

**ESTUDO DA DINÂMICA E A MODELAGEM DA ESTRUTURA  
DIAMÉTRICA DE UMA FLORESTA SEMIDECÍDUA MONTANA NA  
REGIÃO DE LAVRAS - MG**

**FREDERICO APARECIDO PULZ**

**1998**

**FREDERICO APARECIDO PULZ**

**ESTUDO DA DINÂMICA E A MODELAGEM DA ESTRUTURA  
DIAMÉTRICA DE UMA FLORESTA SEMIDECÍDUA MONTANA NA  
REGIÃO DE LAVRAS - MG**

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

Orientador

Prof. JOSÉ ROBERTO SOARES SCOLFORO

**LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1998**

**FREDERICO APARECIDO PULZ**

**ESTUDO DA DINÂMICA E A MODELAGEM DA ESTRUTURA  
DIAMÉTRICA DE UMA FLORESTA SEMIDECÍDUA MONTANA NA  
REGIÃO DE LAVRAS - MG**

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

APROVADA em 27 de fevereiro de 1998

Prof. Sebastião do Amaral Machado    UFLA

Prof. José Márcio de Mello            UFLA

Prof. José Roberto Soares Scolforo  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

À Lucienne, que com sua  
compreensão e força incentivou-me  
sempre a seguir em frente, na  
esperança de um futuro melhor

### **OFEREÇO**

Aos meus pais José e Lourdes,  
exemplos de amor, justiça e  
honestidade  
Aos meus irmãos Cilene, Flávio e  
João pela amizade

### **DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais José e Lourdes, que não pouparam sacrifícios em favor de minha formação.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciências Florestais (DCF), pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Prof. Dr. José Roberto Scolforo, pelos ensinamentos transmitidos durante a realização desse trabalho, pela orientação, confiança e pela amizade.

Aos professores Sebastião do Amaral Machado e José Márcio de Mello pelas valiosas sugestões dadas ao trabalho.

Ao Prof. Ary Teixeira de Oliveira Filho pela colaboração e identificação botânica das espécies.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Ciências Florestais, pelos conhecimentos transmitidos e colaboração.

Aos companheiros do curso de pós-graduação, pelo convívio e amizade.

Ao amigo Fausto W. Acerbi Jr., pelos bons e maus momentos passados neste período acadêmico.

Aos amigos Adelson e Tiãozinho, Anabel, Samurai, Cubatão, Adriana, Beth e Karen, pelos grandes momentos passados em Lavras.

A todos que participaram de forma direta ou indireta, para a realização deste trabalho.

## RESUMO GERAL

PULZ, Frederico Aparecido. **Estudo da dinâmica e a modelagem de uma floresta semidecídua montana na região de Lavras-MG.** Lavras: UFLA, 1998. 156p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal)

A abordagem deste estudo foi centrada no estudo da dinâmica de uma floresta semidecídua montana e na modelagem da estrutura diamétrica da floresta. Os dados básicos foram obtidos na reserva florestal existente na Universidade Federal de Lavras. Foram lançados nesta em 1986, 126 parcelas contíguas com 400 m<sup>2</sup> cada uma. As avaliações foram realizadas em 1987, 1992 e 1996. No capítulo 1 foi quantificado o crescimento em diâmetro, a mortalidade e o recrutamento das espécies que compõem a floresta em questão e de forma particularizada, dos grupos ecológicos que compreendem as espécies pioneiras, as espécies clímax exigentes de luz e as espécies clímax tolerantes à sombra; e interpretar a dinâmica da floresta a partir das informações obtidas em três inventários, visando detectar possíveis influências por ocasião dos estudos de modelagem de prognose da estrutura diamétrica. No capítulo 2 avaliado o desempenho do método de prognose da estrutura da floresta baseada na razão de movimentação dos diâmetros, no capítulo 3 avaliado o desempenho do modelo de prognose em que se reconhece a variação da taxa de incremento diamétrico em árvores individuais ou método de Wahlenberg e no capítulo 4 avaliado o desempenho da matriz de transição e de forma comparativa com os métodos apresentados nos capítulos 2 e 3. Em todos os 3 capítulos relacionados a modelagem estudou-se também a influência das mudanças ocorridas na floresta a partir de diferentes períodos de avaliação, no desempenho das prognoses. Foram identificados por ocasião destas 136, 143 e 149 espécies, considerando o diâmetro mínimo de medição igual ou superior a 5 cm. Como principais resultados foram detectados as seguintes alterações médias na estrutura da floresta. Das 149 espécies existentes na floresta apenas 6 apresentaram frequência até as classes diamétricas superiores a 45 cm de diâmetro, que é o diâmetro mínimo para uso em serrarias; para os três períodos estudados, entre 93 a 99% das espécies pioneiras, clímax exigentes de luz e clímax tolerantes à sombra, não ultrapassaram a dimensão de 25 cm de DAP; o incremento periódico anual em diâmetro, variou de 0,457 a 0,510 cm/ano; a taxa média de

---

Comitê Orientador: José Roberto S. Scolforo - UFLA (Orientador), Sebastião do Amaral Machado, José Márcio de Mello.

mortalidade da floresta foi de 2,0% ao ano para o período de 1987-92, 3,6% ao ano para 1992-96 e 2,3% ao ano para 1987-96. A taxa de recrutamento de árvores no processo de medições variou de 2,2% - 2,7% ao ano para os três períodos analisados; para os grupos ecológicos, as espécies clímax tolerantes à sombra apresentaram maior número de recrutamento (20,7 árvores/ha/ano) e as pioneiras os menores (3,3 árvores/ha/ano), em média para os três períodos. A modelagem da estrutura do povoamento só será realmente eficiente em todas as classes diamétricas, se a modelagem eficiente do recrutamento e mortalidade forem conseguidas. A modelagem da estrutura do povoamento para as classes de diâmetro superiores à 45 cm, independentemente do período de avaliação; no entanto, esta modelagem será eficiente se o período de prognose não for grande, maior que 20 anos. O método da matriz de transição, razão de movimentação de diâmetro e Wahlenberg apresentaram mesmo grau de eficiência para fins de prognose da estrutura da floresta, como um todo. A nível da frequência por classe diamétrica, estes métodos apresentaram desempenho diferenciado. O mesmo fato foi constatado para os diferentes períodos de avaliação. Neste caso pelo menos um dos métodos foi sensível às mudanças na estrutura da floresta.

## SUMMARY

### STUDY OF THE DYNAMICS AND MODELING OF A MONTANE SEMIDECIDUOUS FOREST IN THE REGION OF LAVRAS-MG

The approach of this study was centered around the study of the dynamics of a montane semideciduous forest and in the modeling of diametric structure of the forest. The basic data was obtained from the forest reserve of the Federal University of Lavras. The whole forest was divided into 126 plots with 400 m<sup>2</sup> each. The evaluations were done in 1987, 1992 and 1996. In chapter 1, the growth in diameter, the mortality and the ingrowth of the species that compose the forest in question and in a particular way, the ecological groups that form the pioneer species, the light-demanding and shade-tolerant climax species was quantified; the dynamics of the forest from information obtained in three inventories, aiming to detect possible influences at the time of the modeling studies of diametric structure prognosis. Was interpreted in chapter 2, the performance of the prognosis method of forest structure based on the ratio of movement of the diameters was evaluated. In chapter 3, the performance of the prognosis model in which the variation of the diametric increment rate in individual trees or the Wahlenberg's method are recognized. In chapter 4, the performance of the transition matrix was evaluated and compared to the methods presented in chapters 2 and 3. In all three chapters related to modeling, the influence of the changes occurred in the forest, starting from different evaluation periods, on the performance of the prognosis was also studied. During these evaluations, 136, 143 and 149 species were identified, considering the minimum measuring diameter equal to or above 5 cm. As main results, the following average alterations in the forest structure were detected: from the 149 existing species in the forest, only 6 presented frequency up to the diametric classes above 45 cm in diameter, which is the minimum diameter for use in sawmills; for the three periods studied, between 93 and 99% of the pioneer species, light-demanding climax and shade-tolerant climax, did not exceed the dimension of 25 cm of DBH; the periodic increment in diameter varied from 0.457 to 0.510 cm/year; the average forest mortality rate was 2.0% a year for the period 1987-1992, 3.6% a year for 1992-1996, and 2.3% a year for 1987-1996. The tree ingrowth rate in the measurement process varied from

---

Guidance Committee: José Roberto S. Scolforo - UFPA (Major Professor), Sebastião do Amaral Machado, José Márcio de Mello.

2.2% to 2.7% a year for the three periods analyzed; for the ecological groups, the shade-tolerant climax species presented the highest ingrowth number (20.7 trees/ha/year) and the pioneers the lowest (3.3 trees/ha/year), in average for the three periods. The modeling of the stand diameter structure will only be efficient in all diametric classes if an efficient modeling of the ingrowth and mortality is achieved. The modeling of the stand diameter structure for the classes with diameter above 45 cm proved to be independent from the evaluation period. However, this modeling will be efficient if the prognosis period is not long, longer than 20 years. The transition matrix, ratio of diameter movement and Wahlenberg's methods presented the same efficiency degree for forest structure prognosis as a whole. At the level of frequency by diametric class, these methods presented differentiated performance. The same fact was verified for the different evaluation periods. In this case, at least one of the methods was sensitive to changes in the forest structure.

**Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação  
da Biblioteca Central da UFLA**

Pulz, Frederico Aparecido

Estudo da dinâmica e a modelagem da estrutura diamétrica de uma Floresta semidecídua Montana na Região de Lavras, MG. / Frederico Aparecido Pulz. -- Lavras : UFLA, 1998.

156 p. : il.

Orientador: José Roberto Soares Scolforo.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Floresta Semidecídua Montana. 2. Dinâmica. 3. Cadeia de Markov. 4. Movimentação - Diâmetro. 5. Método de Wahlenberg. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.92

-634.9285

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A situação privilegiada do Brasil, que conta com 6,25 milhões de hectares de florestas plantadas e mais de 486 milhões de hectares de florestas nativas; a redução da oferta de madeiras tropicais, a partir de 1993, por parte dos países asiáticos (principalmente Indonésia e Malásia); a queda na produção norte-americana causada pelas restrições ao corte de florestas em áreas governamentais da costa oeste; associados a reativação econômica mundial; o grande volume de compras chinesas no primeiro semestre de 1993 e o fraco desempenho do mercado no Brasil, fizeram com que os produtores brasileiros enfatizassem as vendas no exterior, fortalecendo a imagem do produto florestal nacional. Embora, a nível mundial, a participação brasileira seja menor que 2% do comércio de produtos de base florestal de maior valor agregado, como - madeira serrada, painéis, pasta de madeira e papéis, a previsão é que até o ano de 2010 as taxas médias de crescimento, para o consumo de produtos da madeira, seja acima de 2,5% ao ano, denotando a potencialidade de crescimento que apresenta para o país neste segmento (BNDS, 1995).

Neste contexto, a Amazônia brasileira está em uma situação privilegiada e mais, com a globalização, nunca foram tão urgentes os planejamentos e ajustes bem elaborados nos mais diversos níveis de decisão. Assim, o conhecimento do potencial atual e futuro da biomassa existente em uma área florestal é imprescindível, tornando-se elemento chave para o planejamento e administração sensata das atividades a curto, médio e longo prazo.

Este conhecimento nas florestas plantadas são bem definidos através de uma ampla base cadastral em conjunto com o inventário florestal contínuo. Isto permite um eficiente acompanhamento do crescimento e da produção, os quais possibilitam definir claramente a rotação física e também a rotação econômica,

amparando tais definições em modelos de classificação de sítio e modelos de prognose da produção, como descritos em Scolforo (1994, 1995 e 1997).

Contudo, nas florestas nativas, especialmente as tropicais, a complexidade de seu ecossistema, o grande número de espécies com as mais diferentes características ecológicas, silviculturais e tecnológicas, as deficiências nas informações do padrão de crescimento das plantas; seja em áreas intactas, seja em áreas exploradas ou ainda em áreas sujeitas a regime de manejo, são grandes complicadores para que se faça um planejamento florestal eficiente. Naturalmente que muitos outros pontos são de extrema importância para que as florestas nativas possam ser utilizadas em base sustentada, como por exemplo: suscetibilidade das espécies florestais à exploração; a economicidade do manejo sustentado; maior eficiência no processo de beneficiamento e aproveitamento da madeira - o que certamente diminuirá a área sujeita a intervenção; a racionalização das técnicas de exploração e transporte; dentre outras.

Estes fatos contribuem para um número ainda reduzido de experiências com manejo de florestas nativas no Brasil. Pode-se citar, dentre outros, os trabalhos realizados por Cruz (1991), Jesus, Menandro e Thibau (1984a, 1984b), Jesus e Menandro (1984), Jesus, Souza e Garcia (1992), Souza (1989), Lamprecht (1990), Silva (1989, 1990, 1993), Silva et. al. (1995), Uhl et. al. (1990, 1992), Uhl e Vieira (1991), Yared e Souza (1993), Souza et. al. (1993), Vale et. al. (1994), Volpato (1994), Scolforo, Mello e Lima (1994), Yared (1996), Oliveira-Filho, Mello e Scolforo (1997).

Nestas experiências tem predominado os estudos da regeneração da floresta residual após adoção dos diferentes níveis de intervenção; dos danos causados à população residual no momento da exploração e transporte, dentre outros.

No tocante aos modelos de prognose, em que pese a impossibilidade de efetuar classificação através do método de índice de sítio e da dificuldade de se ter controle da idade nestas populações, é possível desenvolver ou aplicar a teoria de projeção de tabelas do povoamento às florestas nativas. Pode-se citar os trabalhos de Adam e Ek (1974), Lynch e Moser Jr. (1986), Moser Jr. (1972), Turnbull (1963), Bolton e Meldahl (1989), dentre outros. No Brasil, a experiência em prognose da produção, utilizando a razão de movimentação dos diâmetros, estão restritos aos trabalhos desenvolvidos por Silva (1989), Scolforo et al. (1996), Scolforo, Pulz e Mello (1997). Especificamente em relação a metodologia proposta por Wahlenberg, nenhuma referência foi constatada na literatura brasileira. Fazendo uso da matriz de transição ou cadeia de Markov, trabalhos foram desenvolvidos por Azevedo (1993), Freitas e Higuchi (1993), Higuchi (1987), Azevedo, Souza e Jesus (1995), Sanquetta et al. (1996a) e Sanquetta et al. (1996b).

A abordagem deste estudo, estará centrada no estudo da dinâmica e na modelagem da estrutura diamétrica de floresta nativa. Para as prognoses utilizar-se-á da projeção das tabelas do povoamento, através da movimentação dos diâmetros, e da matriz de transição.

## **CAPÍTULO 1**

### **CRESCIMENTO, RECRUTAMENTO E MORTALIDADE EM UMA FLORESTA SEMIDECIDUA MONTANA NA REGIÃO DE LAVRAS – MG**

## RESUMO

PULZ, Frederico Aparecido. **Crescimento, recrutamento e mortalidade em uma floresta semidecídua montana na região de Lavras - MG. In: Estudo da dinâmica e a modelagem de uma floresta semidecídua montana na região de Lavras -MG.** Lavras: UFLA, 1998. Cap.1. 156p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal)

Este estudo teve como objetivos principais quantificar o crescimento em diâmetro, a mortalidade e o recrutamento das espécies que compõem a floresta em questão e de forma particularizada, dos grupos ecológicos que compreendem as espécies pioneiras, as espécies clímax exigentes de luz e as espécies clímax tolerantes à sombra; e interpretar a dinâmica da floresta a partir das informações obtidas em três inventários, visando detectar possíveis influências por ocasião dos estudos de modelagem de prognose da estrutura diamétrica. Os dados básicos foram obtidos na reserva florestal existente na Universidade Federal de Lavras. Foram lançados nesta em 1986, 126 parcelas contíguas com 400m<sup>2</sup> cada uma. As avaliações foram realizadas em 1987, 1992 e 1996. Foram identificados por ocasião destas 136, 143 e 149 espécies, considerando o diâmetro mínimo de medição igual ou superior a 5cm. Como principais resultados foram detectados as seguintes alterações médias na estrutura da floresta. Das 149 espécies existentes na floresta apenas 6 apresentaram frequência até as classes diamétricas superiores a 45cm de diâmetro, que é o diâmetro mínimo para uso em serrarias; para os três períodos estudados, entre 93 a 99% das espécies pioneiras, clímax exigentes de luz e clímax tolerantes à sombra, não ultrapassaram a dimensão de 25 cm de DAP; o incremento periódico anual em diâmetro, variou de 0,457 a 0,510 cm/ano; a taxa média de mortalidade da floresta foi de 2,0% ao ano para o período de 1987-92, 3,6% ao ano para 1992-96 e 2,3% ao ano para 1987-96. Embora morram, em termos absolutos, mais árvores na menores classes, já que aí estão a maior parte das árvores suprimidas, em termos percentuais ou relativos são nas maiores classes diamétricas que ocorrem a maior mortalidade. A taxa de recrutamento de árvores no processo de medições variou de 2,2% - 2,7% ao ano para os três períodos analisados; para os grupos ecológicos, as espécies clímax tolerantes à sombra apresentaram maior número de recrutamento (20,7 árvores/ha/ano) e as pioneiras os menores (3,3 árvores/ha/ano), em média para os três períodos.

---

Comitê Orientador: José Roberto S. Scolforo - UFLA (Orientador), Sebastião do Amaral Machado, José Marcio de Melo.

Palavras-chave: Crescimento, mortalidade, recrutamento, grupos ecológicos, dinâmica, floresta nativa.

