a mecanização, o custo foi calculado por meio da soma de todos os gastos necessários para a realização de cada operação florestal, sendo elas: manutenção preventiva e corretiva das máquinas, óleo lubrificante, combustível, etc.

No grupo de insumos, estão contabilizados os custos de aquisição de mudas, herbicidas, fertilizantes e formicidas.

O custo indireto (fixo) foi contabilizado separadamente e aplicado sobre o custo direto (variável), representando 20% sobre o valor final de cada operação. Neste grupo, consideraram-se os custos de depreciação (estruturas, máquinas, equipamentos e ferramentas), de administração, de impostos, de transporte de pessoal, dentre outros.

TABELA 2.3 Custo de produção de madeira para a produção de carvão vegetal originado de florestas de eucalipto, no norte de Minas Gerais.

| Itens de custo | Ano de ocorrência | Custo direto (R\$/ha) | | | Custo indireto (R\$/ha) | Total (R\$/ha) |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------|---------|-------------------------|----------------|
| | | Mão-de-obra | Mecanização | Insumos | | |
| Implantação/reforma | | | | | | |
| 1º controle às formigas (localizado) | 0 | 22,67 | | 15,60 | 9,57 | 47,84 |
| 2º controle às formigas (sistemático) | 0 | 18,14 | | 10,40 | 7,14 | 35,68 |
| Roçada mecanizada (área total) | 0 | | 22,00 | | 5,50 | 27,50 |
| Capina química área total (barra) | 0 | | 12,00 | 32,00 | 11,00 | 55,00 |
| Aplicação de calcário | 0 | 4,50 | 24,00 | 75,00 | 25,88 | 129,38 |
| Subsolagem e fosfatagem | 0 | 4,50 | 74,00 | 124,00 | 50,63 | 253,13 |
| Plantio | 0 | 40,00 | | 350,00 | 97,50 | 487,50 |
| Adubação de plantio (NPK) | 0 | 13,50 | 5,00 | 120,00 | 34,63 | 173,13 |
| Replantio | 0 | 5,10 | | 20,00 | 6,28 | 31,38 |
| Abertura de estradas e aceiros | 0 | | 24,00 | | 6,00 | 30,00 |
| Manutenção | | | | | | |
| Capina química na entrelinha | 1, 8 e 15 | | 34,00 | 48,00 | 20,50 | 102,50 |
| Capina química na entrelinha | 2, 9 e 16 | | 17,00 | 24,00 | 10,25 | 51,25 |
| Capina química na linha | 1, 8 e 15 | 54,40 | | 32,00 | 21,60 | 108,00 |
| Capina manual na linha | 1, 2, 8, 9, 15 e 16 | 36,00 | | | 9,00 | 45,00 |
| Roçada mecanizada na entrelinha | 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 15, 16 e 17 | | 18,60 | | 4,65 | 23,25 |
| Adubação de cloreto potássio | 1, 8 e 15 | 4,50 | 15,00 | 213,00 | 58,13 | 290,63 |
| Adubação de boro | 1, 2, 3, 8, 9, 10, 15, 16 e 17 | 13,60 | 3,80 | 18,50 | 8,98 | 44,88 |

Continua...

TABELA 2.3 Continuação...

| | | | | | |
|-----------------------------|---------------------|-------|-------|--------|---------------|
| Controle às formigas | anual | 11,50 | 2,60 | 3,53 | 17,63 |
| Conservação de estradas | Anual | | 14,00 | 3,50 | 17,50 |
| Manutenção de aceiros | anual | | 8,50 | 2,13 | 10,63 |
| Condução de brotação | | | | | |
| Condução de brotação | 1º ano após o corte | 54,36 | | 13,59 | 67,95 |
| Redução de brotação | 2º ano após o corte | 45,3 | | 11,325 | 56,625 |

US\$ 1,00 = R\$ 2,165

O custo da terra e os custos com colheita, carbonização, transporte e terra estão dispostos na Tabela 2.4. No custo de transporte (frete), considerou-se o preço médio pago por metro de carvão aos proprietários de caminhões para transportar o produto de uma propriedade localizada na região do estudo até as usinas de siderurgia, situadas, em sua maioria, na região central do estado de Minas Gerais.

TABELA 2.4 Custo da terra, de colheita e de carbonização para a produção de carvão vegetal originado de florestas de eucalipto, no norte de Minas Gerais.

| Itens | Unidade | Ano de ocorrência | Valor (R\$) |
|--|-----------------------|--------------------------|--------------------|
| Colheita | | | |
| Roçada pré-corte | (R\$/m ³) | Anos de corte | 0,73 |
| Corte, desgalha, picação e embandeiramento | (R\$/m ³) | Anos de corte | 10,17 |
| Transporte da madeira até a carvoaria | (R\$/m ³) | Anos de corte | 7,28 |
| Carbonização | (R\$/mdc) | Anos de corte | 5,70 |
| Frete carvão até usina | (R\$/mdc) | Anos de corte | 14,50 |
| Custo da terra | | | |
| Valor da terra | (R\$/ha) | | 400,00 |
| Custo da terra - 6% a.a. - [400,00 x i] | (R\$/ha) | Anual | 24,00 |

US\$1,00 = R\$2,165.

4.5 Estrutura de receitas

4.5.1 Receitas relacionadas à vegetação do cerrado

As receitas de cada tratamento e ciclo de corte foram obtidas multiplicando-se a quantidade de metros de carvão (mdc) obtida em cada tratamento e ciclo de corte pelo preço desse produto.

O valor do mdc considerado foi de R\$ 72,80, que corresponde a uma média do preço deste produto pago pelas empresas siderúrgicas do estado de Minas Gerais no ano de 2005, calculada conforme mostra a Tabela 2.5.

Para a conversão de m³ de madeira para mdc utilizou-se um fator igual a 1,3636. Este dado foi levantado por meio dos rendimentos médios obtidos por empreiteiros que atuam na região de estudo.

TABELA 2.5 Preço médio do carvão vegetal de florestas nativas pago pelas empresas siderúrgicas em 2005, no estado de Minas Gerais.

| Mês | Sete Lagoas (R\$/mdc) | Divinópolis (R\$/mdc) | Norte de Minas (R\$/mdc) | Vertentes (R\$/mdc) | Grande BH (R\$/mdc) | Vale do Aço (R\$/mdc) | Média MG (R\$/mdc) |
|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|
| Jan | 89,9 | 88,0 | - | - | 89,2 | 88,5 | 88,9 |
| Fev | 84,5 | 85,2 | - | - | 89,1 | - | 86,3 |
| Mar | 82,0 | 90,6 | - | - | 84,4 | 75,0 | 83,0 |
| Abr | 79,6 | 82,1 | - | - | 84,2 | - | 82,0 |
| Mai | 72,5 | 77,5 | - | - | 65,0 | 56,0 | 67,8 |
| Jun | 69,8 | 68,3 | - | - | 66,2 | 59,0 | 65,8 |
| Jul | 64,5 | 57,5 | - | - | 66,2 | - | 62,7 |
| Ago | 65,8 | 61,5 | - | - | 66,2 | - | 64,5 |
| Set | 68,1 | 65,4 | - | - | 68,8 | - | 67,4 |
| Out | 71,0 | 68,4 | - | - | 68,0 | - | 69,1 |
| Nov | 75,5 | 69,1 | - | 71,0 | 67,0 | - | 70,7 |
| Dez | 68,8 | 64,2 | 70,0 | 70,0 | 60,0 | - | 66,6 |
| Média | 74,3 | 73,2 | 70,0 | 70,5 | 72,9 | 69,6 | 72,8 |

Fonte: AMS (2005); U\$1,00 = R\$2,165.