### ABSTRACT

#### **GROWTH, INGROWTH AND MORTALITY IN A MOUNTAIN SEMIDECIDUOUS FOREST IN THE REGION OF LAVRAS, MG.**

This study had as main objective to quantify diameter growth, mortality and ingrowth of the species found in the studied forest, and in a particular way for the ecological groups of pioneer species, climax species which demand light, and for shadow tolerant climax species. It was also interpreted the forest dynamic from informations obtained in three successive forest inventories, aiming to detect possible influences by occasion of the modeling studies of prognosis of the diameter structure. The basic data were obtained from the forest reserve of the Federal University of Lavras. The forest was divided in 126 plots with 400 m<sup>2</sup> each one. The measurements were done in 1987, 1992 and 1996, being identified respectively 136, 143 and 149 tree species with DBH equal or superior to 5 cm. The results showed that from the 149 species only 6 presented frequencies up to 45 dm of DBH which is the minimum diameter for sawmills; for the three studied periods 93% to 99% of the pioneer species, climax which demand light, and climax shadow tolerant species did not reach dimension above 25 cm of DBH; the periodic annual increment (PAI) varied from 0,426 to 0,499 cm/year; the average tax of mortality of the studied forest was 2,0% per year for the period of 1987 to 1992, 3,6% from 1992 to 1996, and 2,3% from 1987 to 1996; the mortality, in absolute terms, is greater for the smaller diameter classes because most of the suppressed trees belong to these classes. Mean while, in relative or percentual terms, the mortality is greater for the greater diameter classes; the tree ingrowth tax in the measurement process ( $\geq 5$  cm of DBH) varied from 2,2% to 2,7% per year for the three analysed periods; for the ecologic groups, the shadow tolerant climax species presented the greatest ingrowth (20,7 trees/ha/year), and the pioneers presented the smallest ingrowth (3,3 trees/ha/year) as an average for the these considered periods.

---

Guidance Committee: José Roberto S. Scolforo - UFPA (Major-Professor), Sebastião do Amaral Machado, José Marcio de Melo.

Key words: growth, mortality, ingrowth, ecologic groups, dinamic, native forest.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Modelos de crescimento e produção

Os modelos de crescimento e produção auxiliam os pesquisadores e manejadores florestais em muitos detalhes, como: prognosticar a produção futura da floresta ou de sua estrutura diamétrica, simular diferentes opções de exploração, além de possibilitar introspecções sobre a dinâmica do povoamento florestal como estimativas da colheita máxima sustentada, dentre outras.

Segundo Sanquetta (1995) e Scolforo (1994), modelo é uma representação física ou abstrata da forma ou função de entidades ou objetos reais, ou seja, é uma representação simplificada de algum aspecto da realidade, como por exemplo, equações matemáticas. Ainda conforme os autores, em qualquer caso, ele deve ser sempre constituído de acordo com os objetivos da modelagem. Desde os mais simples até os mais complexos e sofisticados, são de grande utilidade no manejo de recursos florestais, e embora sejam uma representação imperfeita da realidade, podem ser melhorados pouco a pouco.

Para Vanclay (1994), um modelo de crescimento de um povoamento florestal é uma abstração da dinâmica natural de uma floresta e pode incorporar crescimento, mortalidade e outras mudanças na composição e estrutura da floresta. O uso comum do termo modelo de crescimento, geralmente refere-se a um sistema de equações, as quais podem prognosticar o crescimento e a produção de uma floresta sobre uma ampla variedade de condições. Assim, um modelo de crescimento pode compreender uma série de equações matemáticas, que necessariamente estão vinculadas a métodos consistentes. Em um sentido mais amplo, esta lógica pode ser adotada para curvas e tabelas de produção.

Crescimento é definido como o aumento das dimensões dos elementos dendrométricos (diâmetro, altura, área basal, volume, biomassa e outros) de uma ou mais árvores, sobre um dado período de tempo. Produção refere-se a estas dimensões ao final desse período de tempo, portanto produção é o total produzido sobre um dado período de tempo, enquanto crescimento é o padrão de produção.

Para Scolforo (1995); Scolforo et al. (1996) e Scolforo, Pulz e Mello (1997), deve-se considerar que mudanças na estrutura da floresta deixam dúvidas sobre as informações de crescimento, ou seja, será que árvores que ha 20 anos tinham 30 cm de DAP e cresciam a uma taxa de 0,8 cm/ano, continuam mantendo esta taxa? Se não mantêm, qual a nova taxa de crescimento, e a partir de que momento esta sofre alterações? Outras dúvidas podem existir.

Na busca de modelos que expressam com confiabilidade a produção, Vanclay (1994) relata que a publicação da primeira tabela de produção foi na Alemanha em 1787, onde os estudos sobre a produção não passavam de meros suplementos ao manejo florestal.

Nessa época, conforme Assmann (1970), grandes silvicultores alemães intensificaram seus estudos sobre a produção, dentre eles pode-se citar: Oberförs J. Ch. Plausen em 1795, no desenvolvimento de tabelas de produção; M. R. Pressler (1815 - 1886) que criou inúmeros métodos e modelos para determinar o volume de madeira e incremento de árvores e povoamentos; R. Weber sobre o incremento de árvores, dentre outros. Ainda segundo o mesmo autor, uma floresta de rendimento sustentado não necessita apenas do conhecimento do estoque presente da mesma, mas também de predições das produções futuras.

Os modelos gerados no início da década de 60, conforme Vanclay (1995), trazem consigo a idéia de serem mais uma arte do que ciência, haja visto

que tais modelos contavam com ajustes baseados em teoria biológica básica, tornado-se excessivamente empíricos quando usados em um povoamento florestal nativo. Ainda segundo esse autor, não existe um único modelo para as florestas tropicais; o modelo ideal depende dos recursos e aplicações, uma vez que trata-se do mais complexo ecossistema florestal, pois podem ter centenas de espécies e uma grande diversidade na dimensão e padrão de crescimento das árvores.

Esta complexidade significa que muitos modelos ideais para florestas plantadas não são apropriados para florestas mistas, especialmente as tropicais e o exame de cada metodologia usada em cada modelo é quase impossível. Assim segundo Davis e Johnson (1987), os modelos de crescimento e produção, dependendo do nível de detalhamento desejado, podem ser classificados em: modelo de povoamento total, modelo de árvore individual e modelo de classe diamétrica.

Uma breve explanação dessas três categorias de modelos de crescimento, segundo Husch, Miller e Beers (1982); Davis e Johnson (1987); Scolforo (1994); Avery e Burkhart (1994); Vanclay (1994, 1995), será considerada:

**Modelo de povoamento total:** São freqüentemente simples e confiáveis, mas podem envolver estruturas complexas, inviabilizando-o em outras abordagens. Parâmetros populacionais como estoque do número de árvores por unidade área, área basal, volume e parâmetros caracterizando a distribuição diamétrica são usados para prever o crescimento ou a produção da floresta. Como necessitam, relativamente, de poucas informações para simular o crescimento de um povoamento, conseqüentemente fornecem muitas informações gerais de produção a respeito do povoamento futuro.

**Modelo de árvore individual:** O maior detalhe abordado em modelos de árvores individuais é que usam a árvore como a unidade básica do modelo. A entrada mínima requerida pelo método é uma lista especificando o tamanho de todas as árvores no povoamento. Alguns modelos também requerem a posição espacial das árvores ou altura e classe de copa.

**Modelo de classe diamétrica:** Modelos de classes diamétricas usam classes de árvores como a única base para o modelo. O termo classe diamétrica é usado por conveniência, como o diâmetro é o critério mais comum para padronizar classes. Contudo, outros critérios podem ser utilizados, por exemplo: espécies, idade, etc..

O modelo de classe diamétrica é um ajuste entre modelo de povoamento total e modelo de árvore individual. O modelo de classe diamétrica pode ser considerado modelo de povoamento total quando uma única classe engloba todo o povoamento. Similar, quando o modelo de classe diamétrica tem uma árvore em cada classe pode ser considerado modelo de árvore individual. Portanto, o modelo de classe diamétrica compreende os modelos que dividem o povoamento em duas ou mais classes, mas com menor número de classes que o total de árvores do povoamento.

## **2.2 Componentes fundamentais do modelo de produção por classe diamétrica de uma floresta nativa**

Um detalhe importante sobre os modelos é que não se baseiam especificamente sobre o acréscimo dos indivíduos de uma floresta, estes necessitam da ordenação de alguns componentes de crescimento para que sejam efetivamente processados. A natureza dos diferentes componentes depende do tipo e uso da floresta. Em floresta mista, uma exigência óbvia é a identificação das espécies ou alguns grupos de espécies. Em modelos para locais

intensivamente manejados, mortalidade e recrutamento podem, freqüentemente, ser ignorados. Contudo, em muitas florestas nativas, aspectos importantes da dinâmica do povoamento devem ser considerados sobre a produção, De Graaf (1986); Silva (1989, 1990, 1993);(Vanclay, 1994).

No modelo de classe diamétrica, segundo Avery e Burkhart (1994), os componentes usualmente identificados são: incremento diamétrico, mortalidade e recrutamento ou ingresso.

### **Incremento diamétrico**

Incremento diamétrico foi considerado como o acréscimo na variável diâmetro de todas as árvores vivas ou cortadas, que são mensuradas no início do período de crescimento considerado.

As espécies arbóreas de florestas tropicais em clímax, geralmente crescem muito lentamente, embora tendo condições favoráveis de temperatura e precipitação. Portanto, tais espécies podem levar décadas para atingirem um tamanho ideal de corte (Lamprecht, 1990).

Em estudos realizados por Silva (1989, 1990, 1993), na Floresta Nacional de Tapajós, após a exploração, constatou que a média de incremento em diâmetro foi de 0,5 cm/ano para todas as árvores com DAP  $\geq$  5 cm; observou também que o incremento variou de acordo com a espécie e o grau de tolerância à luz. As espécies pioneiras mostraram as mais altas taxas de crescimento, aproximadamente 1 cm/ano e a *Cecropia sciadophylla* e *Cecropia leucoma* apresentaram incrementos de 2,1 e 1,4 cm/ano, respectivamente. Certas espécies clímax como, *Coussarea* spp, *Duguetia echinophora*, *Paussandra densiflora* e *Rinorea flavescens*, apresentaram valores de incremento em torno de 0,1 cm/ano. Após o corte, houve um aumento significativo nos seus valores, decorridos 3 - 4 anos, foram detectados um decréscimo no incremento

diamétrico e uma tendência de estabilização. Outra observação importante com relação ao crescimento das árvores, foi a forte correlação encontrada entre o crescimento diamétrico e a quantidade de luz recebida pelas copas; árvores recebendo luz em toda a área superior da copa cresce 3 vezes mais do que aquelas recebendo somente luz pelas laterais ou luz difusa. Passados 13 anos, Silva et al. (1995), constataram que nesta floresta entre a primeira e segunda medição, o incremento médio em diâmetro diminuiu de 0,4 para 0,2 cm/ano.

Incrementos na ordem de 0,8 cm/ano em áreas manejadas e 0,3 cm/ano em áreas não manejadas foram constatados na Floresta Amazônica, segundo Uhl et. al. (1992).

Estudando o potencial de produção sustentada em Paragominas-PA, na Amazônia oriental, Barreto, Uhl e Yared (1993), observaram que o crescimento diamétrico das árvores com valor comercial, após a exploração variou em função dos danos no fuste, na copa e da presença de cipós. Árvores dominadas por cipós e/ou com danos leves na copa cresceram em média 0,35 cm/ano, quase 2 vezes menos do que as árvores livres de danos e de cipós, que cresceram 0,6 cm/ano. Por outro lado, árvores gravemente danificadas cresceram 0,2 cm/ano.

Na Floresta Atlântica num período observado de 1980 à 1989, em geral, as taxas de incremento periódico médio anual em diâmetro, situam-se no intervalo de 3 a 4 mm/ano, em áreas não perturbadas. (Jesus, Souza e Garcia, 1992).

Estudando a dinâmica de crescimento em diâmetro, em uma área de Floresta Atlântica sem interferência, Souza et. al. (1993) e Araújo (1993), constataram que o incremento em diâmetro é menor nas menores classes diamétricas, aumentando com as classes diamétricas até um máximo incremento periódico médio de 0,701 cm/ano. A partir deste ponto, ocorre naturalmente uma estabilização e posteriormente o incremento diamétrico decresce.

Comportamento similar a este foi observado por Silva (1989) na Floresta Nacional do Tapajós; Scolforo et al. (1996) e Scolforo, Pulz, Mello (1997) num fragmento de floresta semidecídua em Lavras-MG.

Felfili (1993 e 1995), após um período de 6 anos de avaliação em uma área de floresta de galeria no Distrito Federal, encontrou um incremento médio da ordem de 0,25 cm/ano para árvores com DAP  $\geq$  10 cm, considerando 93 espécies.

Vale et al. (1994), buscando ilustrar de forma sintética a respeito dos diversos estudos de manejo florestal sustentado no mundo, constatou que na Malásia o incremento em diâmetro das espécies comerciais, sujeitas ao sistema de manejo seletivo, está entre 0,8 e 1 cm/ano. Na Indonésia, 1 cm/ano é o incremento considerado para as 25 árvores/ha de valor comercial, deixadas para o próximo corte de acordo com o sistema de manejo considerado (seletivo).

### **Mortalidade**

A mortalidade é o número de árvores inicialmente mensuradas que morreram durante o período de crescimento e não são utilizadas. Podem ser incluído nesta categoria os troncos ocos, atacados ou sem valor comercial.

Segundo Cunha-Neto (1994) a mortalidade pode ser classificada em duas categorias: regular e irregular. A mortalidade regular refere-se principalmente sobre a competição, supressão e o próprio envelhecimento da árvore. Por outro lado, a mortalidade irregular, ocorrendo com menos frequência, é provocada por fenômenos adversos como a incidência de pragas, doenças, fogo, vento, temperatura, enchente, seca além de outras causas sujeitas a acontecer irregularmente, ou seja, a mortalidade regular é previsível e a irregular não.

A mortalidade em florestas que sofrem intervenções, conforme Silva (1990 e 1993), é significativamente expressiva logo após a exploração e passado certo tempo, a tendência é estabilizar e retornar ao nível de uma floresta primária. Isto pode ser entendido pelo fato de que muitas árvores são mortas durante as operações de exploração, enquanto outras são severamente danificadas e morrem pouco tempo depois.

Segundo Vidal et. al. (1997), em uma típica operação de extração de toras, de forma desordenada, 26% de todas as árvores que existiam em um hectare antes da extração, são mortas ou danificadas.

No projeto de manejo florestal sustentado da floresta tropical úmida de terra-firme na região de Manaus, 10 anos após sua implantação pelo departamento de silvicultura tropical do INPA na estação ZF-2, Higuchi e Vieira (1990) constataram uma taxa de mortalidade de 9,18% nas parcelas testemunhas durante o período de 1980-85.

Em um período de 6 anos de observações após exploração na Floresta Nacional do Tapajós, Silva (1989, 1990, 1993) detectou que para o período observado, a taxa de mortalidade foi de 2,8% ao ano para todas as espécies; 1,8%; 2,2%; 3,1% e 4,7% para as espécies comerciais, espécies potenciais, espécies não comerciais e espécies pioneiras, respectivamente. Concluiu ainda que estas taxas estão acima dos valores médios apontados para florestas tropicais não perturbadas, que estão na faixa de 1 a 2% ao ano. Decorridos 13 anos, Silva et al. (1995), relataram que a mortalidade permaneceu relativamente constante em 2,5% ao ano.

Conforme Barreto, Uhl e Yared (1993) na Amazônia oriental-Paragominas-PA, em uma floresta explorada a mortalidade média anual entre as árvores com DAP  $\geq 20$  cm foi de 2% durante dois anos.

Acompanhando a dinâmica de crescimento em uma área de floresta tropical na Costa Rica, Lieberman e Lieberman (1987), apontaram que a taxa anual de mortalidade foi de 2,03%.

Para a Floresta Atlântica a taxa foi de 1% ao ano, em uma área não perturbada, conforme Azevedo (1993), Azevedo, Souza e Jesus (1995). Já em uma floresta de galeria na região do Distrito Federal, a mortalidade média anual é da ordem de 3,5% (Felfili, 1993 e 1995).

Em um fragmento de floresta semidecídua, Oliveira-Filho, Mello e Scolforo (1997), detectaram taxa de 2,6% ao ano para um período de estudo de 5 anos.

Fazendo uma revisão sobre a prática de manejo florestal nas florestas tropicais, Vale et al. (1994), relataram que nas florestas do Suriname, após a exploração a vegetação remanescente sofre um aumento da taxa de mortalidade de 1,5 para 2% ao ano.

Taxas de mortalidade da ordem de 2 a 3% ao ano foram observadas por Condit, Hubbell e Foster (1995) para espécies de valor comercial no Panamá.

### **Recrutamento**

O recrutamento refere-se ao ingresso de árvores que atingiram a dimensão mínima para medição (por exemplo: 5 cm à 1,30 m de altura), por ocasião das remedições periódicas que devem ser efetuadas na floresta sob avaliação.

Assim como a mortalidade, o recrutamento segundo Husch, Miller e Beers (1982) é de extrema importância em qualquer expressão de crescimento de um povoamento.

Silva (1989) reforça essa importância, destacando que em florestas tropicais, a quantidade e qualidade determinam a eficiência de um modelo de

produção, uma vez que o recrutamento realimenta a floresta com mudas e pequenas árvores. É imprescindível que um número mínimo de árvores sobreviva e cresça ao tamanho de abate a cada ciclo de corte, para a produção florestal ser sustentada.

Para um período de estudo de 5 anos na Floresta Amazônica, foi detectado 3,72% de recrutamento de novas árvores para a primeira classe de DAP  $\geq$  25 cm (Higuchi e Vieira, 1990).

Na Floresta Nacional do Tapajós, Silva (1993) observou que após 6 anos da exploração surgiram 32,7% mais indivíduos por hectare em relação ao número inicial, o que representa uma taxa anual de aproximadamente 5,4%. Após 13 anos da exploração, Silva et al. (1995), constataram um decréscimo da taxa de recrutamento para 2% ao ano.

Segundo Felfili (1993 e 1995), a taxa de recrutamento foi de 16% para o período de 1985 a 1991, correspondendo a 2,7% ao ano, em uma floresta de galeria no Distrito Federal.

Em uma área de Floresta Atlântica que sofreu corte raso, o recrutamento foi de 346,60 indivíduos/ha e em área sem interferência de 20,40 indivíduos/ha (Jesus, Souza, Garcia, 1992).

Segundo Oliveira-Filho, Mello e Scolforo (1997), em um fragmento de floresta semidecídua, foi observada uma taxa anual de recrutamento da ordem de 3% para um período de 5 anos. Ainda nesta área, Scolforo et al. (1996) verificaram que as espécies clímax exigentes de luz apresentaram recrutamento de 71,6 árvores/ha/ano; as clímax tolerantes à sombra 56,1 árvores/ha/ano e as pioneiras 6,9 árvores/ha/ano.

### **2.3 Prognose da estrutura da floresta**

Muitas das decisões de manejo florestal são tomadas a partir de informações obtidas nos inventários florestais. Como as florestas são sistemas biológicos dinâmicos que estão mudando continuamente, é necessário projetar ou prognosticar essas mudanças para obter informações que permitam uma análise econômica ou biológica, para que as decisões de manejo sejam tomadas de forma prudente.

Segundo Avery e Burkhart (1994), as técnicas para prognosticar a dinâmica de um povoamento são conhecidas como modelos de crescimento e produção e independente da complexidade estrutural e detalhe da saída de resultados produzidos, todos os modelos de crescimento e produção tem um propósito comum: apresentar estimativas das características do povoamento em um ponto específico no tempo.

Alguns modelos de classe diamétrica dão origem aos clássicos métodos de projeção de tabelas do povoamento, os quais dividem a floresta em classes de diâmetro de igual tamanho, baseando-se sobre o diâmetro das árvores. Contudo, o povoamento não tem necessidade de ser dividido em classes: podem ser formados grupos de árvores com características similares (por exemplo, espécies e dimensões). Além da projeção de tabelas de povoamento, incluem-se neste modelo, matrizes de transição ou cadeia de Markov e modelos de grupos de espécies (“Cohort”).

Diferentes possibilidades existem para prognosticar a estrutura de uma floresta. São elas:

#### **2.3.1 Projeção das tabelas de povoamento**

Projeção de tabelas do povoamento é uma das mais antigas técnicas usadas para determinar a composição futura em florestas inequidâneas. O método

data de quando os dados eram raros e para estimar o número de árvores que passavam de uma classe para outra, alguns pesquisadores apresentavam fórmulas simples, como Herrick (1938):

$$F = \sqrt{2D^2 - P^2}$$

onde:

F = diâmetro futuro

D = diâmetro presente

P = diâmetro passado

Para o uso da projeção da tabela do povoamento, segundo Davis e Johnson (1987) e Scolforo (1995), duas questões devem ser satisfeitas: a primeira é a existência de dados de incremento em diâmetro e a segunda de como eles devem ser aplicados para que se processe a prognose da estrutura da floresta. Dentre os cuidados que se deve tomar, por ocasião da prognose, é o conhecimento da história e mudanças que ocorreram na floresta, pois podem levar a informações que comprometem a prognose. Nestes casos, a tabela de projeção mostra melhores resultados para períodos curtos, não mais que 10 anos, haja visto que mudanças na estrutura e vigor do povoamento não se mantêm estáveis por um longo período de tempo.

Além destes fatos, os autores acima mencionados, salientam que algumas condições devem ser questionadas. Se uma árvore remanescente qualquer, com DAP = 30,5 cm crescesse 5,1 cm em 10 anos, ela continuaria crescendo 5,1 cm nos próximos 10 anos? Se não, qual a nova taxa e a partir de que momento mudaria; outras dúvidas podem existir, pois a tabela de projeção de povoamento propicia a estimativa da tabela futura com base na taxa de crescimento presente em diâmetro, que se verifica por classes. Deve-se considerar ainda, segundo Davis e Johnson (1987) e Scolforo (1995), que

aspectos como mortalidade e recrutamento devem ser considerados separadamente.

Clutter et. al. (1983), elaboraram uma crítica detalhada do método de projeção de povoamento onde constataram um alto potencial para o uso errado desta metodologia. A amostragem de uma população tem sido uma freqüente fonte de erro, ou seja, as parcelas devem cobrir uma área mais ou menos homogênea da floresta (explorada e/ou não explorada), pois caso contrário implicará em dados de incremento inválido o que proporcionará uma prognose tendenciosa, haja visto que o método assume taxa de crescimento constante. Outro problema, segundo os autores, é com relação a mortalidade, se os dados não forem consistentes a prognose será sub e/ou superestimada - uma boa fonte de informações são dados de parcelas remedidas em dois ou mais períodos de tempo. Entretanto, quando outros modelos não estão disponíveis, a tabela de projeção do povoamento pode ser uma maneira para se fazer uma estimativa de crescimento.

Segundo Husch, Miller e Beers (1982), há três maneiras para que a informação do incremento diamétrico seja aplicada à tabela presente do povoamento, para se obter a estimativa do povoamento futuro.

A primeira assume que todas as árvores em cada classe de diâmetro estão concentradas sobre o valor central da classe e que todas as árvores crescem a uma mesma taxa média. Para esta situação, Scolforo (1995) chama a atenção para dois fatores básicos que são negligenciados: um primeiro é que as árvores em um povoamento distribuem-se no intervalo de classe e não concentradas sobre o ponto médio. Um segundo fato é que em se tratando de um povoamento nativo, as árvores apresentam padrões de crescimento diferenciados, mesmo que sejam de uma mesma espécie. Entretanto, a ocorrência de várias espécies em uma mesma classe é comum.

Segundo Davis e Johnson (1987), dependendo de como o incremento médio é distribuído em relação a estrutura diamétrica do povoamento, pode resultar numa considerável superestimativa ou subestimativa de crescimento, ou seja, quando classes de 3 cm de amplitude são usadas, árvores crescendo abaixo de 1,5 cm não tem nenhum crescimento computado, permanecendo na mesma classe. Contudo, árvores crescendo entre 1,5 e 4,4 cm mudam apenas uma classe de diâmetro. Esta objeção torna-se mais pronunciada para amplitude de classes maiores (10 cm), onde árvores podem crescer 4,8 cm sem alterar de classe diamétrica.

A segunda alternativa assume que as árvores são distribuídas uniformemente dentro das classes e que cada árvore cresce a uma taxa média. Embora a distribuição das árvores dentro da classe não seja conhecida, pode-se assumir que esta é uniforme. Com esta hipótese, a proporção de árvores passando de uma classe para outra, pode ser definida como razão de movimento.

$$M = \frac{IPM_D}{C} \cdot 100$$

onde:

M = razão de movimento

IPM<sub>D</sub> = incremento periódico médio do diâmetro

C = intervalo da classe do diâmetro

Na interpretação da razão de movimento, os primeiros dois dígitos da direita indicam a porcentagem de árvores que avançam uma classe de diâmetro em relação ao terceiro dígito à direita. Supondo uma razão de movimento igual a 80, isto significa que 80% das árvores avançam uma classe e 20% permanecem na mesma classe.

Esta metodologia foi empregada por Silva (1989,1990 e 1993) para simular os efeitos de tratamentos silviculturais nos parâmetros do povoamento (crescimento, mortalidade, recrutamento e movimento de árvores), na Floresta Nacional de Tapajós. Para o desenvolvimento da floresta explorada sem nenhuma intervenção posterior, o povoamento real e o projetado por um período de cinco anos, das espécies comerciais, foram muito semelhantes; sendo que houve uma leve subestimativa do número de árvores nas classes de diâmetro menores, porém segundo o autor esta diferença provavelmente não foi significativa.

Segundo Scolforo et al. (1996), o uso da razão de movimentação, em uma floresta semidecídua montana na região de Lavras-MG, mostrou que a floresta possui potencial para ser manejada, se as taxas de crescimento em diâmetro permanecerem inalteradas, já que o número de novas árvores com  $DAP \geq 50$  cm passou de 2,8 para 15,8 árvores/ha para um período de 20 anos de projeção.

A terceira opção reconhece a variação da taxa de incremento diamétrico em árvores individuais, dentro de cada classe. Neste caso a porcentagem de movimento é calculada aplicando-se o incremento individual atual sobre o diâmetro das árvores. Portanto a solução gráfica de Wahlenberg pode ser usada (Husch, Miller e Beers, 1982).

Conforme Davis (1966), variações no incremento diamétrico são comumente maiores dentro do que entre classe de diâmetro, isto é, a taxa média de crescimento freqüentemente proporcionam pequenas diferenças de uma classe para outra embora existam maiores variações entre árvores dentro de algumas classes. Estas diferenças, as quais são significativas, são obscuras através de taxas de crescimento médio por classe de diâmetro.

Um exemplo dado por Husch, Miller e Beers (1982), ilustra uma situação onde a razão de movimento prognosticava que 94% das árvores moviam-se uma classe de diâmetro e que 6% permaneciam na mesma classe; enquanto que o método de Wahlenberg prognosticava que 20% moviam-se duas classes, 50% uma classe e 30% permaneciam na classe original. Segundo Vanclay (1994), esta diferença pode tornar-se significativa sobre vários períodos prognosticados, e de acordo com o autor, o método de Wahlenberg produz com maior confiança a estimativa de produção em povoamentos inequívocos; contudo problemas como números fracionários de árvores podem surgir. Entretanto, há três maneiras de controlar este problema:

a - Usar um longo intervalo de projeção ou diminuir a amplitude das classes, o ideal é selecionar pequenas amplitudes de classes e longo intervalo de tempo, permitindo que uma árvore cresça apenas uma classe de diâmetro por período;

b - Fazer uso de função de distribuição de probabilidade - como por exemplo a Weibull, que de acordo com os valores de seus coeficientes, podem assumir diferentes formas ajustando-se bem aos dados de floresta nativa (Scolforo, 1995). Segundo Sanquetta et al. (1996a), o uso prévio desta função visa harmonizar a distribuição irregular de árvores em certas classes diamétricas, evitando assim a passagem exagerada de arvores para outras classes ou o impedimento de tal passagem, caso os dados originais estivessem com problemas de amostragem em algumas classes;

c - Acumular pequenas probabilidades de crescimento até que algumas árvores possam ser projetadas, ou seja, fixar uma probabilidade ou um número de árvores para iniciar uma nova classe diamétrica.

### **2.3.2 Modelos estocásticos de crescimento em diâmetro**

Segundo Roberts e Hruska (1986) os modelos de crescimento em diâmetro podem ser compreendidos em duas categorias: modelos markovianos e modelos não-markovianos, onde ambos tem sido usados na tentativa de moldar as mudanças na estrutura do povoamento e na transição das árvores nas classes de diâmetro ao longo do tempo.

Os modelos não-markovianos incluem o tradicional método de projeção das tabelas do povoamento (Husch, Miller e Beers, 1982) bem como o uso de funções de distribuição de probabilidade - como a Weibull (Bailey e Dell, 1973), para predição futura da distribuição dos diâmetros. Já o markovianos, segundo Johnson, Ferguson e Rong-wei (1991), envolvem estimativas de probabilidades de transição de uma classe diamétrica para outra sobre um ou mais períodos, ou seja, utilizam o resultado da matriz de probabilidade de transição, através de multiplicação da matriz, para prognosticar a distribuição diamétrica para período de tempo futuro desejado.

#### **Processo estocástico**

“Um processo estocástico é definido como sendo simplesmente uma coleção de variáveis aleatórias indexadas,  $X_t$ , onde o índice  $t$  é definido num conjunto  $T$ . Frequentemente  $T$  é tido como o conjunto dos números inteiros não negativos, e  $X_t$  representa uma característica de interesse, mensurável, no tempo  $t$ ”. (Hillier e Lieberman, 1988).

De maneira sucinta, De Groot (1989) enfatiza que uma seqüência de observações  $X_1, X_2, \dots$  é chamada de processo estocástico ou processo aleatório porque os valores destas observações não podem ser preditas precisamente antes de ocorrer, mas probabilidades podem ser especificadas, para cada um dos diferentes valores possíveis, em algum tempo particular. Em um processo

estocástico a primeira observação  $X_1$  é chamada de estado inicial do processo e para  $t = 2, 3, \dots$ , a observação  $X_t$  é chamada de estados do processo no tempo  $t$ .

Ainda segundo De Groot (1989), para definir um modelo de probabilidade é necessário especificar a probabilidade para cada valor possível do estado  $X_t$  e também especificar cada estado subsequente  $X_{t+1}$  ( $t = 1, 2, \dots$ ) da seguinte maneira:

$$\Pr (X_{t+1} = x_{t+1} \mid X_1 = x_1, X_2 = x_2, \dots, X_t = x_t)$$

Em outras palavras, o modelo de probabilidade deve especificar a probabilidade condicional que o processo estará no estado  $x_{t+1}$  no tempo  $t+1$ , dado que no tempo  $1, 2, \dots, t$  o processo estava no estado  $x_1, x_2, \dots, x_t$ .

### **Matriz de transição**

Leslie (1945, 1948), pioneiro no uso de matriz segundo Vanclay (1994, 1995), realizou estudos a respeito da mortalidade e fertilidade em populações animais, nos quais foram usados estados baseados em classes de idade.

Posteriormente Lefkovitch (1965) utilizou a matriz de Leslie, em população de besouro (*Lasioderma serricorne*), onde a idade é raramente conhecida. Diante deste fato, em vez de dividir a população em grupos de mesma idade, como feito por Leslie, substituiu-se por grupos em diferentes estádios de desenvolvimento, supondo não existir variação sobre a duração do estágio que os diferentes indivíduos possam mostrar.

Na área florestal, o uso da matriz de transição foi aplicada por Usher (1996) em um povoamento de Pinus (*Pinus sylvestris*) na Escócia, mensurados em ciclos de 6 anos, considerando classes diamétricas.

Vanclay (1994, 1995), observou que a matriz de transição pode também denominar-se, além de cadeia de Markov, matriz de Usher e outras generalizações. Relata também que matriz de transição é uma extensão lógica e

formalizada do método de projeção de tabela de povoamento; assim como a projeção de tabela do povoamento assume que uma árvore em uma determinada classe de diâmetro tem a probabilidade de mover-se para outra classe, dependendo apenas do estado atual. Durante um curto período, uma árvore deve permanecer na classe, passar para outra e morrer. As probabilidades de movimentação podem ser expressas por uma matriz (M), e a previsão das mudanças podem ser para um intervalo de tempo  $V_1 = MV_0$ , ou vários intervalos  $V_n = M^n V_0$ , onde M representa a matriz de transição e  $V_0$  e  $V_n$  são vetores representando o estado inicial e final, respectivamente. Em floresta  $V_0$  é geralmente o número inicial de árvores em cada classe de diâmetro.

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  $p_{ij}$ .

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1k} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2k} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ P_{k1} & P_{k2} & \dots & P_{kk} \end{bmatrix}$$

Onde:  $p_{ij} \geq 0$ , e a soma das probabilidades de cada coluna deve ser 1.

Entre os modelos de matrizes de transição, a cadeia de Markov é utilizada por vários pesquisadores, na prognose e no desenvolvimento de povoamentos inequidênticos, como: Bruner e Moser Jr. (1973); Binkley (1980); Buongiorno e Michie (1980); Michie e Buongiorno (1984); Soloman, Hasmer e Hayslett Jr. (1986); Mendoza e Setyarso (1986); Osho (1991); Freitas e Higuchi

(1993); Azevedo (1993); Azevedo, Souza e Jesus (1995); Sanquetta et al. (1996a); Sanquetta et al. (1996b); dentre outros e Michie e McCandless (1986) em povoamentos equiâneos.

Nestes trabalhos, especificamente o modelo de matriz de transição de Markov, utiliza-se o conceito de estado que são possíveis situações em que uma árvore pode ser encontrada, como: recrutamento, mortalidade, colheita e classe diamétrica ( a árvore pode permanecer em uma determinada classe ou migrar para outra).

Segundo Buongiorno e Michie (1980), as árvores de um povoamento florestal podem ser divididas em um número finito de classes diamétricas, definido pelo diâmetro das árvores. Portanto, após um intervalo de crescimento  $\Delta t$ , uma árvore dentro de um povoamento pode apresentar as seguintes probabilidades:

- 1 - Permanecer viva na  $i$ -ésima classe diamétrica no intervalo de tempo  $\Delta t$ ;
- 2 - Migrar da  $i$ -ésima classe diamétrica para outra;
- 3 - Morrer ou ser colhida durante o intervalo de tempo  $\Delta t$ .

### **Cadeia de Markov**

“Muitos dos processos que ocorrem na natureza e na sociedade podem ser estudados (pelo menos em primeira aproximação) como se o fenômeno estudado passasse, a partir de um estado inicial, por uma seqüência de estados, onde a transição de um determinado estado para o seguinte ocorreria segundo uma certa probabilidade. No caso em que esta probabilidade de transição depende apenas do estado em que o fenômeno se encontra e do estado a seguir, o processo será chamado processo de Markov e uma seqüência de estados

seguindo este processo será denominada uma cadeia de Markov” Boldrini et. al. (1986).

Segundo De Groot (1989), a cadeia de Markov é um tipo especial de processo estocástico, a qual pode ser entendida como: em algum dado tempo  $t$ , quando o estado atual  $X_t$  e todos os anteriores  $X_1, \dots, X_{t-1}$  do processo são conhecidos, a probabilidade de todos os estados futuros  $X_j$  ( $j > t$ ) depende somente do estado atual  $X_t$  e não depende dos estados anteriores  $X_1, \dots, X_{t-1}$ .