4.5.2 Receitas relacionadas ao plantio de *Eucalyptus* sp.

As receitas relacionadas à produção de carvão vegetal de madeira de eucalipto foram obtidas multiplicando-se a quantidade de metros de carvão (mdc) obtida pelo preço desse produto colocado no pátio da siderúrgica.

O preço do carvão vegetal originado de plantios de eucalipto foi obtido por meio do valor final médio (R\$ 84,60) pago de janeiro a setembro de 2005 pelas empresas siderúrgicas do estado de Minas Gerais, calculado conforme mostra a Tabela 2.6.

Em relação à produtividade dos povoamentos de eucalipto, realizou-se uma simulação considerando diversos níveis de produtividade, expressos pelos

seguintes Incrementos Médios Anuais (IMA), em m³/ha.ano: de 20, 25, 30, 35, 40. O fator utilizado para conversão de metro cúbico de madeira para metro de carvão (mdc) foi de 1,45.

Considerou-se um ciclo de corte de 21 anos com 3 rotações (7, 14 e 21 anos) e uma produção volumétrica de 90% da produção obtida no alto fuste para a 1ª talhadia e de 90% sobre esta última para a 2ª talhadia.

TABELA 2.6 Preço médio do carvão vegetal de florestas plantadas pago pelas empresas siderúrgicas em 2005, posto no pátio da usina, no estado de Minas Gerais.

| Mês | Sete Lagoas (R\$/mdc) | Divinópolis (R\$/mdc) | Norte de Minas (R\$/mdc) | Vertentes (R\$/mdc) | Grande BH (R\$/mdc) | Vale do Aço (R\$/mdc) | Média MG (R\$/mdc) |
|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|
| Jan | 103,80 | 102,50 | 102,50 | 95,00 | 100,00 | 95,50 | 99,88 |
| Fev | 98,80 | 94,50 | 102,50 | 93,80 | 100,00 | 92,00 | 96,93 |
| Mar | 93,20 | 92,50 | 101,70 | 95,00 | 101,70 | 85,00 | 94,85 |
| Abr | 93,80 | 92,50 | 99,00 | 90,00 | 94,00 | 83,00 | 92,05 |
| Mai | 81,20 | 82,90 | 91,00 | 81,20 | 82,70 | 76,00 | 82,50 |
| Jun | 75,30 | 73,10 | 83,70 | 80,50 | 76,50 | 69,00 | 76,35 |
| Jul | 71,70 | 67,50 | 75,20 | 72,50 | 76,00 | 65,00 | 71,32 |
| Ago | 76,20 | 67,50 | 71,30 | 74,00 | 76,50 | 65,00 | 71,75 |
| Set | 78,80 | 77,00 | 75,50 | 74,00 | 77,80 | 73,00 | 76,02 |
| Média | 85,87 | 83,33 | 89,16 | 84,00 | 87,24 | 78,17 | 84,60 |

Fonte: AMS (2005); U\$1,00 = R\$2,165.

4.6 Critério utilizado nas análises econômicas

4.6.1. Análise da vegetação do cerrado

O fluxo de caixa utilizado como base para as análises econômicas do manejo da vegetação do cerrado é apresentado na Figura 2.1. Para as análises econômicas dos diferentes ciclos de corte considerados nesse estudo basta adequar essa figura à situação desejada.

Para definir o ciclo de corte ótimo econômico e para as análises econômicas dos diferentes regimes de manejo da vegetação do cerrado utilizou-

se o método do Valor Presente Líquido, considerando um horizonte de planejamento infinito (VPL_{∞}), calculado conforme a expressão a seguir:

$$VPL_{\infty} = VPL + \frac{VFL}{(1+i)^n - 1} + PT$$

Em que:

VPL = Valor presente líquido, dado pela diferença entre o valor das receitas e dos custos que ocorrem no ano em que os tratamentos foram implementados (1986 = ano 0);

VFL = Valor Final Líquido, dado pela diferença entre o valor das receitas e dos custos que ocorrem no ano em que se considera como base para definir o ciclo de corte (1996 = ciclo de corte de 10 anos = ano 10; 1998 = ciclo de corte de 12 anos = ano 12;; 2029 = ciclo de corte de 43 anos = ano 43);

PT = Preço da terra;

i = Taxa anual de juros;

n = Duração do ciclo de corte, em anos.