Para Hillier e Lieberman (1988), um processo estocástico é uma cadeia de Markov quando possuir a seguinte propriedade markoviana:

Se  $P\{X_{t+1}=j \mid X_0=k_0, X_1=k_1, \dots, X_{t-1}=k_{t-1}, X_t=i\} = P\{X_{t+1}=j \mid X_t=i\}$ , para todo  $t = 0, 1, \dots$  e qualquer seqüência  $i, j, k_0, k_1, \dots, k_{t-1}$ . Esta propriedade markoviana equivale a afirmar que a probabilidade condicional de qualquer evento futuro é independente do evento passado e depende somente do estado presente do processo, em que  $P\{X_{t+1}=j \mid X_t=i\}$  são chamados de probabilidades de transição.

Conforme Hoel, Port e Stone (1972) e Binkley (1980), se esta probabilidade de transição tem sempre o mesmo valor no tempo  $t$  ( $t = 1, 2, \dots$ ), então é dita que a cadeia de Markov tem probabilidade de transição estacionária, isto é, uma cadeia de Markov tem probabilidades de transição estacionária se para algum estado  $i$  e  $j$  há uma probabilidade de transição  $p_{ij}$  semelhante:

$$P(X_{t+1}=j \mid X_t=i) = p_{ij} \text{ para } t \geq 1$$

Hillier e Lieberman (1988) e Hoel, Port e Stone (1972) relatam que estas probabilidades condicionais são usualmente denotadas por  $p^{(n)}$  e são chamadas de probabilidades de transição de  $n$  etapas, tendo que satisfazer as seguintes propriedades:

$$P_{ij}^{(n)} \geq 0, \text{ para todo } i \text{ e } j, \text{ e } n = 0, 1, 2, \dots$$

$$\sum_{j=0}^M P_{ij}^{(n)} = 1, \text{ para todo } i \text{ e } n = 0, 1, 2, \dots$$

O uso da cadeia de Markov está condicionado a três propriedades, segundo Shamblin e Stevens Jr. (1989):

1 - Um número finito de estados;

2 - A propriedade markoviana - a probabilidade condicional de qualquer evento futuro é independente do evento passado, depende somente do estado presente do processo. Isto equivale a dizer que: a distribuição dos diâmetros, no futuro, depende somente do estado do povoamento atual e não de condições anteriores;

3 - Probabilidade de transição estacionária - estas probabilidades são constantes no tempo. Para garantir que se chegou a condições de regime estacionário, a cadeia deve ser ergódica. Uma cadeia ergódica descreve matematicamente um processo no qual é possível ir de um estado a qualquer outro, não havendo a necessidade de que esta passagem de um estado para outro seja feita em apenas um passo. Deve ser possível atingir qualquer estado independente do estado presente.

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{cccc}
 & 1 & 2 & 3 & 4 \\
 \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} & \begin{bmatrix} x & x & 0 & x \\ 0 & x & x & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x \\ x & 0 & x & 0 \end{bmatrix} & & & \\
 & & & & x = p_{ij} ; p_{ij} \geq 0
 \end{array}
 \end{array}$$

Do estado 1 é possível ir diretamente a qualquer outro estado, menos ao 3; contudo é possível ir de 1 a 2 e depois ao 3. Assim é possível ir do estado 1 a qualquer outro estado.

Após um grande número de  $n$  etapas, parece haver uma probabilidade de limite, de que o sistema estará no estado  $j$ , e essa probabilidade é independente do estado inicial, ou seja, os valores  $p_{ij}$  tendem a um limite fixo para todos os valores de  $i$ , atingindo assim um estado de equilíbrio (Hillier e Lieberman, 1988);

$$\lim_{n \rightarrow \infty} p_{ij}^{(n)} = \pi_j ,$$

onde os  $\pi_j$  satisfazem unicamente a seguinte equação de estado de equilíbrio:

$$\pi_j \geq 0 ,$$

$$\pi_j = \sum_{i=0}^M \pi_i p_{ij} , \text{ para } j=0, 1, \dots, M,$$

$$\sum_{j=0}^M \pi_j = 1$$

Segundo Johson, Ferguson e Rong-wei (1991), tanto a propriedade markoviana como a probabilidade de transição estacionária, podem e devem ser questionadas, particularmente em povoamentos equiâneos onde as condições de crescimento inicial, na história do povoamento, são muito diferentes das que prevalecem após o fechamento do dossel. Entretanto, a cadeia de Markov tem sido aplicada, na maioria das vezes, em povoamentos inequiâneos e a propriedade markoviana bem como a probabilidade de transição estacionária foram consideradas satisfeitas, porém sem comprovação.

### **Estados absorventes da cadeia de Markov**

“Um estado absorvente é precisamente aquele no qual há uma probabilidade zero de saída do estado, isto é, uma vez entrado neste estado é impossível deixá-lo e o processo ou pára totalmente ou pára e depois recomeça de algum outro estado.

A cadeia de Markov é absorvente se:

1 - tem pelo menos um estado absorvente;

2 - é possível ir de qualquer estado não absorvente para pelo menos um estado absorvente. Não é necessário fazer esta transição em um passo, nem é preciso atingir cada estado absorvente a partir de um estado não absorvente” (Shamblin e Stevens Jr., 1989).

Segundo Hoel, Port e Stone (1972) e Parzen (1973), um estado  $j$  de uma cadeia de Markov é absorvente se  $p(ij) = 0$ , para todos os estados  $i \neq j$ , de maneira que é impossível abandonar este estado. De maneira equivalente um estado  $j$  é absorvente se  $p(ij) = 1$ . Assim, um estado  $j$  é absorvente se a  $n$ ésima coluna da matriz de transição contém 1 na diagonal principal e zeros nas outras posições.

#### **Tempo da primeira passagem**

O tempo da primeira passagem, segundo Hillier e Lieberman (1988) é o comprimento de tempo requerido por um processo quando for do estado  $i$  para o estado  $j$  pela primeira vez. Quando  $j = i$ , esse tempo da primeira passagem é exatamente o número de transições até que o processo volte ao estado inicial  $i$ , neste caso, é chamado de tempo de recorrência para o estado  $i$ .

Para ilustrar esta situação suponhamos que em um inventário o estoque inicial de árvores na classe diamétrica 5-10 cm era de 580 árv./ha; ao final de 5 anos (1ª remedição) o estoque de árvores foi de 550 árv./ha; 500 árv./ha ao final de 10 anos (2ª remedição); 480 árv./ha ao final de 15 anos (3ª remedição) e 580 árv./ha ao final de 20 anos (4ª remedição). Neste caso, o tempo da primeira passagem do estado 580 árv./ha para 500 árv./ha é de 10 anos; o tempo de primeira passagem do estado 580 árv./ha para 480 árv./ha é de 15 anos e o tempo de recorrência do estado 580 árv./ha é de 20 anos.

## 1 INTRODUÇÃO

A preservação, a conservação dos recursos florestais nativos ou mesmo seu uso de forma sustentada, são preocupações crescentes da sociedade em geral e dos profissionais que atuam na ciência florestal.

É condição básica para qualquer uma das ações mencionadas, conhecer as mudanças que ocorrem na população florestal, seja a mortalidade, o recrutamento, o tempo de passagem das árvores entre classes diamétricas, o crescimento em diâmetro, em área basal, em volume, a forma da distribuição diamétrica, dentre outras.

Além destes aspectos, conhecer as mudanças que ocorrem nas florestas é fundamental para que estudos de prognose possam ser viabilizados, objetivando definir ciclo de corte, economicidade do manejo sustentado e mesmo aspectos silviculturais das espécies que compõem a floresta.

Segundo Husch, Miller e Beers (1982), a mortalidade e o recrutamento são de extrema importância em qualquer expressão de crescimento de um povoamento.

Silva (1989, 1990, e 1993) e Silva et al. (1995), constataram que a mortalidade em florestas que sofrem intervenções é significativamente expressiva logo após a exploração, e com o passar do tempo há uma tendência de estabilizar à níveis de uma floresta primária. Em um período de 6 anos após a exploração na Floresta Nacional do Tapajós a taxa de mortalidade foi de 2,8% ao ano, decorridos 13 anos esta taxa foi de 2,5% ao ano.

Analisando a simulação do potencial de produção sustentável de madeira em Paragominas-PA - após a exploração, Barreto, Uhl e Yared (1993),

constataram que árvores dominadas por cipós e/ou com danos leves cresceram em média 0,35 cm/ano, ou quase 2 vezes menos do que as árvores livres de danos e de cipós que cresceram, 0,6 cm/ano e taxa média de mortalidade de 2% ao ano. Neste estudo, os autores ressaltaram que mudanças aparentemente pequenas nas taxas de mortalidade e crescimento, resultam em produções muito diferentes, ou seja, assumindo-se para um ciclo de corte de 20 anos mortalidade de 3% ao invés de 2% ao ano, haveriam 2 árvores ou 8,2 m<sup>3</sup>/ha a menos na floresta ao final do ciclo, mostrando que o volume extraído e o ciclo de corte, mesmo com manejo, serão variáveis. Conseqüentemente isto afetará a economicidade do manejo.

Além da importância do padrão de crescimento e da taxa de mortalidade, Silva (1989, 1990, e 1993) destaca que em florestas tropicais, a quantidade e qualidade do recrutamento, determinam a eficiência de um modelo de produção, uma vez que o recrutamento realimenta a floresta com mudas e pequenas árvores. É imprescindível que um número mínimo de árvores sobreviva e cresça ao tamanho de abate a cada ciclo de corte, para a produção florestal ser sustentada.

Dentro deste contexto, neste capítulo abordar-se-á o comportamento dos grupos ecológicos - com relação ao padrão de crescimento, a mortalidade e o recrutamento - para um remanescente de floresta estacional semidecídua em Lavras, MG.

## **2 OBJETIVOS**

- a) Quantificar o crescimento em diâmetro, a mortalidade e o recrutamento das espécies que compõe a floresta em questão e de forma particularizada, dos

grupos ecológicos que compreendem as espécies pioneiras, as espécies clímax exigentes de luz e as espécies tolerantes à sombra;

- b) Interpretar a dinâmica da floresta a partir das informações obtidas em três inventários, visando detectar possíveis influências por ocasião dos estudos de modelagem de prognose da estrutura diamétrica.

### **3 MATERIAL E MÉTODO**

#### **3.1 Caracterização da área**

Foi utilizada como base para o estudo a Reserva Florestal existente no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, sul de Minas Gerais, nas coordenadas 21°13'40" S e 44°52'50" W e à uma altitude de 925 metros. O clima é do tipo Cwb de Köppen (mesotérmico com verões brandos e estiagem no inverno). A precipitação e a temperatura média anual são 1493,2 mm e 19,3°C, respectivamente, 66% de precipitação ocorrendo no período de novembro a fevereiro (Vilela e Ramalho, 1979). O solo foi classificado como latossolo roxo distrófico (epialico), textura muito argilosa (Curi et al., 1990).

Segundo Oliveira Filho, Scolforo e Mello (1994), trata-se de um remanescente de floresta semidecídua montana, cuja área é de 5,8 ha, a qual não sofreu corte raso e tem aproximadamente os mesmos limites, pelo menos desde a década de 1920.

#### **3.2 Fonte de dados**

Em 1986 foi realizado um censo na Reserva Florestal, caracterizada no item anterior, a qual foi dividida em 126 parcelas com dimensões de 400 m<sup>2</sup> (20 x 20 m), totalizando 5,04 ha, conforme Figura 1.1.

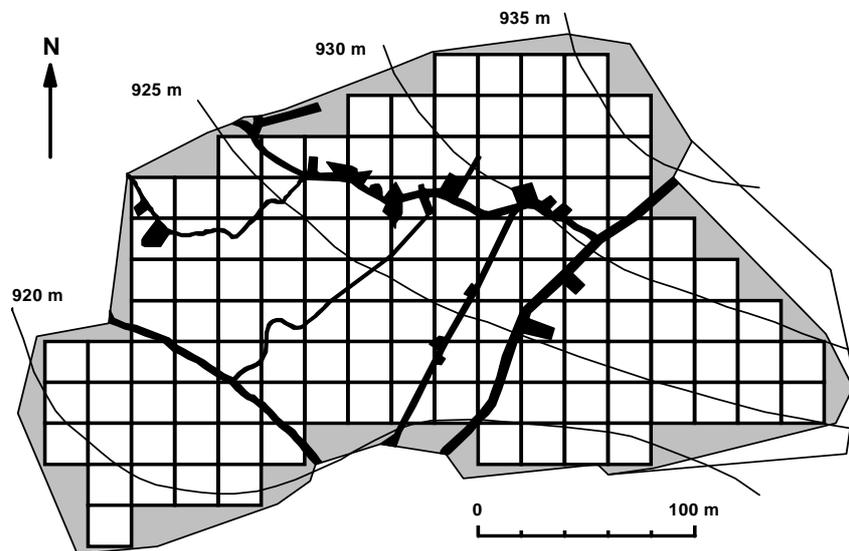


FIGURA 1.1. Mapa da Reserva Florestal da UFLA

No primeiro levantamento, realizado em 1987, todas as árvores com dimensões igual ou superior a 5 cm de DAP foram mensuradas (com suta nesse levantamento e com fita métrica nos demais), identificadas com placas de alumínio, totalizando 136 espécies distribuídas em 52 famílias (Oliveira Filho, Scolforo e Mello, 1994).

Na segunda medição, realizada em 1992, foram medidas além do DAP  $\geq$  5 cm, a altura do fuste comercial, com auxílio de um bambu graduado, qualificando-o em: 1 = fuste retilíneo; 2 = fuste ligeiramente tortuoso; 3 = fuste defeituoso ou morto. Estado fitossanitário: 1 = árvore sadia; 2 = árvore doente ou atacada por inseto; 3 = árvore morta e/ou oca. Neste período de 1987-92 foram identificadas 7 novas espécies, totalizando 143 espécies (Oliveira Filho, Mello e Scolforo, 1997).

A terceira medição, realizada em 1996, além da mensuração de todas as árvores com DAP  $\geq 5$  cm e altura do fuste comercial, mediu-se também a altura total de todas as árvores, através de uma vara telescópica. Após este levantamento foram identificadas mais 6 espécies além das 143 registradas em 1992. A identificação dessas espécies foi realizada perante consulta à coleção do herbário do Departamento de Ciências Florestais e do Departamento de Biologia da UFLA.

Dentre as medidas tomadas (DAP, altura do fuste comercial e altura total) será considerada neste trabalho apenas o DAP.

A partir desta base de dados, procurou-se identificar alterações, ou não na dinâmica da floresta no período de 1987-92 em relação ao período de 1992-96 e ao período de 1987-96, uma vez que este fato pode afetar a precisão das prognoses.

### **3.3 Dinâmica**

Será abordado neste item o comportamento dos grupos ecológicos que compõem a floresta, a saber: pioneiras, clímax exigentes de luz e clímax tolerantes à sombra. Se existir interesse em maiores informações sobre a classificação mais detalhada dos grupos, deve-se consultar Oliveira Filho, Mello e Scolforo (1997).

Para cada grupo ecológico será observada a tendência da sua densidade, incremento periódico, mortalidade e recrutamento. A quantificação do incremento periódico, recrutamento, mortalidade e frequência das árvores foi calculada através do software “PRODNAT”, para uma amplitude de classe de 5 cm conforme ilustrado na Tabela 1.1.

O incremento periódico foi obtido através da expressão:

$$IP_D = DAP2_i - DAP1_i$$

onde:

$IP_D$  = Incremento periódico em diâmetro;

$DAP1_i$  = Diâmetro tomado à 1,30 m de altura da  $i$ ésima árvore viva na 1ª medição;

$DAP2_i$  = Diâmetro tomado à 1,30 m de altura da  $i$ ésima árvore viva na 2ª medição;

$i = 1, 2, \dots, n$ .

e o incremento periódico anual, por classe diamétrica, pela expressão:

$$IPA_D = \frac{\sum_{i=1}^n (DAP2_i - DAP1_i)}{N}$$

onde:

$IPA_D$  = Incremento periódico anual em diâmetro por classe;

$N$  = Número total de árvores em cada classe diamétrica;

$DAP1, DAP2, i = j$  já definidos anteriormente.

TABELA 1.1. Obtenção do incremento periódico, mortalidade e recrutamento.

ÁRVORE NÚMERO	Espécie	CLASS E DE DAP(*)	DAP 1 <sup>o</sup> INV	DAP 2 <sup>o</sup> INV	IP <sub>D</sub>	MORTAS	RECRUTA MENTO
49	<i>Siparuna guianensis</i>	5   10	-	5,1	-		3(***)
33	<i>Copaifera langsdorffii</i>	5   10	-	6,0	-		3
45	<i>Maprounea guianensis</i>	5   10	-	6,2	-		3
31	<i>Casearia arborea</i>	5   10	5,0	5,7	0,7		
3	<i>Tapirira obtusa</i>	5   10	5,5	6,4	0,9		
7	<i>Copaifera langsdorffii</i>	5   10	6,0	-	-	2(**)	
11	<i>Copaifera langsdorffii</i>	5   10	6,0	6,7	0,7		
21	<i>Casearia arborea</i>	5   10	6,2	6,7	0,5		
23	<i>Styrax pohlii</i>	5   10	6,9	8,9	2,0		
22	<i>Styrax pohlii</i>	5   10	8,2	12,7	4,5		
14	<i>Tapirira obtusa</i>	5   10	9,5	15,6	6,1		
4	<i>Rollinia laurifolia</i>	10   15	10,5	13,7	3,2		
25	<i>Styrax pohlii</i>	10   15	11,0	11,4	0,4		
16	<i>Ocotea corymbosa</i>	10   15	12,7	13,1	0,3		
8	<i>Ocotea corymbosa</i>	15   20	17,1	19,7	2,6		
30	<i>Copaifera langsdorffii</i>	15   20	18,1	18,5	0,4		
12	<i>Xylopia brasiliensis</i>	15   20	19,7	23,9	4,2		
1	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	20   25	23,0	-	-	2	
46	<i>Ocotea corymbosa</i>	20   25	20,2	23,0	2,8		
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
n	n	n	n	n	n	n	n

\* DAP: Diâmetro tomado à 1,30 metros de altura.

\*\* Código utilizado para as árvores mortas.

\*\*\* Código utilizado para os recrutamentos.

Como recrutamento, considerou-se todas as plantas que no segundo inventário passaram a compor a amostra, ou seja, atingiram o DAP mínimo de 5 cm. O mesmo conceito foi utilizado por ocasião da terceira medição.

A mortalidade também foi obtida para o segundo e terceiro inventários, através de sua contagem em cada classe diamétrica.

Para melhor interpretar e compreender como as plantas se desenvolvem na floresta, estabeleceu-se 4 diferentes grupos:

- 1 - A floresta toda;
- 2 - As espécies clímax tolerantes à sombra;
- 3 - As espécies clímax exigentes de luz;
- 4 - As espécies pioneiras.

No Anexo 1.1, conforme Oliveira-Filho et al. (1995) e Oliveira-Filho, Mello e Scolforo (1997) é apresentada a lista de espécies em cada grupo ecológico.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Densidade dos grupos ecológicos**

Conforme pode-se observar na Figura 1.2 a tendência do número de árvores/ha para as espécies pioneiras, clímax exigentes de luz e clímax tolerantes à sombra, permaneceu a mesma durante os períodos de 1987-92, 1992-96 e 1987-96.

Para o grupo das pioneiras constatou-se que as árvores não ultrapassaram a classe diamétrica de 45 cm. Com relação às clímax exigentes de luz e clímax tolerantes à sombra, percebeu-se um maior número de árvores clímax exigentes de luz até a classe diamétrica de 20 cm, uma ligeira inversão até a classe de 40 cm e a partir desta o mesmo comportamento; sendo que as clímax tolerantes à sombra alcançaram classes acima dos 75 cm e as clímax exigentes de luz não ultrapassaram os 75 cm para os três períodos observados.

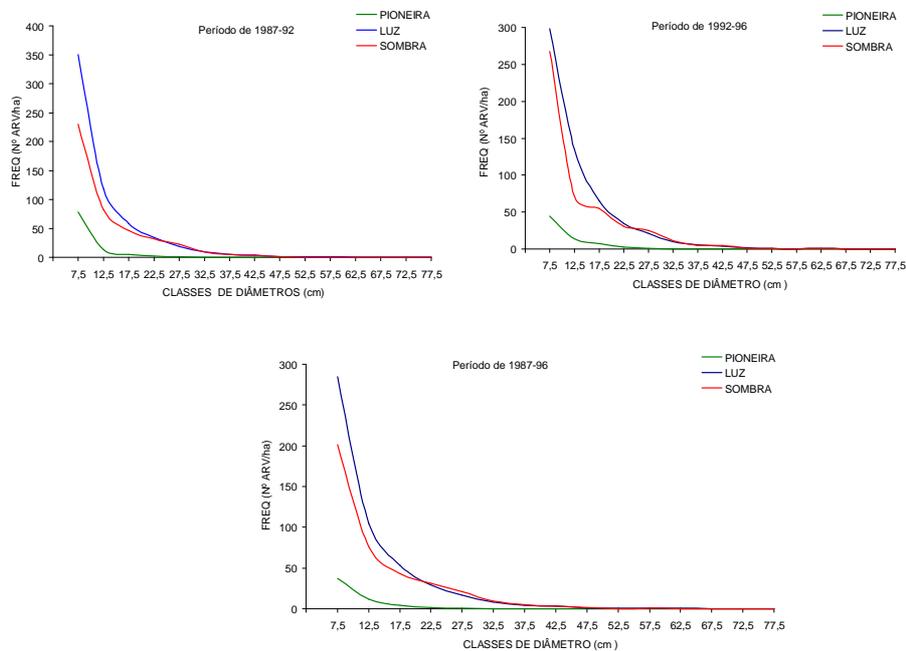


FIGURA 1.2. Distribuição diamétrica das árvores para os três períodos observados por grupo ecológico.

As Tabelas 1.2, 1.3 e 1.4 apresentam a distribuição de frequência das classes de diâmetro para a floresta como um todo, pioneiras, clímax exigentes de luz e clímax tolerantes à sombra nos períodos de 1987-92, 1992-96 e 1987-96.

Analisando as Tabelas 1.2, 1.3 e 1.4, observou-se que nos três períodos estudados (1987-92, 1992-96 e 1987-96) o grupo das pioneiras não ultrapassou 9% das espécies existentes na mata, já as clímax exigentes de luz e clímax tolerantes à sombra oscilaram entre 51,5 a 53,1% e 38,1 a 42,3%, respectivamente.

Para o grupo das pioneiras, 99,11% não ultrapassaram o diâmetro de 25 cm e 0,89% o diâmetro de 45 cm, para o período de 1987-92. Para os outros dois períodos, 1992-1996 e 1987-96, 98% e 2% não ultrapassaram 25 e 45 cm,

TABELA 1.2. Distribuição de frequência das classes de diâmetro para o período de 1987-92.

CLASSE DIAMÉTRICA	FLORESTA		PIONEIRA		LUZ		SOMBRA	
	Nº ÁRV/ha	Nº ÁRV/ha	(%)	Nº ÁRV/ha	(%)	Nº ÁRV/ha	(%)	
7,5	659,1	78,6	11,9	350,4	53,2	230,2	34,92	
12,5	214,9	13,9	6,5	118,8	55,3	82,1	38,23	
17,5	110,7	5,6	5,0	58,3	52,7	46,8	42,29	
22,5	67,1	1,8	2,7	33,5	50,0	31,7	47,34	
27,5	41,3	0,6	1,4	18,3	44,2	22,4	54,33	
32,5	18,7	0,2	1,1	8,9	47,9	9,5	51,06	
37,5	10,3	0,2	1,9	5,2	50,0	5,0	48,08	
42,5	7,1	0,0	0,0	3,8	52,8	3,4	47,22	
47,5	2,6	0,0	0,0	1,4	53,8	1,2	46,15	
52,5	0,8	0,0	0,0	0,6	75,0	0,2	25,00	
57,5	1,4	0,0	0,0	1,0	71,4	0,4	28,57	
62,5	0,6	0,0	0,0	0,4	66,7	0,2	33,33	
67,5	0,2	0,0	0,0	0,2	100,0	0,0	0,00	
72,5	0,2	0,0	0,0	0,2	100,0	0,0	0,00	
77,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	100,00	
TOTAL	1135,1	100,8		601,0		433,3		

respectivamente. O grupo das clímax exigentes de luz teve em média 93%, 6,52% e 0,47% para diâmetros até 25 cm, entre 25 à 45 cm e acima de 45 cm, respectivamente para os três períodos.

O comportamento das clímax tolerantes à sombra para as árvores até 25 cm e de 25 a 45 cm foi semelhante nos três períodos considerados, ocorrendo apenas um ligeiro declínio no número de árvores acima de 45 cm no período de 1992-96 em relação ao de 1987-92 e 1987-96.

Ainda, de acordo com as Tabelas 1.2, 1.3 e 1.4 houve uma tendência de redução no número de árvores dos três grupos, do período de 1987-92 para 1992-96 e de 1992-96 para 1987-96.

TABELA 1.3. Distribuição de frequência das classes de diâmetro para o período de 1992-96.

CLASSE DIAMÉTRICA	FLORESTA		PIONEIRA		LUZ		SOMBRA	
	Nº ÁRV/ha	Nº ÁRV/ha	Nº ÁRV/ha	(%)	Nº ÁRV/ha	(%)	Nº ÁRV/ha	(%)
7,5	610,1	44,8	7,3	298,0	48,8	267,3	43,80	
12,5	220,4	13,7	6,2	135,3	61,4	71,4	32,40	
17,5	128,6	7,3	5,7	65,9	51,2	55,4	43,06	
22,5	67,9	2,4	3,5	34,7	51,2	30,8	45,32	
27,5	46,2	0,6	1,3	20,6	44,6	25,0	54,08	
32,5	21,0	0,4	1,9	9,5	45,3	11,1	52,83	
37,5	10,9	0,2	1,8	5,8	52,7	5,0	45,45	
42,5	9,1	0,2	2,2	3,8	41,3	5,2	56,52	
47,5	2,8	0,0	0,0	1,6	57,1	1,2	42,86	
52,5	1,2	0,0	0,0	0,6	50,0	0,6	50,00	
57,5	0,6	0,0	0,0	0,4	66,7	0,2	33,33	
62,5	1,2	0,0	0,0	0,6	50,0	0,6	50,00	
67,5	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,00	
72,5	0,2	0,0	0,0	0,2	100,0	0,0	0,00	
77,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	100,00	
TOTAL	1120,6	69,6		577,2		473,8		

Na possibilidade de se implantar um plano de manejo na floresta em questão, com fins de obtenção de madeira, apenas 6 das 149 espécies existentes na área ultrapassam 45 cm de DAP. Tomando como base o período de 1987-92, estas 6 espécies representam 5,8 árvores/ha ou 96,7% das árvores com DAP  $\geq$  45 cm, conforme mostra a Tabela 1.5. Segundo Oliveira-Filho, Scolforo e Mello (1994), num estudo fitossociológico realizado na área, estas mesmas espécies apresentaram índice de valor de importância (IVI)  $\geq$  8,9. Este fato é extremamente relevante já que para as 143 espécies restantes existe uma

limitação de porte inerente a sua constituição genética. Comportamento similar ocorre em qualquer floresta nativa de composição variada em espécie e idade.

TABELA 1.4. Distribuição de freqüência das classes de diâmetro para o período de 1987-96.

CLASSE DIAMÉTRICA	FLORESTA	PIONEIRA		LUZ		SOMBRA	
	N <sup>o</sup> ÁRV/ha	N <sup>o</sup> ÁRV/ha	(%)	N <sup>o</sup> ÁRV/ha	(%)	N <sup>o</sup> ÁRV/ha	(%)
7,5	522,8	37,3	7,1	284,5	54,4	201,0	38,44
12,5	192,3	11,5	6,0	105,0	54,6	75,8	39,42
17,5	100,6	4,4	4,3	53,2	52,9	43,1	42,80
22,5	62,1	1,6	2,6	29,4	47,3	31,2	50,16
27,5	38,3	0,6	1,6	16,7	43,5	21,0	54,92
32,5	17,5	0,2	1,1	7,7	44,3	9,5	54,55
37,5	9,7	0,2	2,0	4,6	46,9	5,0	51,02
42,5	6,5	0,0	0,0	3,4	51,5	3,2	48,48
47,5	2,0	0,0	0,0	0,8	40,0	1,2	60,00
52,5	0,6	0,0	0,0	0,4	66,7	0,2	33,33
57,5	1,0	0,0	0,0	0,6	60,0	0,4	40,00
62,5	0,6	0,0	0,0	0,4	66,7	0,2	33,33
67,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
72,5	0,2	0,0	0,0	0,2	100,0	0,0	0,00
77,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	100,00
TOTAL	954,4	55,8		506,7		391,9	

Desta maneira ao conhecer a estrutura da floresta identificar-se-á qual o grupo factível de sofrer intervenções. A grande diferença do manejo sustentado para a exploração predatória está em procurar aproveitar o maior número de espécies possíveis, e a sua remoção ou não, estará centrada em uma análise mais pormenorizada de sua distribuição diamétrica, do seu incremento médio anual em diâmetro, do estoque de regeneração natural, da forma do fuste, de uma análise econômica, da forma de efetuar a exploração e a remoção da árvore da floresta, e também de um melhor beneficiamento tecnológico desta.

Conforme pode-se verificar nesta tabela, a distribuição diamétrica decrescente das espécies 1, 2, 3, 4 e 6 indica que poderá existir fluxo de árvores

das menores para as maiores classes de diâmetro. A garantia deste fluxo estará



condicionada a um estudo mais detalhado sobre o balanceamento da distribuição das árvores nas sucessivas classes diamétricas. A espécie 5 apresenta problema de regeneração natural já que há tendência de sua distribuição se aproximar da distribuição normal com assimetria. Este problema é explicável. Anteriormente a 1986, eram removidas com frequência, plantas desta espécie para confecção de cabos de ferramentas, em função da excelente forma do tronco e também de sua resistência mecânica.

O incremento periódico médio anual para estas espécies foi: 0,20; 0,54; 0,38; 0,34; 0,62 e 0,23 cm/ano respectivamente para a espécie 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Observou-se que o incremento da espécie 1 (*Copaifera langsdorffii*) foi o menor deles, apesar desta ser a espécie de maior densidade dentre todas existentes na área. Se considerado o incremento diamétrico da respectiva classe, então para fins de ilustração as 82 árvores existentes na classe diamétrica de 20 a 25 cm precisariam de pelo menos 96 anos para atingir a classe diamétrica de 45 a 50 cm  $\{(47,5 - 22,5) / [(106,9/82) / 5 \text{ anos}] = 96 \text{ anos}\}$ . As 11 árvores existentes na classe de 35 a 40 cm levariam 28,3 anos para atingir a classe de 45 a 50 cm de DAP. Assim, esta espécie só apresentará viabilidade econômica se ocorrer um aumento no seu ritmo de crescimento anual em diâmetro, através de tratamentos silviculturais e/ou obtiver um alto preço de venda da madeira. O fuste apresenta forma frequentemente retilínea e com comprimento que propicia obtenção de toras com no mínimo 4 m, para a área estudada.

A lógica de raciocínio empregada neste item foi simplista, baseada numa taxa média de crescimento anual, em diâmetro, constante a partir da classe em que esta estava posicionada, desconsiderando que as árvores crescem de forma diferente segundo sua posição sociológica na floresta. No entanto, o objetivo maior foi de exercitar possibilidades de interpretações mais aplicadas, se conhecimentos sobre as mudanças na estrutura da floresta forem conhecidas.

Uma abordagem detalhada de como modelar o crescimento será apresentada nos capítulos 2, 3 e 4 desta dissertação.

#### 4.2 Incremento periódico

Nas Tabelas 1.6, 1.7 e 1.8 são apresentados os incrementos periódicos (1987-92, 1992-96 e 1987-96) para todas as espécies da floresta, das espécies pioneiras, das espécies clímax exigentes de luz e das espécies clímax tolerantes à sombra.

Conforme pode-se constatar, para a floresta toda o incremento periódico é menor nas menores classes de diâmetro, aumentado com o aumento destas, e por fim apresenta a desaceleração nas maiores classes.

TABELA 1.6. Incremento periódico anual em diâmetro ( $IPA_D$ ) e área basal ( $IPA_G$ ) para o período de 1987-92.

CLASSE DE DIÂMETRO (cm)	FLORESTA		PIONEIRAS		LUZ		SOMBRA	
	$IPA_D$ (cm)	$IPA_G$ (m <sup>2</sup> )						
7,5	1,004	0,00127	1,086	0,00139	1,158	0,00150	0,743	0,00087
12,5	1,396	0,00295	1,726	0,00371	1,458	0,00302	1,250	0,00271
17,5	1,356	0,00392	1,879	0,00536	1,461	0,00425	1,163	0,00331
22,5	1,549	0,00568	1,878	0,00667	1,624	0,00598	1,451	0,00531
27,5	1,734	0,00769	3,767	0,01667	1,865	0,00837	1,573	0,00690
32,5	2,013	0,01064	7,000	0,04000	2,278	0,01222	1,660	0,00875
37,5	2,323	0,01404	5,900	0,04000	2,323	0,01385	2,180	0,01320
42,5	1,661	0,01139	0,000	0,00000	1,547	0,01053	1,788	0,01176
47,5	2,931	0,02231	0,000	0,00000	2,786	0,02143	3,100	0,02333
52,5	3,750	0,03250	0,000	0,00000	3,000	0,02333	6,000	0,05000
57,5	4,314	0,04000	0,000	0,00000	4,320	0,04000	4,300	0,04000
62,5	2,033	0,02000	0,000	0,00000	2,600	0,02500	0,900	0,01000
67,5	3,400	0,04000	0,000	0,00000	3,400	0,04000	0,000	0,00000
72,5	2,300	0,03000	0,000	0,00000	2,300	0,03000	0,000	0,00000
77,5	3,700	0,05000	0,000	0,00000	0,000	0,00000	3,700	0,05000

Para o período de 1987-92 o incremento periódico anual, para a floresta em geral, é de 0,473 cm/ano. Nos períodos de 1992-96 e 1987-96 são, respectivamente, 0,510 cm/ano e 0,457 cm/ano. Estes valores estão de acordo com os encontrados por Jesus, Souza e Garcia (1992), em área não perturbada de Floresta Atlântica; superiores ao encontrados por Felfili (1993 e 1995) em floresta de galeria e Uhl et al. (1992) em áreas não manejadas da Floresta Amazônica; contudo são valores inferiores aos encontrados por Souza et. al. (1993) e Araújo (1993).

Com relação aos grupos ecológicos, as espécies pioneiras apresentaram em média, nos três períodos, 0,680 cm/ano. Este valor é inferior ao 1 cm/ano encontrado por Silva (1989, 1990, 1993) na Floresta Nacional de Tapajós, após esta sofrer exploração. Este autor relata também que em relação ao crescimento das árvores, uma forte correlação entre o crescimento diamétrico e quantidade de luz recebida pelas copas das árvores foi constatada na área estudada. Árvores recebendo luz em toda a área superior da copa crescem 3 vezes mais do que aquelas recebendo luz pelas laterais ou luz difusa.