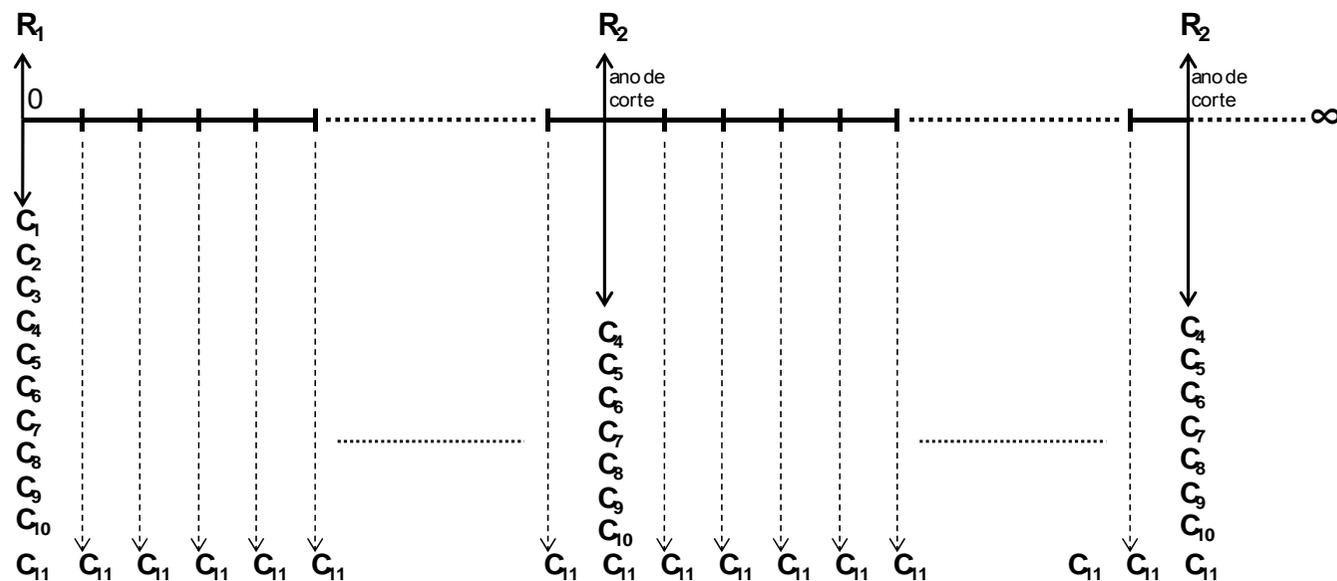


FIGURA 2.1 Fluxo de caixa vegetação do cerrado: C_1 : Levantamento topográfico (R\$ 4,00/ha); C_2 : Inventário e elaboração do plano de manejo (R\$ 15,00/ha); C_3 : Abertura de estradas e aceiros (R\$ 54,00/ha); C_4 : Marcação das árvores a serem exploradas (R\$ 12,00/ha); C_5 : Manutenção de estrada e aceiros (R\$ 10,63/ha); C_6 : Corte, desgalha, picação e embandeiramento (R\$ 6,60 x volume de madeira retirado no ano de corte); C_7 : Extração da madeira (R\$ 2,20 x volume de madeira retirado ano de corte); C_8 : Transporte da madeira até a carvoaria (R\$ 4,40 x volume de madeira retirado no ano de corte); C_9 : Carbonização (R\$ 8,00 x volume de carvão vegetal produzido no ano de corte); C_{10} : Frete até usina (R\$ 14,50 x volume de carvão vegetal produzido no ano de corte); C_{11} : Custo da terra anual (Valor da terra x Taxa de juros = R\$ 400,00 x 0,06 = R\$ 24,00/ha); R_1 : Receita ano 0 (R\$ 72,80 x volume de carvão vegetal produzido no ano 0); R_2 : Receita ano ciclo de corte (R\$ 72,80 x volume de carvão vegetal produzido no ano ciclo de corte).

4.6.2. Análise do plantio de eucalipto

O fluxo de caixa utilizado como base para as análises econômicas do plantio de *Eucalyptus* sp. para a produção de madeira para carvão encontra-se na Figura 2.2. O método de análise econômica a ser utilizado é o Valor Presente Líquido, considerando um horizonte de planejamento infinito, expresso pela seguinte equação,

$$VPL_{\infty} = \frac{VPL(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Em que:

VPL = Valor Presente Líquido, dado pela diferença entre as receitas e os custos (inclusive terra) que ocorrem desde a implantação da floresta até o terceiro corte feito aos 21 anos de idade;

n = Idade do povoamento no momento do terceiro corte (21 anos).

Segundo Souza (1999) e Rezende & Oliveira (2001), o método do VPL é a base para o cálculo de outros métodos utilizados, sendo muito conhecido e utilizado na avaliação de investimentos florestais. Ele apresenta as seguintes vantagens: critério rigoroso, isenção de falhas técnicas e fornece um valor atual fácil de ser relacionado com um valor monetário no presente.

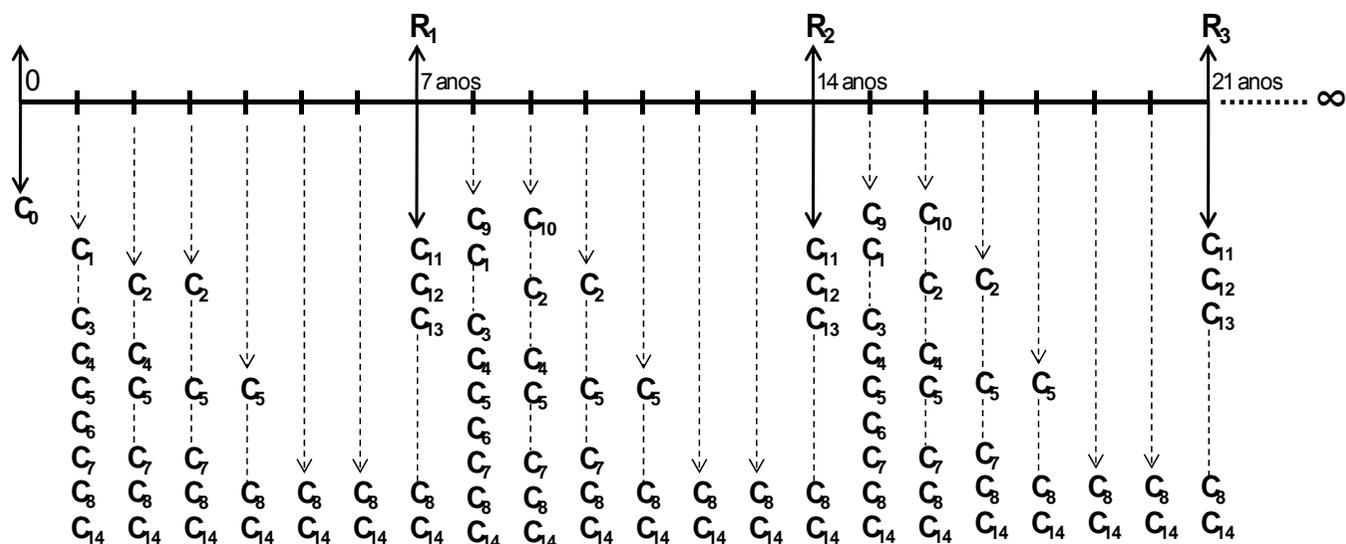


FIGURA 2.2 Fluxo de caixa do plantio de eucalipto: C_0 : Custos ano 0 – implantação/reforma (R\$ 1.270,54/ha); C_1 : Capina química na entrelinha (R\$ 102,50/ha); C_2 : Capina química na entrelinha (R\$ 51,25/ha); C_3 : Capina química na linha (R\$ 108,00/ha); C_4 : Capina manual na linha (R\$ 45,00/ha); C_5 : Roçada mecanizada na entrelinha (R\$ 23,25/ha); C_6 : Adubação de cloreto potássio (R\$ 290,63/ha); C_7 : Adubação boro (R\$ 44,88/ha); C_8 : Controle às formigas, conservação de estradas e manutenção de aceiros (R\$ 45,76/ha); C_9 : Condução de brotação (R\$ 67,95/ha); C_{10} : Redução de brotação (R\$ 56,625/ha); C_{11} : Roçada pré-corte, corte, desgalha, picação, embandeiramento e transporte até carvoaria (R\$ 18,18 x volume de madeira retirado no ano de corte); C_{12} : Carbonização (R\$ 5,70 x volume de carvão vegetal produzido no ano de corte); C_{13} : Frete até usina (R\$ 14,50 x volume de carvão vegetal produzido no ano de corte); C_{14} : Custo da terra anual (valor da terra x taxa de juros = R\$ 400,00 x 0,06 = R\$ 24,00/ha); R_1 , R_2 e R_3 : Receitas nos anos de corte (R\$ 84,60 x volume de carvão vegetal produzido no ano de corte).

4.7 Análise de sensibilidade

Para os diferentes regimes de manejo da vegetação do cerrado, realizaram-se análises de sensibilidade do VPL_{∞} às variações na taxa de juros (2%, 4%, 6%, 8% e 10%), no preço da terra (R\$ 0,00; R\$ 200,00; R\$ 400,00; R\$ 600,00; R\$ 800,00 e R\$ 1.000,00) e no preço do carvão vegetal (-20%, + 20% e + 40%), a fim de verificar a influência destes fatores na viabilidade econômica dos tratamentos.

No plantio de eucalipto as simulações levaram em consideração mudanças na taxa anual de juros (2%, 4%, 6%, 8% e 10%) e na produtividade de madeira expressa pelo Incremento Médio Anual em volume (IMA de 20 m³/ha, 25 m³/ha, 30 m³/ha, 35 m³/ha e 40 m³/ha).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise econômica dos regimes de manejo da vegetação do cerrado

Com base nos volumes de madeira obtidos nas medições realizadas em 1996, 1998 e 2004 (ciclos de corte de 10, 12 e 18 anos, respectivamente) e nas prognoses geradas para outubro de 2010, dezembro de 2016, fevereiro de 2023 e abril de 2029 (ciclos de corte de 24, 30, 37 e 43 anos, respectivamente) e utilizando uma taxa de juros de 6% ao ano, obtiveram-se os VPL_{∞} para os cinco tratamentos (Tabela 2.7).

Como esperado, para um determinado ciclo de corte, à medida que aumenta o nível de intervenção em área basal, a lucratividade expressa pelo VPL_{∞} também aumenta. Assim, o tratamento 100% é o mais lucrativo, independente do ciclo de corte considerado. O pior resultado foi o do tratamento 50%, que apresentou viabilidade econômica apenas nos ciclos de corte mais curtos (10, 12 e 18 anos).

TABELA 2.7 Valor presente líquido considerando um horizonte de planejamento infinito (VPL_{∞}), para os diversos tratamentos e ciclos de corte da vegetação de cerrado, para a taxa de juros de 6% ao ano.

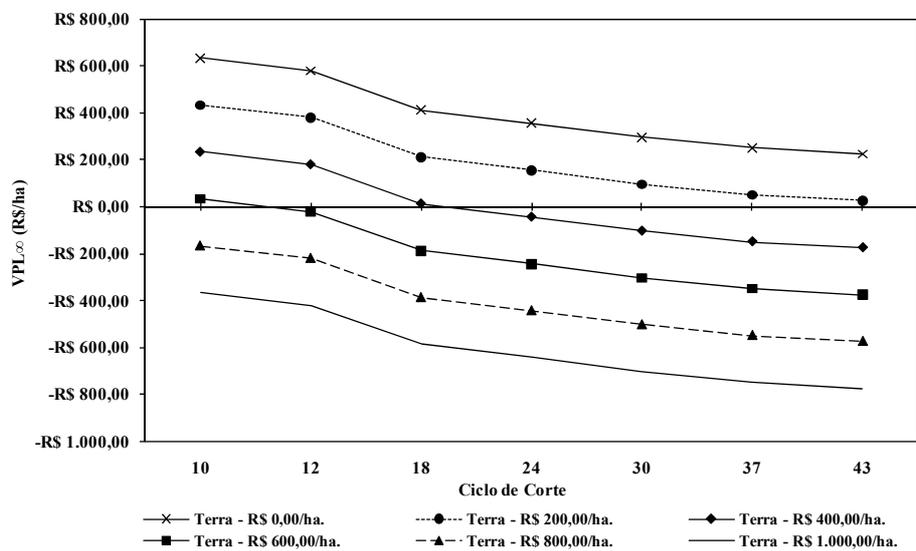
| Ciclo de Corte | Tratamentos / VPL_{∞} (R\$/ha) | | | | |
|----------------|---------------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| | 50% | 70% | 80% | 90% | 100% |
| 10 | 233,82 | 522,15 | 528,69 | 664,32 | 1.086,89 |
| 12 | 180,38 | 417,97 | 502,37 | 637,32 | 1.027,81 |
| 18 | 12,91 | 196,48 | 276,26 | 384,40 | 652,35 |
| 24 | -43,59 | 111,02 | 213,54 | 283,90 | 482,13 |
| 30 | -103,31 | 27,93 | 126,73 | 183,29 | 332,79 |
| 37 | -148,94 | -31,63 | 57,10 | 108,86 | 221,69 |
| 43 | -174,35 | -63,74 | 17,30 | 68,15 | 160,43 |

(US\$1,00 = R\$2,165).

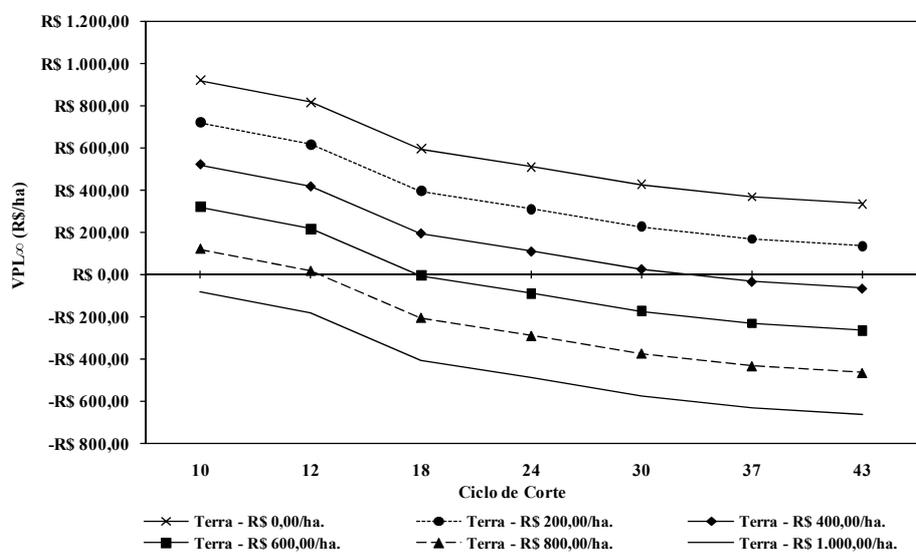
Conforme estabelece a Portaria 87, de 17 de maio de 2005, e o Decreto 43710, de 08 de janeiro de 2004, do Instituto Estadual Florestas, órgão mineiro responsável pela liberação e fiscalização de planos de manejo florestal, a intervenção em vegetação de cerrado é limitada em até 50% de remoção da área basal. Assim, os resultados indicam que, para o fragmento objeto desse estudo, praticar o manejo florestal de acordo com o que preconiza a legislação florestal é viável economicamente, desde que sejam considerados ciclos de corte iguais ou menores que 18 anos.

Os dados da Tabela 2.7 deixam claro que as maiores lucratividades são obtidas quando se utilizam ciclos de corte mais curtos, independente do tratamento considerado. Por exemplo, no tratamento em que se remove 80% da área basal da vegetação, o VPL_{∞} é de R\$ 528,69, se for manejado utilizando um ciclo de corte de 10 anos, e de R\$ 17,30, se for utilizado um ciclo de corte de 43 anos.

A Figura 2.3 mostra que terras com preço alto inviabilizam o manejo da vegetação do cerrado de alguns tratamentos, mesmo em ciclos de corte mais curtos. Por exemplo, no tratamento em que se retira 50% da área basal, para o ciclo de corte de 10 anos, se o preço da terra for de R\$800,00/ha, o VPL_{∞} será negativo. Já o tratamento em que se realiza corte raso (retirada de 100% da área basal) mantém-se viável economicamente mesmo quando o preço da terra atinge R\$ 1.000,00, desde que o ciclo de corte seja de 18 anos ou menos.



(a)



(b)

FIGURA 2.3 Efeito do preço da terra na viabilidade econômica da vegetação do cerrado: Tratamento 50% (a); Tratamento 70% (b); Tratamento 80% (c); Tratamento 90% (d); Tratamento 100% (e); (Continua...)