Este fato pode ser observado na Figura 1.3, onde existe a clara tendência do incremento periódico anual (nos três períodos) das pioneiras, ser maior que as clímax exigentes de luz e por conseguinte às clímax tolerantes à sombra ( $0,680 > 0,495 > 0,411$  cm/ano), porém não atingindo diferenças de 3 vezes entre os grupos ecológicos. A mesma tendência foi constatada em relação a área basal.

Dentro do grupo das pioneiras, nos três períodos considerados, a *Miconia hispida* teve em média 23 árvores/ha com incremento periódico anual em diâmetro de 0,289 cm/ano e a *Miconia pepericarpa* 0,170 cm/ano para uma média de 29,5 árvores/ha. Somente estas duas espécies representam

mais de 62% das árvores do grupo das pioneiras, entretanto dentre estes 62% de árvores mais de 88% não ultrapassa a classe de 5 | 10 cm.

TABELA 1.7. Incremento periódico anual em diâmetro (IPA<sub>D</sub>) e área basal (IPA<sub>G</sub>) para o período de 1992-96.

CLASSE DE DIÂMETRO (cm)	FLORESTA		PIONEIRAS		LUZ		SOMBRA	
	(IPA <sub>b</sub> ) (cm)	(IPA <sub>G</sub> ) (m <sup>2</sup> )	(IPA <sub>b</sub> ) (cm)	(IPA <sub>G</sub> ) (m <sup>2</sup> )	(IPA <sub>b</sub> ) (cm)	(IPA <sub>G</sub> ) (m <sup>2</sup> )	(IPA <sub>b</sub> ) (cm)	(IPA <sub>G</sub> ) (m <sup>2</sup> )
7,5	0,651	0,00081	0,662	0,00084	0,727	0,00093	0,564	0,00068
12,5	1,058	0,00221	1,148	0,00246	1,250	0,00262	0,677	0,00139
17,5	1,184	0,00341	2,043	0,00595	1,214	0,00349	1,034	0,00297
22,5	1,094	0,00401	1,883	0,00750	1,174	0,00429	0,944	0,00342
27,5	1,186	0,00532	1,300	0,00667	1,463	0,00663	0,956	0,00421
32,5	1,525	0,00802	4,950	0,02500	1,773	0,00938	1,189	0,00607
37,5	1,553	0,00945	4,500	0,03000	1,734	0,01069	1,224	0,00760
42,5	1,783	0,01217	5,700	0,04000	1,984	0,01368	1,485	0,01000
47,5	1,821	0,01357	0,000	0,00000	2,088	0,01625	1,467	0,01167
52,5	2,367	0,02000	0,000	0,00000	3,033	0,02667	1,700	0,01333
57,5	4,000	0,03667	0,000	0,00000	4,600	0,04500	2,800	0,03000
62,5	2,383	0,02333	0,000	0,00000	3,167	0,03333	1,600	0,01667
67,5	6,400	0,07000	0,000	0,00000	6,400	0,07000	0,000	0,00000
72,5	0,500	0,01000	0,000	0,00000	0,500	0,01000	0,000	0,00000
77,5	3,100	0,04000	0,000	0,00000	0,000	0,00000	3,100	0,04000

No grupo das clímax exigentes de luz, *Casearea arborea* apresentou em média um incremento de 0,222 cm/ano; *Tapirira obtusa* 0,345 cm/ano; *Myrcia rostrata* 0,193 cm/ano, representando mais de 28% das árvores deste grupo. Com relação às clímax tolerantes à sombra, *Xylopia brasiliensis*; *Cryptocarya aschersoniana*; *Ocotea odorifera*; *Copaifera langsdorffii*; *Siparuna guianensis* e *Amaioua guianensis* representam 74% das árvores existentes na floresta para este grupo ecológico, com incrementos médios de 0,587 cm/ano; 0,342 cm/ano; 0,157 cm/ano; 0,177 cm/ano, 0,171 cm/ano e 0,115 cm/ano, respectivamente.

Para os três períodos observados o grupo das pioneiras apresentou um maior incremento médio em diâmetro de 1992-96 com 0,693 cm/ano, em 1987-96 0,682 cm/ano e 1987-92 de 0,664 cm/ano. No grupo das clímax exigentes de luz o período de 1992-96 também apresentou o maior incremento médio em diâmetro.

TABELA 1.8. Incremento periódico anual em diâmetro ( $IPA_D$ ) e área basal ( $IPA_G$ ) para o período de 1987-96.

CLASSE DE DIÂMETRO (cm)	FLORESTA		PIONEIRAS		LUZ		SOMBRA	
	( $IPA_D$ ) (cm)	( $IPA_G$ ) (m <sup>2</sup> )	( $IPA_D$ ) (cm)	( $IPA_G$ ) (m <sup>2</sup> )	( $IPA_D$ ) (cm)	( $IPA_G$ ) (m <sup>2</sup> )	( $IPA_D$ ) (cm)	( $IPA_G$ ) (m <sup>2</sup> )
7,5	1,827	0,00256	2,360	0,00356	2,140	0,00308	1,286	0,00163
12,5	2,484	0,00560	3,131	0,00741	2,651	0,00590	2,155	0,00495
17,5	2,380	0,00718	3,514	0,01091	2,558	0,00780	2,046	0,00604
22,5	2,638	0,01003	3,088	0,01125	2,940	0,01135	2,331	0,00873
27,5	3,001	0,01373	7,767	0,03667	3,262	0,01512	2,658	0,01198
32,5	3,263	0,01761	11,500	0,07000	3,792	0,02077	2,660	0,01417
37,5	4,292	0,02673	11,600	0,08000	4,552	0,02826	3,760	0,02320
42,5	3,061	0,02121	0,000	0,00000	3,176	0,02235	2,938	0,02000
47,5	5,080	0,04000	0,000	0,00000	5,400	0,04250	4,867	0,03833
52,5	6,667	0,05667	0,000	0,00000	5,600	0,05000	8,800	0,08000
57,5	7,820	0,07400	0,000	0,00000	8,867	0,08333	6,250	0,06000
62,5	5,433	0,05667	0,000	0,00000	7,250	0,07500	1,800	0,02000
67,5	0,000	0,00000	0,000	0,00000	0,000	0,00000	0,000	0,00000
72,5	2,800	0,03000	0,000	0,00000	2,800	0,03000	0,000	0,00000
77,5	6,800	0,08000	0,000	0,00000	0,000	0,00000	6,800	0,08000

0,555 cm/ano, seguido do período de 1987-96 com 0,470 cm/ano e 1987-92 com 0,459 cm/ano. Entretanto para o grupo das clímax toletantes à sombra o período de 1992-96 foi o que apresentou o menor incremento médio com 0,360 cm/ano e o de 1987-92 com o maior valor 0,459 cm/ano, seguido do período de 1987-96 com 0,413 cm/ano.

Destes resultados, ficou claro que nas florestas nativas, especialmente as tropicais, a complexidade do ecossistema exige um estudo ainda mais

pormenorizado, pois o comportamento de cada grupo ecológico mostrou-se variável no tempo e mesmo dentro de cada grupo, as espécies que representaram a maioria dos indivíduos mostraram padrões de crescimento diferenciados.

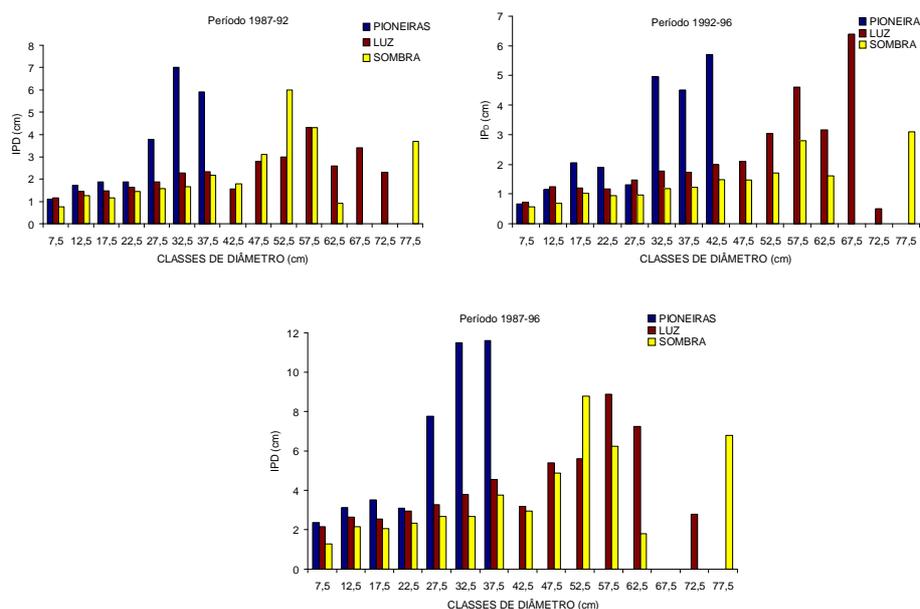


FIGURA 1.3. Incremento periódico em diâmetro para os três grupos de espécies nos períodos estudados.

### 4.3 Mortalidade

Em termos médios, para a floresta como um todo obteve-se um percentual de árvores mortas de 2,0%, 3,6% e 2,3% ao ano para os períodos de 1987-92, 1992-96 e 1987-96, respectivamente. Estes valores estão acima dos encontrados por Lieberman e Lieberman (1987), Azevedo (1993), Azevedo, Souza e Jesus (1995), De Graaf (1986) e Jonkers (1988), em área não perturbada.

Estas taxas são 0,5% inferiores que a taxa de recrutamento (2,5%) se considerado o período 1987-92, o que indica que a floresta está em expansão.

Contrariamente a este fato no período de 1992-96 a taxa de mortalidade é 0,9% superior a do recrutamento (2,7%) nesta mesma época. Se considerado o período 1987-96 a mortalidade supera o recrutamento em 0,1%. Este desbalanceamento também foi detectado por outros autores como Pires e Prance (1977) no Amazonas, Swaine, Lieberman e Putz (1987a) em Gana, Lieberman et al. (1990) na Costa Rica, dentre outros.

A ocorrência deste fato é devido a própria natureza do desenvolvimento da estrutura da floresta. Se há mais mortalidade então serão criados espaços para um maior recrutamento. A medida que este aumenta cresce a área basal, o que vai implicar em maior competição. Este fato propiciará novamente a ocorrência de uma maior mortalidade, e assim sucessivamente.

Esta flutuação existente entre as taxas impede que a modelagem da variável mortalidade e recrutamento possa ser desenvolvida com eficiência, enquanto não existir números de medições que possibilite definir claramente estas tendências.

No período de 1987-92, das 145 árvores mortas/ha, 5,1% ao ano foram pioneiras, 10,6% ao ano foram clímax exigentes de luz e 4,3% de clímax tolerantes à sombra. Para 1992-96 e 1987-96 foram, respectivamente: 6,5 e 2,8% ao ano para as pioneiras; 12,6 e 5,8% ao ano para as clímax exigentes de luz; 5,9 e 2,5% ao ano para as clímax tolerantes à sombra. Analisando a mortalidade por classes diamétricas, constatou-se que para a floresta toda mais de 76% das árvores concentram-se na primeira classe de diâmetro. Para as espécies clímax exigentes de luz e as tolerantes à sombra este valor oscilou entre 69,4 e 74,7%, já para o grupo das pioneiras variou de 86,4 a 91,8% na primeira classe, conforme as Tabelas 1.9, 1.10 e 1.11.

No grupo das pioneiras mais de 62% das árvores existentes na área são das espécies *Miconia hispida* e *Miconia pepericarpa*, sendo que mais de 88% não ultrapassam a classe de 5 | 10 cm. Para os três períodos observados, *Miconia*.

TABELA 1.9. Número de árvores e mortalidade/ha/classe de diâmetro para o período de 1987-92.

CLASSE DIAMÉTRICA	FLORESTA		PIONEIRA		LUZ		SOMBRA	
	FREQ.	MORT.	FREQ.	MORT.	FREQ.	MORT.	FREQ.	MORT.
7,5	659,1	111,3	78,6	31,7	350,4	57,7	230,2	21,8
12,5	214,9	16,9	13,9	3,2	118,8	8,9	82,1	4,8
17,5	110,7	7,1	5,6	1,2	58,3	4,2	46,8	1,8
22,5	67,1	2,6	1,8	0,2	33,5	1,6	31,7	0,8
27,5	41,3	2,6	0,6	0,2	18,3	1,2	22,4	1,2
32,5	18,7	2,2	0,2	0,2	8,9	1,8	9,5	0,2
37,5	10,3	0,4	0,2	0,0	5,2	0,4	5,0	0,0
42,5	7,1	1,2	0,0	0,0	3,8	0,8	3,4	0,4
47,5	2,6	0,4	0,0	0,0	1,4	0,2	1,2	0,2
52,5	0,8	0,2	0,0	0,0	0,6	0,2	0,2	0,0
57,5	1,4	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,4	0,0
62,5	0,6	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,2	0,0
67,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
72,5	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0
77,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
TOTAL	1135,1	145,0	100,8	36,7	601,0	77,2	433,3	31,2

*hispida* teve em média uma taxa de mortalidade da ordem de 5,2% ao ano e *Miconia pepericarpa* 11,3% ao ano. Dentre as espécies com maior número de árvores no grupo das clímax exigentes de luz, a *Tapirira obtusa* apresentou taxa de mortalidade de 1,3% ao ano, a *Casearea arborea* 4,3% ao ano e a *Myrcia rostrata* 4,4% ao ano, sendo que estas três espécies, representam mais de 28% das árvores deste grupo. Já o grupo das clímax tolerantes à sombra, 74% das árvores são representadas por seis espécies: *Amaioua guianensis*, *Siparuna guianensis*, *Copaifera langsdorffii*, *Ocotea odorifera*, *Xylopia*

*brasiliensis* e *Cryptocarya aschersoniana*, com taxa média de mortalidade de 4,9%; 3,9%; 3%; 2,3%; 0,5% e 0,3% ao ano, respectivamente.

Observou-se também que o maior número de árvores mortas está concentrado na menor classe diamétrica. No entanto, embora morram mais

TABELA 1.10. Número de árvores e mortalidade/ha/classe de diâmetro para o período de 1992-96.

CLASSE DIAMÉTRICA	FLORESTA		PIONEIRA		LUZ		SOMBRA	
	FREQ.	MORT.	FREQ.	MORT.	FREQ.	MORT.	FREQ.	MORT.
7,5	610,1	165,1	44,8	51,8	298,0	75,8	267,3	37,5
12,5	220,4	28,0	13,7	3,2	135,3	18,3	71,4	6,5
17,5	128,6	10,1	7,3	1,0	65,9	4,8	55,4	4,4
22,5	67,9	5,6	2,4	0,6	34,7	4,2	30,8	0,8
27,5	46,2	4,0	0,6	0,0	20,6	2,6	25,0	1,4
32,5	21,0	1,0	0,4	0,0	9,5	1,0	11,1	0,0
37,5	10,9	1,0	0,2	0,0	5,8	1,0	5,0	0,0
42,5	9,1	0,4	0,2	0,0	3,8	0,4	5,2	0,0
47,5	2,8	0,4	0,0	0,0	1,6	0,2	1,2	0,2
52,5	1,2	0,4	0,0	0,0	0,6	0,4	0,6	0,0
57,5	0,6	0,6	0,0	0,0	0,4	0,6	0,2	0,0
62,5	1,2	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	0,0
67,5	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0
72,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
77,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
TOTAL	1120,6	216,7	69,6	56,5	577,2	109,3	473,8	50,8

árvores suprimidas na floresta, a Figura 1.4 mostra que uma maior proporção de árvores mortas é encontrada nas maiores classes de diâmetro, já que a distribuição decrescente típica das florestas nativas implica em um menor número de árvores nestas classes. Assim, qualquer mortalidade que ocorra nestas classes, assume um maior valor percentual.

Dentre os períodos estudados, o de 1992-96 foi o que apresentou o maior percentual de árvores mortas: em relação a 1987-92, um acréscimo de 1,6

pontos percentuais e 1,3 pontos percentuais para 1987-96. Esta diferença é também notada nos grupos ecológicos das clímax tolerantes à sombra e pioneiras. Já para o grupo das clímax exigentes de luz o período de 1987-92 apresentou maior taxa (10,6% /ano) seguido de 1992-96 (5,9% /ano) e 1987-96 (2,5% /ano).

TABELA 1.11. Número de árvores e mortalidade/ha/classe de diâmetro para o período de 1987-96.

CLASSE DIAMÉTRICA	FLORESTA		PIONEIRA		LUZ		SOMBRA	
	FREQ.	MORT.	FREQ.	MORT.	FREQ.	MORT.	FREQ.	MORT.
7,5	522,8	247,6	37,3	73,0	284,5	123,6	201,0	51,0
12,5	192,3	39,5	11,5	5,6	105,0	22,8	75,8	11,1
17,5	100,6	17,3	4,4	2,4	53,2	9,3	43,1	5,6
22,5	62,1	7,5	1,6	0,4	29,4	5,8	31,2	1,4
27,5	38,3	5,6	0,6	0,2	16,7	2,8	21,0	2,6
32,5	17,5	3,4	0,2	0,2	7,7	3,0	9,5	0,2
37,5	9,7	1,0	0,2	0,0	4,6	1,0	5,0	0,0
42,5	6,5	1,8	0,0	0,0	3,4	1,2	3,2	0,6
47,5	2,0	1,0	0,0	0,0	0,8	0,8	1,2	0,2
52,5	0,6	0,4	0,0	0,0	0,4	0,4	0,2	0,0
57,5	1,0	0,4	0,0	0,0	0,6	0,4	0,4	0,0
62,5	0,6	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,2	0,0
67,5	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
72,5	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0
77,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
TOTAL	954,4	325,8	55,8	81,7	506,7	171,4	391,9	72,6

Segundo Swaine, Lieberman e Putz (1987a), após 14 anos de estudo em uma floresta tropical em Gana, concluíram que a mortalidade foi maior entre as árvores que tinham apresentado redução no incremento diamétrico. Esta relação, mortalidade x incremento, foi observada para as espécies clímax exigentes de luz - que no período de 1987-92 apresentou menor incremento (0,459 cm/ano) com maior taxa de mortalidade (10,6% /ano) - o mesmo aconteceu com as clímax tolerantes à sombra no período de 1992-96, incremento de 0,360 cm/ano

e mortalidade de 5,9% /ano. Já no grupo das pioneiras esta relação não ocorreu, porém foi observado que no período de 1992-96 houve a maior taxa de incremento 0,693 cm/ano e a maior taxa de mortalidade 6,5% /ano. Este fato, maior incremento e maior mortalidade, também foi observado para a floresta como um todo.