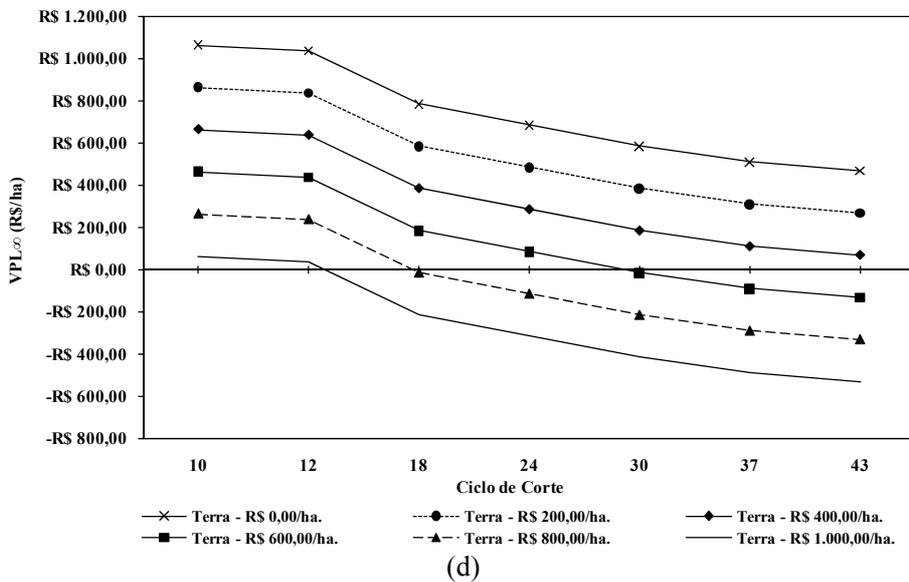
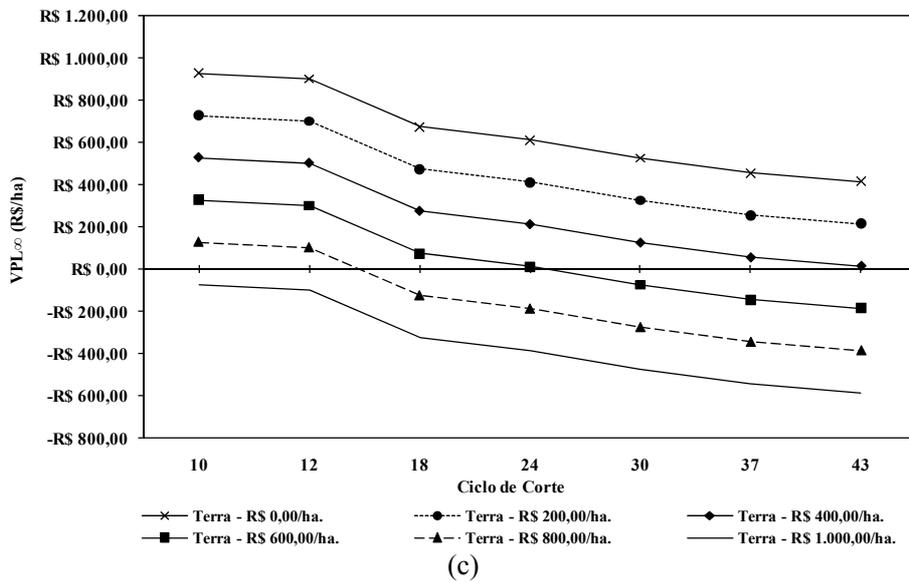


FIGURA 2.3 Continuação...

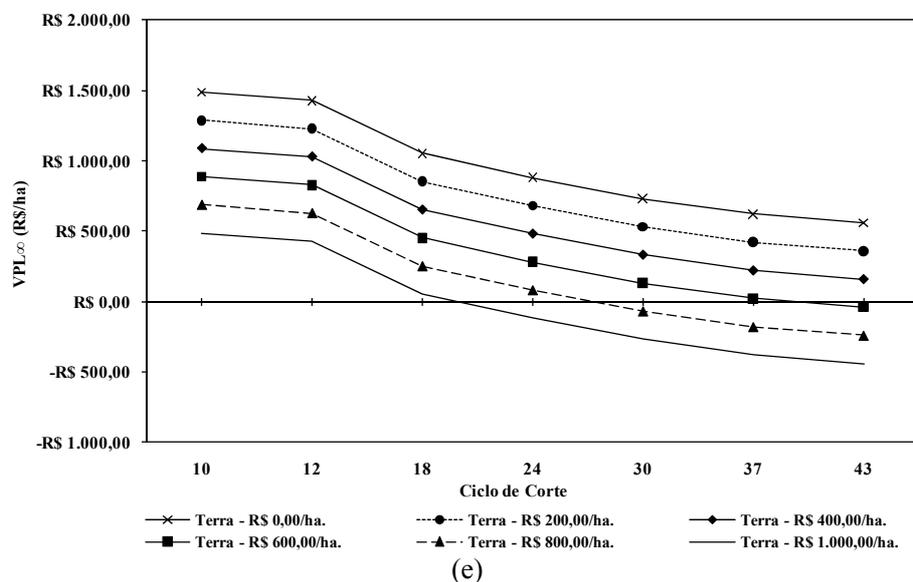
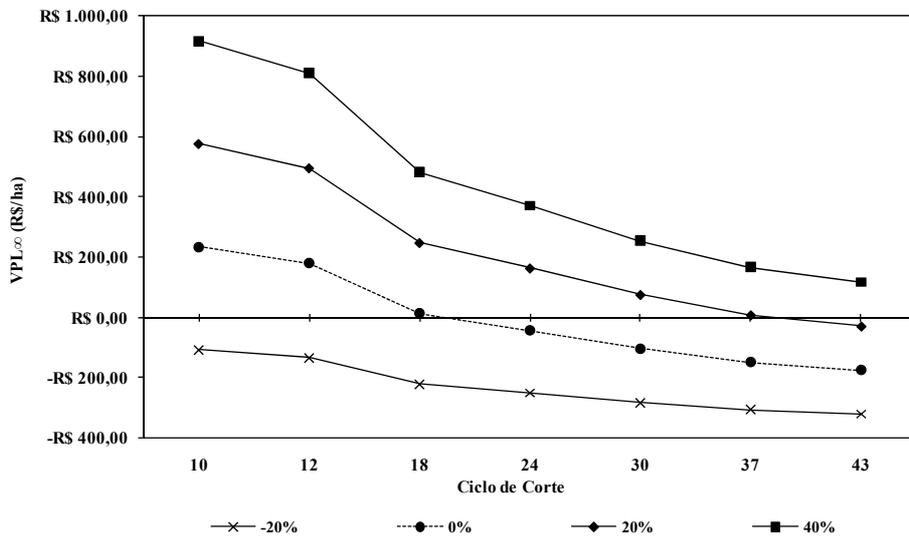


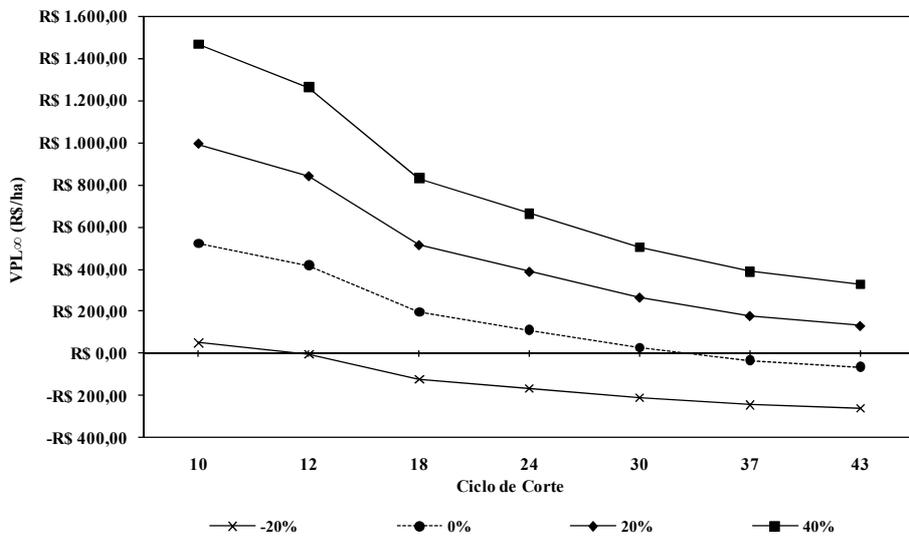
FIGURA 2.3 Continuação...

O preço do carvão vegetal varia bastante, principalmente em função de variações no preço do ferro gusa. Segundo a Associação Mineira de Silvicultura (2005), em 2005, o preço médio mensal pago pelas siderúrgicas de Minas Gerais ao metro de carvão vegetal colocado no pátio da usina variou de R\$ 62,70 em julho a R\$ 88,90 em janeiro.

Mudanças no preço de venda do carvão vegetal afetam de maneira significativa a viabilidade econômica do manejo da vegetação do cerrado, como mostra a Figura 2.4. Uma queda de 20% no preço desse produto utilizado como referência nesse estudo (R\$ 72,80) torna inviável economicamente o tratamento em que se retira 50% da área basal da vegetação, independente do ciclo de corte adotado. Mesmo no tratamento em que é feito corte raso, o manejo só será lucrativo se o ciclo de corte for menor que 30 anos.

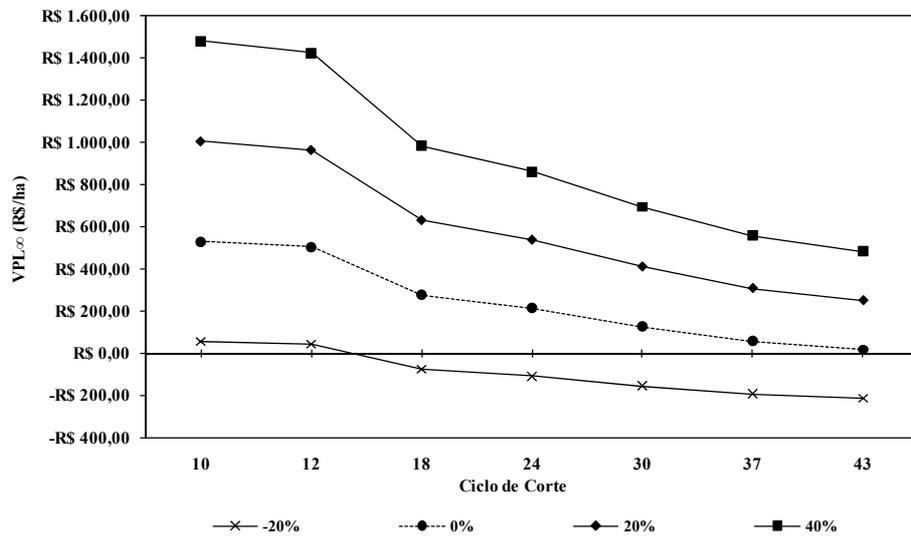


(a)

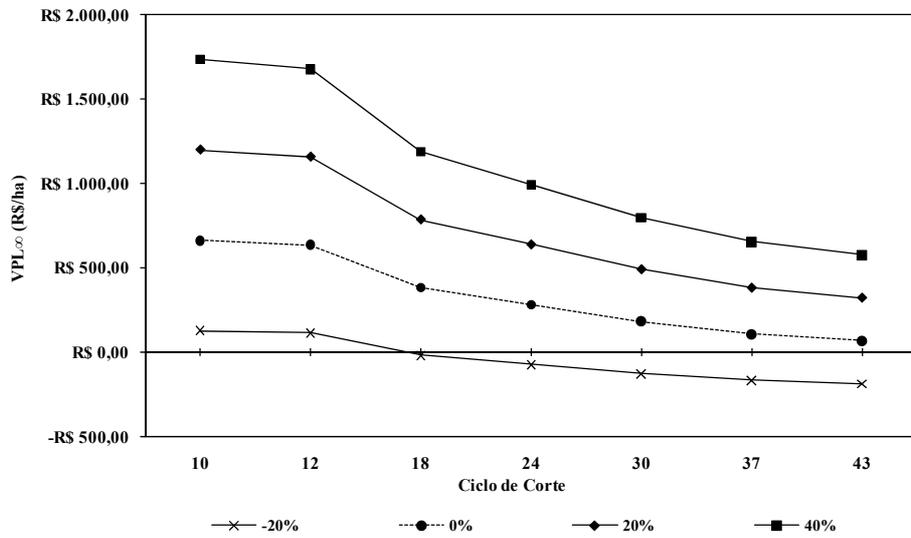


(b)

FIGURA 2.4 Efeito da variação do preço do carvão na viabilidade econômica da vegetação do cerrado: Tratamento 50% (a); Tratamento 70% (b); Tratamento 80% (c); Tratamento 90% (d); Tratamento 100% (e); (Continua...)

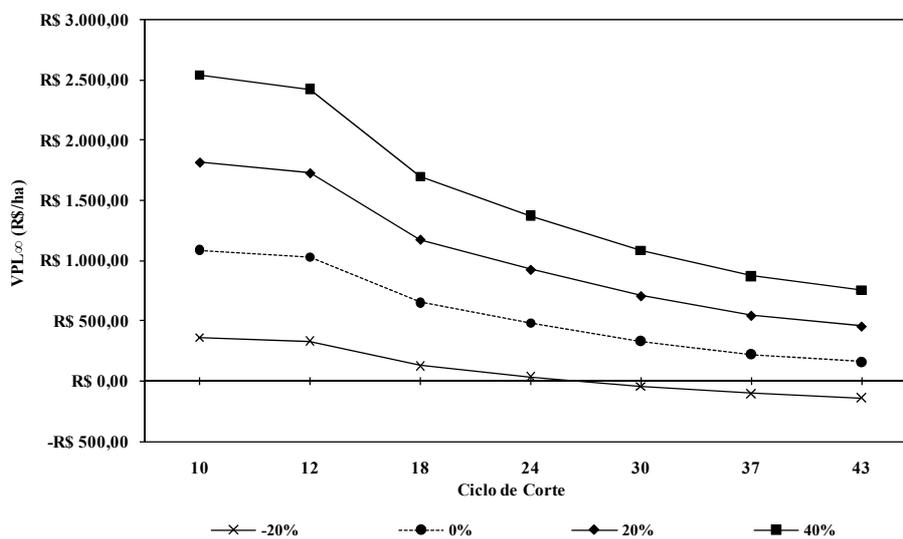


(c)



(d)

FIGURA 2.4 Continuação...