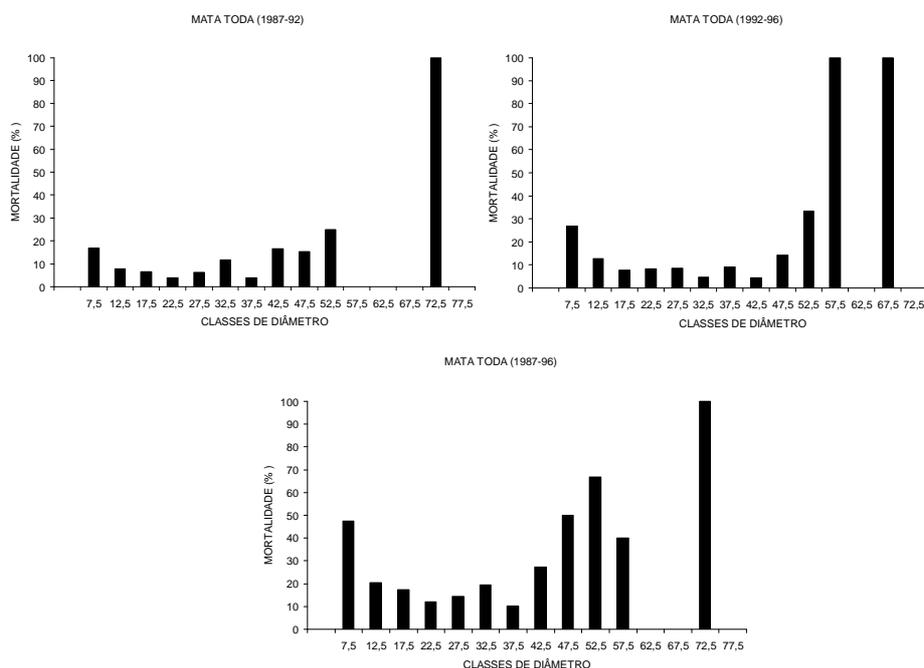


FIGURA 1.4. Porcentagem de árvores mortas nas classes diamétricas nos três períodos observados.

#### 4.4 Recrutamento

Como observado nas Tabelas 1.12, 1.13 e 1.14, o recrutamento das árvores no processo de medição é quase que total na primeira classe de medição. Em termos percentuais, este valor é de 100% no intervalo de 1987-96; 99,2% no intervalo de 1992-96; 98,5% no intervalo de 1987-96, considerando um

diâmetro mínimo de 5 cm. Considerando todas as classes diamétricas, o recrutamento por ano foi da ordem de 2,5%, 2,7% e 2,2%, respectivamente para 1987-92, 1992-96 e 1987-96. Contudo, Felfili (1993 e 1995) em uma floresta de galeria no Distrito Federal encontrou taxa de 2,7% ao ano, no período de 1985-91, considerando como diâmetro mínimo de medição 10 cm. Já Silva (1993), na Floresta Nacional

TABELA 1.12. Número de árvores e recrutamento/ha/classe de diâmetro para o período de 1987-92.

CLASSE DIAMÉTRICA	FLORESTA		PIONEIRA		LUZ		SOMBRA	
	FREQ.	RECRUT.	FREQ.	RECRUT.	FREQ.	RECRUT.	FREQ.	RECRUT.
7,5	659,1	202,2	78,6	25,4	350,4	85,5	230,2	91,3
12,5	214,9	0,0	13,9	0,0	118,8	0,0	82,1	0,0
17,5	110,7	0,0	5,6	0,0	58,3	0,0	46,8	0,0
22,5	67,1	0,0	1,8	0,0	33,5	0,0	31,7	0,0
27,5	41,3	0,0	0,6	0,0	18,3	0,0	22,4	0,0
32,5	18,7	0,0	0,2	0,0	8,9	0,0	9,5	0,0
37,5	10,3	0,0	0,2	0,0	5,2	0,0	5,0	0,0
42,5	7,1	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	3,4	0,0
47,5	2,6	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	1,2	0,0
52,5	0,8	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,2	0,0
57,5	1,4	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,4	0,0
62,5	0,6	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,2	0,0
67,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
72,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
77,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
TOTAL	1135,1	202,2	100,8	25,4	601,0	85,5	433,3	91,3

de Tapajós encontrou taxas de 5,4% ao ano após 6 anos de monitoramento da floresta. Este número, após 13 anos de monitoramento, decresceu para 2% ao ano conforme Silva et al. 1995.

Com relação aos grupos ecológicos considerados neste estudo, pode-se verificar nas Figura 1.5, que as espécies clímax tolerantes à sombra foram as que apresentaram maiores recrutamentos, seguidas das clímax exigentes de luz e

das pioneiras, sendo que mais de 97% das árvores foram recrutadas na primeira classe.

No grupo das pioneiras, que representaram em média 8,8% das árvores recrutadas, destacaram-se *Miconia hispida* e *Miconia pepericarpa* e ambas somaram, dentro do grupo, mais de 68% das árvores recrutadas no período de 1992-96; 81,2% no período de 1987-96 e mais de 92% no período de 1987-92.

TABELA 1.13. Número de árvores e recrutamento/ha/classe de diâmetro para o período de 1992-96.

CLASSE DIAMÉTRICA	FLORESTA		PIONEIRA		LUZ		SOMBRA	
	FREQ.	RECRUT.	FREQ.	RECRUT.	FREQ.	RECRUT.	FREQ.	RECRUT.
7,5	610,1	147,6	44,8	9,3	298,0	43,1	267,3	95,2
12,5	220,4	1,2	13,7	0,0	135,3	0,2	71,4	1,0
17,5	128,6	0,0	7,3	0,0	65,9	0,0	55,4	0,0
22,5	67,9	0,0	2,4	0,0	34,7	0,0	30,8	0,0
27,5	46,2	0,0	0,6	0,0	20,6	0,0	25,0	0,0
32,5	21,0	0,0	0,4	0,0	9,5	0,0	11,1	0,0
37,5	10,9	0,0	0,2	0,0	5,8	0,0	5,0	0,0
42,5	9,1	0,0	0,2	0,0	3,8	0,0	5,2	0,0
47,5	2,8	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	1,2	0,0
52,5	1,2	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	0,0
57,5	0,6	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,2	0,0
62,5	1,2	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	0,0
67,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
72,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
77,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
TOTAL	1120,6	148,8	69,6	9,3	577,2	43,3	473,8	96,2

Dentro do grupo das clímax exigentes de luz, com 35,8% em média das árvores recrutadas, a *Casearea arborea* foi responsável por mais de 37% das árvores recrutadas no período de 1987-92; 32,3% de 1987-96 e 34% para o período de 1987-96. Já *Tapirira obtusa* contribuiu com 10,8% das árvores recrutadas no período de 1987-96, com 5,5% no período de 1992-96 e 12,8% de 1987-92;

*Myrcia rostrata* representou 5,1% no período de 1987-92, 4,6% e 4% das árvores recrutadas para os períodos de 1992-96 e 1987-96, respectivamente. Com relação ao grupo das clímax tolerantes à sombra, grupo este que apresentou o maior número de árvores recrutadas nos três períodos observados (55,5% em média), as espécies *Xylopia brasiliensis*, *Siparuna guianensis* e *Amaioua guianensis*, foram as que mais apresentaram recrutamento nos três períodos observados. Para o período de 1987-92 *Xylopia brasiliensis* representou 21,1%;

TABELA 1.14. Número de árvores e recrutamento/ha/classe de diâmetro para o período de 1987-96.

CLASSE DIAMÉTRICA	FLORESTA		PIONEIRA		LUZ		SOMBRA	
	FREQ.	RECRUT.	FREQ.	RECRUT.	FREQ.	RECRUT.	FREQ.	RECRUT.
7,5	522,8	310,3	44,8	23,2	298,0	111,3	267,3	175,8
12,5	192,3	4,8	13,7	0,0	135,3	2,4	71,4	2,4
17,5	100,6	0,0	7,3	0,0	65,9	0,0	55,4	0,0
22,5	62,1	0,0	2,4	0,0	34,7	0,0	30,8	0,0
27,5	38,3	0,0	0,6	0,0	20,6	0,0	25,0	0,0
32,5	17,5	0,0	0,4	0,0	9,5	0,0	11,1	0,0
37,5	9,7	0,0	0,2	0,0	5,8	0,0	5,0	0,0
42,5	6,5	0,0	0,2	0,0	3,8	0,0	5,2	0,0
47,5	2,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	1,2	0,0
52,5	0,6	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	0,0
57,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,2	0,0
62,5	0,6	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	0,0
67,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
72,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
77,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
TOTAL	954,4	315,1	69,6	23,2	577,2	113,7	473,8	178,2

*Siparuna guianensis* 26,3% e *Amaioua guianensis* 15,2%; de 1992-96 foram respectivamente: 29,5%; 30,7% e 12,4% para *Xylopia brasiliensis*, *Siparuna guianensis* e *Amaioua guianensis*. No período de 1987 à 1996, 25,9% das

árvores recrutadas foram de *Xylopia brasiliensis*, 28,5% *Siparuna guianensis* e 13,4% *Amaioua guianensis*.

Segundo Felfili (1993 e 1995), a forte correlação positiva entre recrutamento, densidade e mortalidade de espécies sugere que o alto recrutamento das espécies abundantes tende a compensar a alta mortalidade, ou seja, embora as espécies abundantes estejam sujeitas a alta mortalidade, também possuem alto recrutamento. Analisando os três intervalos de medição, as espécies clímax exigentes de luz apresentaram maior taxa de mortalidade e densidade, porém o maior índice de recrutamento foi para as espécies clímax tolerantes à sombra,

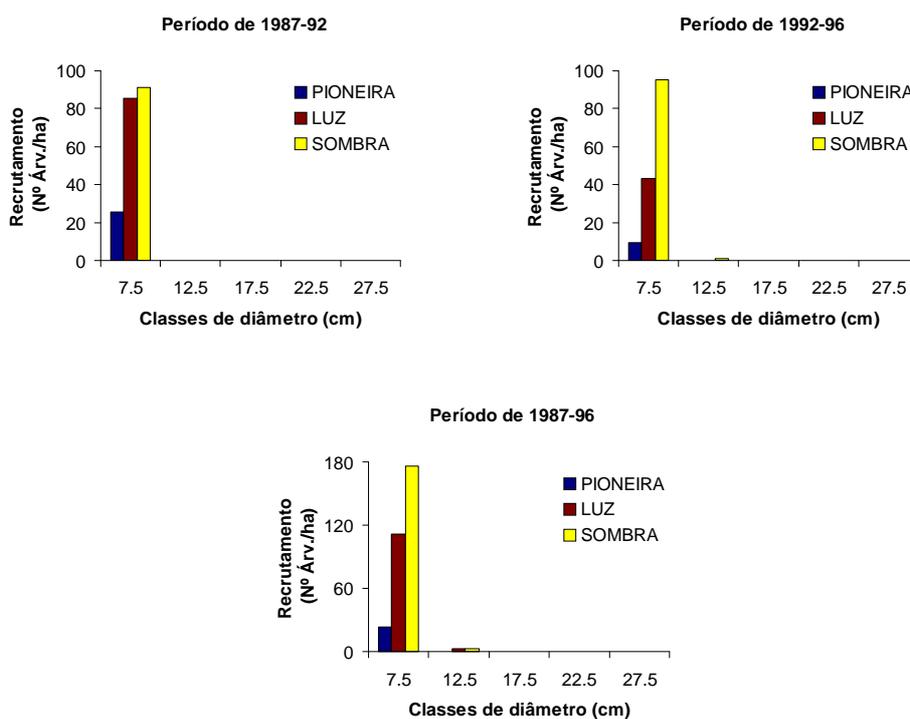


FIGURA 1.5. Recrutamento do número de árvores/ha para os três grupos de espécies, nos períodos estudados.

nos períodos de 1987-92 e 1987-96. No período de 1992-96 as pioneiras apresentaram a maior taxa de mortalidade, as clímax tolerantes à sombra o maior recrutamento e as clímax exigentes de luz a maior densidade. Outro fato observado foi que para a floresta em geral e para as pioneiras, um menor recrutamento ocorreu quando as taxas de mortalidade e o incremento periódico anual alcançaram os maiores valores. Para as espécies clímax tolerantes à sombra e as exigentes de luz o que foi observado é que para um recrutamento intermediário - período de 1987-92 para as exigentes de luz e de 1992-96 para as tolerantes à sombra - ocorreram as menores taxas de crescimento e maiores taxas de mortalidade. Segundo Connell, Tracey e Webb (1994), espécies comuns possuem baixas taxas de recrutamento e crescimento, porém altas taxas de mortalidade. Todas estas observações podem ser constatadas na Tabela 1.15.

TABELA 1.15. Resumo das características de interesse nos três períodos observados, para a mata toda e para os três grupos ecológicos.

Períodos	Características de Interesse	Floresta	Pioneiras	C. exigentes de luz	C. tolerantes à sombra
1987-92	Frequência (Nº árvores/ha)	1135,1	100,8	601,0	433,3
	Incr. Periódico Anual (cm/ano)	0,473	0,664	0,459	0,459
	Mortalidade (%)	2,0	5,1	10,6	4,3
	Recrutamento (Nº árvores/ha)	202,2	25,4	85,5	91,3
	-----				
1992-96	Frequência (Nº árvores/ha)	1120,6	69,6	577,2	473,8
	Incr. Periódico Anual (cm/ano)	0,510	0,693	0,555	0,360
	Mortalidade (%)	3,6	6,5	5,9	5,9
	Recrutamento (Nº árvores/ha)	148,8	9,3	43,3	96,2
	-----				
1987-96	Frequência (Nº árvores/ha)	954,4	55,8	506,7	391,9
	Incr. Periódico Anual (cm/ano)	0,457	0,682	0,470	0,411
	Mortalidade (%)	2,3	2,8	6,3	2,5
	Recrutamento (Nº árvores/ha)	315,1	23,2	113,7	178,2
	-----				

Dentre os três períodos analisados, considerando a mata em geral, houve uma inversão de valores entre mortalidade e recrutamento de 1987-92 para 1992-96, ou seja, para 1987-92 a taxa de mortalidade foi de 2,0% ao ano (145 árvores/ha) para um recrutamento de 202,2 árvores/ha e em 1992-96 uma taxa de 3,6% ao ano (212,7 árvores/ha) e recrutamento de 148,8 árvores/ha. O período de 1987-96 apresentou um certo equilíbrio, 325,8 árvores mortas/ha (2,3%) para um recrutamento de 315,1 árvores/ha.

Conforme Silva (1993), Silva et al. (1995) e De Graaf (1996) em áreas exploradas a taxa de mortalidade é alta logo após a intervenção e decorridos aproximadamente 10 anos esta taxa volta aos níveis de uma floresta não explorada. Jesus, Souza e Garcia (1992); Silva (1993) e Silva et al. (1995) observaram que o recrutamento apresenta esta tendência. Portanto, apesar de não ter sofrido intervenção, a mata em questão poderá ser remediada em intervalos de 9 anos uma vez que apresentará uma maior estabilidade na sua dinâmica.

Na possibilidade de se fazer um manejo, a mortalidade e o recrutamento segundo Husch, Miller e Beers (1982), são de extrema importância em qualquer expressão de crescimento de um povoamento.

Silva (1989) reforça essa importância, destacando que em florestas tropicais, a quantidade e qualidade determinam a eficiência de um modelo de produção, uma vez que o recrutamento realimenta a floresta com mudas e pequenas árvores. É imprescindível que um número mínimo de árvores sobreviva e cresça ao tamanho de abate a cada ciclo de corte, para a produção florestal ser sustentada.

## **5 CONCLUSÕES**

Para os três períodos estudados, 98,6% das espécies pioneiras, 93% das clímax exigentes de luz e 89,8% das clímax tolerantes à sombra, não ultrapassaram a dimensão de 25 cm de DAP.

Das 149 espécies existentes na floresta, apenas 6 apresentaram frequência até as classes diamétricas superiores à 45 cm de diâmetro, que é o diâmetro mínimo para uso em serrarias

O grupo das pioneiras não ultrapassou 9% do total de espécies existentes na área, as clímax exigentes de luz situou entre 51,5 a 53,1% e as clímax tolerantes à sombra entre 38,1 a 42,3%.

O incremento periódico anual em diâmetro, variou de 0,457 a 0,510 cm/ano, para a floresta toda.

Dentre os grupos ecológicos, as pioneiras apresentaram incremento periódico em diâmetro, em média para os três períodos, 0,561 cm/ano; contra 0,495 e 0,411 cm/ano para as clímax exigentes de luz e clímax tolerantes à sombra, respectivamente.

A taxa média de mortalidade da floresta foi de 2,0% ao ano para o período de 1987-92; 3,6% ao ano para 1992-96 e 2,3% ao ano para 1987-96.