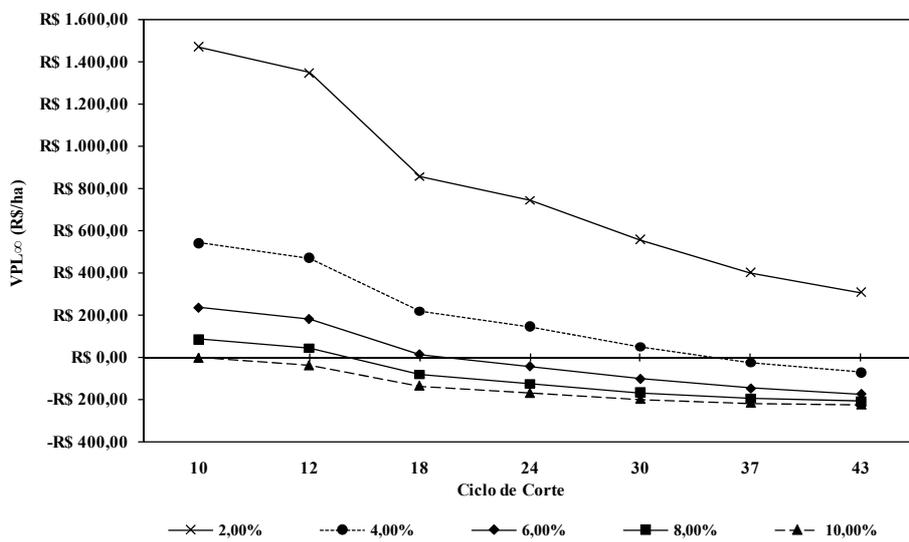


(e)

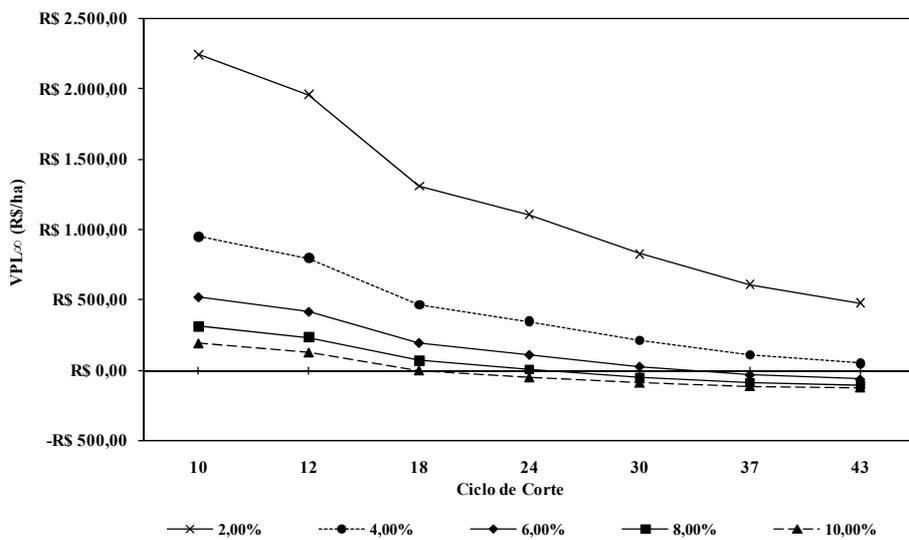
FIGURA 2.4 Continuação...

Por outro lado, se houver um aumento de 40% no preço do carvão, o manejo da vegetação do cerrado torna-se bastante lucrativo, mesmo em ciclos de corte longos e intensidades de remoção menores.

O efeito da taxa de juros sobre a lucratividade do manejo da vegetação do cerrado é mostrada na Figura 2.5. Taxas de juros elevadas tendem a inviabilizar economicamente essa prática florestal. Por exemplo, na intensidade de remoção de 50% da área basal, se for considerada uma taxa de juros de 10% ao ano, o VPL_{∞} será negativo em todos os ciclos de corte considerados.

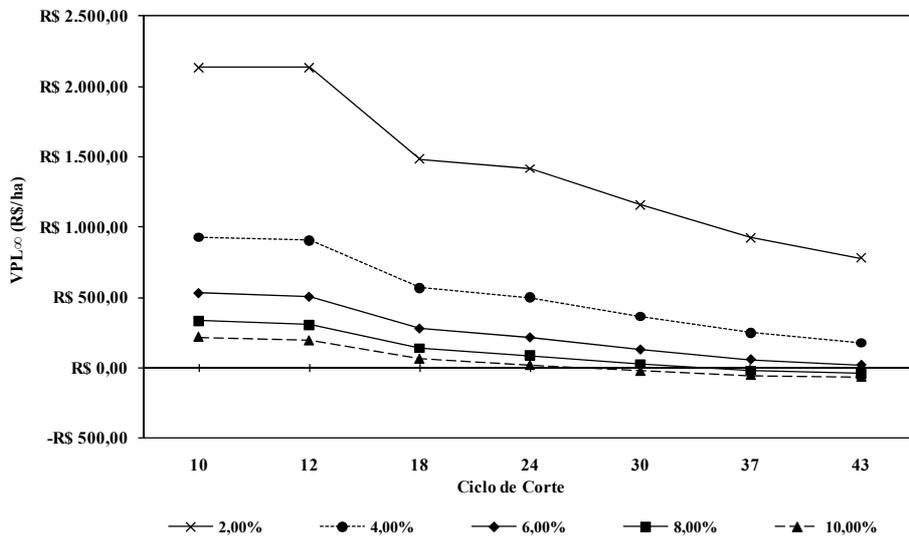


(a)

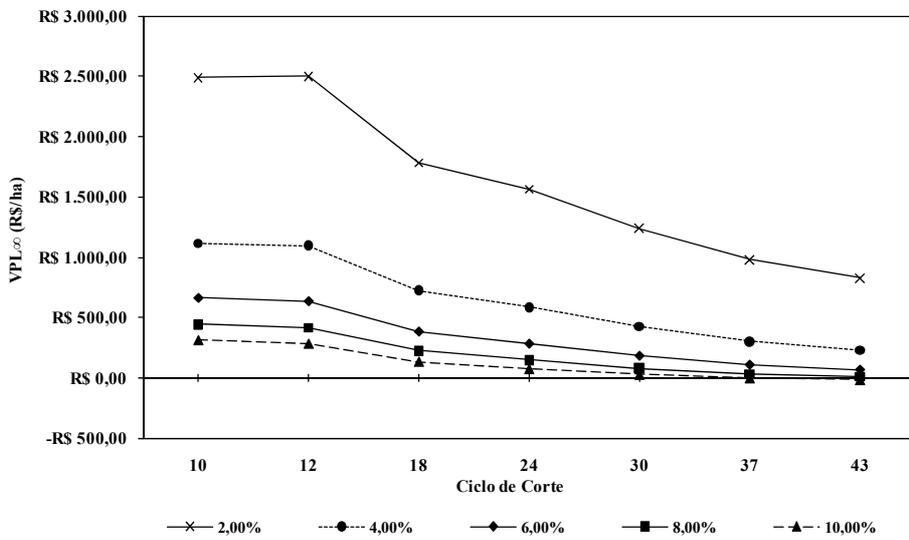


(b)

FIGURA 2.5 Efeito da taxa de juros na viabilidade econômica da vegetação do cerrado: Tratamento 50% (a); Tratamento 70% (b); Tratamento 80% (c); Tratamento 90% (d); Tratamento 100% (e); (Continua...)

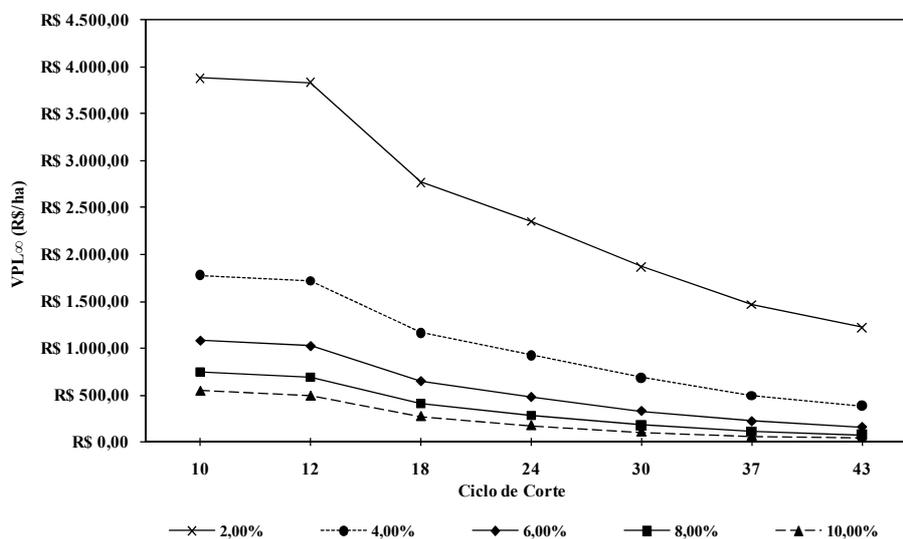


(c)



(d)

FIGURA 2.5 Continuação...



(e)

FIGURA 2.5 Continuação...

5.2 Análise econômica do plantio de eucalipto

O plantio de eucalipto em região de cerrado, visando a obter madeira para a produção de carvão, é uma atividade viável economicamente, mesmo em situações em que a produtividade é baixa (Tabela 2.8). Contudo, taxas de juros elevadas combinadas com o plantio em terras pouco produtivas, tendem a inviabilizar economicamente o cultivo de eucalipto. Por exemplo, no caso da taxa de 10% ao ano associada ao plantio em sítio com produtividade de 20 m³/ha.ano, o VPL_∞ é negativo.

TABELA 2.8 Valor Presente Líquido considerando um horizonte de planejamento infinito (VPL_{∞} - R\$/ha), para o plantio de eucalipto visando obter madeira para carvão vegetal, em diversos níveis de produtividade e taxas de juros.

| Incremento Médio Anual (m ³ /ha.ano) | Taxa de Juros (%) | | | | |
|---|-------------------|-----------|----------|----------|----------|
| | 2,00 | 4,00 | 6,00 | 8,00 | 10,00 |
| 20 | 8.193,14 | 2.984,62 | 1.236,56 | 355,31 | -177,55 |
| 25 | 13.825,63 | 5.659,98 | 2.929,45 | 1.559,34 | 735,05 |
| 30 | 30.723,09 | 13.686,06 | 8.008,13 | 5.171,43 | 3.472,85 |
| 35 | 25.090,60 | 11.010,70 | 6.315,24 | 3.967,40 | 2.560,25 |
| 40 | 30.723,09 | 13.686,06 | 8.008,13 | 5.171,43 | 3.472,85 |

(US\$1,00 = R\$2,165).

A comparação dos dados das Tabelas 2.7 e 2.8 permite inferir que, do ponto de vista econômico, o cultivo de eucalipto em região de cerrado é mais interessante que o manejo da vegetação desse bioma. Para a taxa de juros de 6% ao ano, mesmo no menor nível de produtividade do cultivo de eucalipto (20 m³/ha.ano), o retorno financeiro dessa atividade foi superior a todos os tratamentos experimentados no manejo da vegetação do cerrado.

6 CONCLUSÕES

Nas condições específicas em que este estudo foi desenvolvido, pode-se concluir que:

- O manejo da vegetação do cerrado é viável economicamente, e a lucratividade aumenta na medida em que se eleva o nível de intervenção na floresta.

- Do ponto de vista econômico, o ciclo de corte ótimo para o manejo da vegetação do cerrado é de 10 anos, independente do nível de intervenção utilizado.

- A remoção de 50% da área basal da vegetação, conforme preconiza a legislação florestal que regulamenta os planos de manejo em Minas Gerais, é viável economicamente, desde que sejam utilizados ciclos de corte entre 10 e 18 anos.

- Como esperado, aumentos no preço da terra e na taxas de juros reduzem a lucratividade do manejo da vegetação do cerrado e, dependendo dos níveis atingidos, podem inviabilizar economicamente essa atividade.

- A viabilidade econômica do manejo da vegetação do cerrado é muito sensível a mudanças no preço do carvão vegetal. Pequenas reduções no preço desse produto podem inviabilizar essa atividade.

- Em regiões de cerrado, se o objetivo for produzir madeira para carvão vegetal, investir no cultivo de eucalipto é mais lucrativo que manejar a vegetação nativa.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMS - Associação Mineira de Silvicultura. Disponível em:
<<http://www.silviminas.com.br>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2005.
- IEF - Instituto Estadual de Florestas. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov>>.
Acesso em: 20 de fevereiro de 2005.
- OLIVEIRA, A. D. de; MELLO, A. A.; SCOLFORO, J.R.S; REZENDE, J. L. P;
MELO, J. I. F. **Avaliação econômica da regeneração da vegetação de cerrado, sob diferentes regimes de manejo** . R. Árvore, v. 26, n. 6, p. 715-726, 2002.
- OLIVEIRA, A. D. de; LEITE, A. P.; BOTELHO, S. A.; SCOLFORO, J.R.S;
Avaliação econômica da vegetação de cerrado Submetida a diferentes regimes de manejo e de povoamentos de eucalipto plantado em monocultivo . Cerne, v. 4, n. 1, p. 034-056, 1998.
- REZENDE, J. L. P; VALE, A. B.; MINETTE,L. **Estudo comparativo da produção de carvão da madeira da vegetação nativa e de *Eucalyptus* spp.** Viçosa: SIF/IBDF (relatório), 1986. 45p.
- REZENDE, J.L.P.; OLIVEIRA, A.D.de. **Análise econômica e social de projetos florestais.** Viçosa: UFV, 2001. 389p.
- SOUZA, A.N. **Estudos econômico da reforma de povoamentos de *Eucalyptus* spp. - O caso do processo tecnológico.** 1999. 140p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.