Nos três períodos, a taxa de mortalidade variou entre 2,8% a 6,3% ao ano para o grupo das pioneiras; 5,9% a 10,6% ao ano para as clímax exigentes de luz e 2,5% a 5,9% ao ano para as clímax tolerantes à sombra.

Embora morram, em termos absolutos, mais árvores nas menores classes, já que aí estão a maior parte das árvores suprimidas, em termos percentuais ou relativos são nas maiores classes diamétricas que ocorrem a maior mortalidade.

A taxa de recrutamento de árvores no processo de medições variou de 2,2% a 2,7% ao ano para os três períodos analisados.

Para os grupos ecológicos, as espécies clímax tolerantes à sombra apresentaram maior número de recrutamento (20,7 árvores/ha/ano) e as pioneiras os menores (3,3 árvores/ha/ano), em média para os três períodos.

Para a floresta estudada, nos períodos de 1987-92 e 1987-96, as espécies clímax exigentes de luz apresentaram uma maior taxa de mortalidade e densidade, entretanto não se caracterizou um maior índice de recrutamento, para esse grupo.

No período de 1992-96 ficou caracterizado, para a floresta em geral e para o grupo das pioneiras, os maiores valores de incremento periódico anual e taxas de mortalidade contra um menor valor de recrutamento.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, P.A. **Idade Relativa como Subsídio à Determinação de Ciclo de Corte no Manejo Sustentável de Povoamentos Florestais Nativos.** Viçosa: UFV, 1993. 199 p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).
- AZEVEDO, C.P. **Predição da Distribuição Diamétrica de Povoamentos Florestais Inequianos pelo Emprego da Matriz de Transição.** Viçosa: UFV, 1993. 118 p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).
- AZEVEDO, C.P.; SOUZA, A.L.; JESUS, R.M. Um Modelo de Matriz de Transição para Prognose do Crescimento de um Povoamento Natural Remanescente não Manejado de Mata Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 187-99, abr./jun. 1995.
- BARRETO, P.G.B.; UHL, C.; YARED, O. potencial de produção sustentável de madeira em Paragominas, PA; na Amazônia oriental: considerações ecológicas e econômicas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7; E CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, Curitiba, 1993. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF 1993. p. 387-392.
- CONNELL, J. A. TRACEY, J. G.; WEBB, L. J.; Compensatory recruitment, growth and mortality as factors maintaining rain forest tree diversity. **Ecological Monographs**, Tempe, v. 54, n. 2, p. 141-164. June 1984.
- CURI, N.; LIMA, J.M.; ANDRADE, H. GUALBERTO, V. Geomorfologia, Física, Química e Mineralogia dos Principais Solos da Região de Lavras (MG). **Ciência e Prática**, v. 14,n. 14, p.297-307, set./dez. . 1990.
- DE GRAAF, N.R. **A Silvicultural System for Natural Regeneration of Tropical Rain Forest in Suriname.** Wageningen: Agricultural University, 1986. 250 p.

- ENGEL, V.L.; PRADO, P.I.K.L. Aspectos da Silvigênese de uma Mata Pluvial Atlântica em Linhares, ES. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, São Paulo, 1992. **Anais...** São Paulo: IF 1992. P 163-168.
- FELFILI, J. M. **Structure and dynamics of a gallery forest in central Brazil.** Oxford: University of Oxford, 1993, 180 p. (Thesis- Ph. D).
- FELFILI, J.M. Growth, Recruitment and Mortality in the Gama Gallery Forest in Central Brazil over a Six-Year Period (1985-1991). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.11, n. 1, p. 67-83, Feb. 1995.
- HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest mensuration.** New York: McGRAW-HILL, 1982. 397 p.
- JESUS, R.M.; SOUZA, A.L.; GARCIA, A. **Produção Sustentável de Floresta Atlântica.** Viçosa: SIF, 1992. 128 p. ( Documentos SIF, 7).
- JONKERS, W.B.J. Options for Silviculture and Management of the Mixed Dipterocarp Forest of Sarawak. Roma: FAO, 1988. (FAO Report. Working Paper, 11).
- LIEBERMAN, D.; HARTSHORN, G. S.; LIEBERMAN, M.; PERALTA, R. Forest dynamics at La Selva Biological Station, 1969-1985. In: GENTRY, A. H. **Four neotropical rainforests.** New Haven: Yale University Press, 1990.p.509-521.
- LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. Forest tree growth and Dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1987). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.3, n. 3, p. 347-358, Ago. 1987.
- OLIVEIRA FILHO, A T.; MELLO, J.M.; SCOLFORO, J.R.S. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987-1992). **Plant Ecology**, Belgium, v. 131, p. 45-66, Feb. 1997.
- OLIVEIRA FILHO, A.T.; SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M. Composição Florística e Estrutura Comunitária de um Remanescente de Floresta Semidecídua Montana em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 167-182, dez. 1994.

- OLIVEIRA FILHO, A T.; VILELA, E. A ; CARVALHO, D.A ; GAVILANES, M.L. Estudos Florísticos e Fitossociológicos em Remanescentes de Matas Ciliares do Alto e Médio Rio Grande. Belo Horizonte: CEMIG, 1995. 27 p. (Boletim Técnico).
- PIRES, J. M.; PRANCE, G. T. The Amazon forest: a natural heritage to be preserved. In: PRANCE, G. T.; ELIAS, E. S. **Extinction is forever threatened and endangered species of plants in the Americas and their significance in ecosystems today and in the future.** Proceedings of a symposium held at the New York Botanic Garden, 1977. p. 158-194.
- SILVA, J.N.M. **The Behaviour of the Tropical Rain Forest of the Brazilian Amazon after Logging.** Oxford: University of Oxford, 1989, 302 p. (Thesis-Ph. D).
- SILVA, J.N.M. Possibilidades de Produção Sustentada de Madeira em Floresta Densa de Terra-Firme da Amazônia Brasileira. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais...**Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. p. 39-46.
- SILVA, J.N.M. **Possibilidades para a Produção Sustentada de Maneira em Floresta Densa de Terra-Firme da Amazônia Brasileira.** Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1993. 36 p. (EMBRAPA-CNPQ, Documentos, 23).
- SILVA, J.N.M.; De CARVALHO, J.O .P.; LOPES, J.D.A .; De ALMEIDA, B.F.; COSTA, D.H.M.; De OLIVEIRA, L.C.; VANCLAY, J.K.; SKOVSGAARD, J.P. Growth and yield of a tropical rain forest in the brasilian Amazon 13 years after logging. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 71, n. 3, p. 267-274. Feb. 1995.
- SOUZA, A.L.; ARAÚJO, P.A.; CAMPOS, J.C.C.; NETO, F.P. de. Dinâmica de Crescimento em Diâmetro de uma Floresta Primária sem Interferência: Uma Análise pelo Tempo de Passagem entre Classes Diamétricas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 129-45, maio/ago. 1993.
- SWAINE, M. D.; LIEBERMAN, D.; PUTZ, F. E.; The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 3, p. 359-366. 1987a.
- UHL, C.; VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; MATTOS, M.; TARIFA, R. A Evolução da Fronteira Amazônica: Oportunidade para um Desenvolvimento

Sustentável. **Revista Pará Desenvolvimento**, Belém, p. 13-21, jun. 1992.  
(Edição Especial).

VILELA, E.A.; RAMALHO, M.A.P. Análise das Temperaturas e Precipitação Pluviométrica de Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 71-79, jan./jun. 1979.

## **ANEXOS**

TABELA 1.16. Lista de espécies para o grupo ecológico das clímax exigente de luz e o incremento periódico anual em diâmetro para os três períodos.

Espécie	Incremento Periódico Anual em Diâmetro (cm/ano)		
	Períodos		
	1987-92	1992-96	1987-96
<i>Protium widgrenii</i>	0,177	0,154	0,171
<i>Rollinia laurifolia</i>	0,255	0,200	0,234
<i>Jacaranda macrantha</i>	0,135	0,102	0,134
<i>Cordia sellowiana</i>	0,149	0,090	0,127
<i>Clethra scabra</i>	0,257	0,213	0,253
<i>Lamanonia ternata</i>	0,198	0,123	0,179
<i>Maprounea guianensis</i>	0,290	0,265	0,289
<i>Pera obovata</i>	0,237	0,148	0,213
<i>Casearea arborea</i>	0,233	0,202	0,231
<i>Ocotea pulchella</i>	0,488	0,205	0,365
<i>Ocotea corymbosa</i>	0,341	0,329	0,343
<i>Persea pyrifolia</i>	0,383	0,376	0,394
<i>Hymenaea courbaril</i>	0,250	0,182	0,223
<i>Sclerobium rogosum</i>	0,536	0,703	0,674
<i>Bowdichia virgilioides</i>	0,196	0,142	0,177
<i>Machaerium nyctitans</i>	0,189	0,151	0,176
<i>Machaerium villosum</i>	0,184	0,115	0,166
<i>Platycyamus regnellii</i>	0,083	0,060	0,062
<i>Platypodium elegans</i>	0,271	0,263	0,292
<i>Anadenanthera peregrina</i>	0,273	0,192	0,237
<i>Inga affinis</i>	0,133	0,088	0,114
<i>Albizia polycephalla</i>	0,130	0,064	0,110
<i>Byrsonima laxiflora</i>	0,264	0,306	0,290
<i>Miconia argyrophylla</i>	0,414	0,421	0,424
<i>Miconia chartacea</i>	0,193	0,203	0,210
<i>Cedrella fissilis</i>	0,540	0,675	0,600
<i>Tapirira obtusa</i>	0,350	0,330	0,355
<i>Schefflera angustissima</i>	0,220	0,125	0,178
<i>Myrsine lancifolia</i>	0,178	0,144	0,166
<i>Blepharocalyx salicifo</i>	0,178	0,148	0,167
<i>Siphoneugena widgreniana</i>	0,138	0,106	0,125
<i>Eugenia blastantha</i>	0,139	0,110	0,129
<i>Myrcia rostrata</i>	0,184	0,191	0,203
<i>Myrcia velutina</i>	0,084	0,105	0,106

Continua...

TABELA 1.16. Continuação.

Espécie	Incremento Periódico Anual em Diâmetro (cm/ano)		
	Períodos		
	1987-92	1992-96	1987-96
<i>Siphoneugena densiflora</i>	0,214	0,163	0,173
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i>	0,100	0,100	0,071
<i>Rudgea viburnoides</i>	0,113	0,069	0,128
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	0,610	0,288	0,389
<i>Styrax pohlii</i>	0,225	0,195	0,215
<i>Luehea grandiflora</i>	0,180	0,163	0,182
<i>Qualea multiflora</i>	0,043	0,040	0,040
<i>Erythroxylum campestre</i>	0,020	0,013	0,022
<i>Myrcia venulosa</i>	0,088	0,085	0,102
<i>Roupala brasiliensis</i>	0,160	-	-
<i>Myrcia tomentosa</i>	0,130	0,088	0,111
<i>Tibouchina stenocarpa</i>	0,070	0,138	0,100
<i>Gomidesia gaudichaudiana</i>	0,060	-	0,033
<i>Myrsine coriacea</i>	0,160	0,225	-
<i>Casearia sylvestris</i>	-	0,100	-
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i>	0,145	0,084	0,118
<i>Solanum inaequale</i>	1,220	0,875	1,067
<i>Dendropanax cuneatum</i>	0,020	-	0,011
<i>Machaerium aculeatum</i>	0,020	0,050	0,044
<i>Vitex polygama</i>	0,052	0,042	0,042
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	0,490	0,288	0,400
<i>Coccoloba warmingii</i>	0,140	0,200	0,167
<i>Alchornea triplinervea</i>	0,560	0,625	0,570
<i>Vochysia tucanorum</i>	0,190	0,038	0,122
<i>Machaerium brasiliensis</i>	0,320	0,150	0,244
<i>Ilex seracifolia</i>	0,240	0,163	0,267
<i>Casearia obliqua</i>	0,197	0,125	0,156
<i>Cordia trichotoma</i>	0,120	0,050	0,089
<i>Vismia brasiliensis</i>	0,116	0,153	0,158
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	0,140	0,240	0,119
<i>Myrsine umbelata</i>	0,080	0,144	0,044
<i>Eugenia involucrata</i>	0,127	0,100	0,111
<i>Cupania vernalis</i>	0,020	-	0,022
<i>Casearia lasiophylla</i>	0,140	0,425	0,056
<i>Styrax campestris</i>	0,140	0,125	0,128
<i>Miconia rigidiuscula</i>	0,190	0,316	0,228
<i>Zanthoxylum tingoassui</i>	0,460	0,225	0,356
<i>Rauvolfia sellowii</i>	0,020	0,025	0,022

TABELA 1.17. Lista de espécies para o grupo ecológico das clímax tolerante à sombra. e o incremento periódico anual em diâmetro para os três períodos.

Espécie	Incremento Periódico Anual em Diâmetro (cm/ano)		
	Períodos		
	1987-92	1992-96	1987-96
<i>Trichilia emarginata</i>	0,148	0,112	0,126
<i>Nectandra oppositifolia</i>	0,220	0,221	0,221
<i>Xylopia brasiliensis</i>	0,622	0,541	0,598
<i>Hirtella hebeclada</i>	0,134	0,095	0,111
<i>Xylosma ciliatifolium</i>	0,090	0,100	0,056
<i>Rheedia gardneriana</i>	0,120	0,231	0,174
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	0,366	0,312	0,349
<i>Ocotea odorifera</i>	0,171	0,135	0,164
<i>Ocotea laxa</i>	0,246	0,171	0,249
<i>Copaifera langsdorffi</i>	0,198	0,150	0,183
<i>Dalbergia nigra</i>	0,108	0,125	0,102
<i>Siparuna guianensis</i>	0,172	0,163	0,178
<i>Ficus pertusa</i>	0,200	0,169	0,188
<i>Sorocea bonplandii</i>	0,067	0,053	0,062
<i>Calyptranthes clusiaefolia</i>	0,120	0,100	0,119
<i>Amaioua guianensis</i>	0,131	0,096	0,117
<i>Ixora warmingii</i>	0,153	0,118	0,139
<i>Metrodorea stipularis</i>	0,184	0,135	0,161
<i>Calyptranthes brasiliensis</i>	0,116	0,178	0,151
<i>Galipea multiflora</i>	0,120	0,063	0,083
<i>Libertia macrophylla</i>	0,150	0,100	0,128
<i>Duguetia lanceolata</i>	0,300	0,135	0,271
<i>Guapira opposita</i>	0,080	0,050	0,067
<i>Ficus mexiae</i>	0,040	0,025	0,033
<i>Myroxylon peruiferum</i>	0,320	0,150	0,244
<i>Casearia decandra</i>	0,368	0,360	0,408
<i>Maytenus glazioviana</i>	0,267	0,108	0,196
<i>Protium almacega</i>	0,440	0,475	0,011
			Continua...

TABELA 1.17. Continuação.

Espécie	Incremento Periódico Anual em Diâmetro (cm/ano)		
	Períodos		
	1987-92	1992-96	1987-96
<i>Pseudopiptadenia leptostac</i>	0,170	0,088	0,456
<i>Mollinedia widgrenii</i>	0,173	0,080	0,133
<i>Heisteria silvianii</i>	0,120	0,025	0,181
<i>Tabebuia serratifolia</i>	0,040	0,025	0,078
<i>Salacia elliptica</i>	0,070	0,075	0,033
<i>Guatteria nigrescens</i>	0,160	0,120	0,044
<i>Geonoma schottiana</i>	0,020	0,038	0,122
<i>Faramea cyanea</i>	0,340	0,265	0,028
<i>Connarus regnellii</i>	0,060	0,038	0,303
<i>Guarea guidonea</i>	0,380	0,025	0,033
<i>Guettarda uruguensis</i>	0,680	0,675	0,678
<i>Agonandra engleri</i>	0,900	0,900	0,900
<i>Aspidosperma spruceanum</i>	-	0,050	0,022
<i>Astronium graveolens</i>	-	0,075	0,222
<i>Psychotria sessilis</i>	-	0,167	-
<i>Machaerium stipitatum</i>	-	0,100	-
<i>Calycorectes acutatus</i>	-	0,108	-

TABELA 1.18. Lista de espécies para o grupo ecológico das pioneiras. e o incremento periódico anual em diâmetro para os três períodos.

Espécie	Incremento Periódico Anual em Diâmetro (cm/ano)		
	Períodos		
	1987-92	1992-96	1987-96
<i>Tapirira guianensis</i>	0,327	0,154	0,254
<i>Piptocarpha macropoda</i>	0,463	0,424	0,479
<i>Croton floribundus</i>	0,452	0,347	0,448
<i>Rollinia sylvatica</i>	0,450	0,450	0,450
<i>Senna macranthera</i>	0,060	0,050	0,089
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	0,669	0,800	0,761
<i>Leandra scabra</i>	0,320	0,425	0,367
<i>Miconia hispida</i>	0,280	0,258	0,328
<i>Miconia pepericarpa</i>	0,168	0,156	0,186
<i>Cecropia pachystachya</i>	0,240	0,250	0,256
<i>Trema micrantha</i>	0,060	0,050	0,056
<i>Cybistax antisyphyllitica</i>	0,040	0,025	0,033
<i>Heteropterys byrsonimifoli</i>	0,116	0,143	0,122
<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,180	0,150	0,167
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0,200	0,113	0,161
<i>Vernonia discolor</i>	0,270	0,625	0,467

## **CAPÍTULO 2**

### **PROGNOSE DA ESTRUTURA DIAMÉTRICA DE UMA FLORESTA SEMIDECÍDUA MONTANA EM LAVRAS - MG ATRAVÉS DA RAZÃO DE MOVIMENTAÇÃO**

## RESUMO

PULZ, Frederico Aparecido. **Prognose da estrutura diamétrica de uma floresta semidecídua montana na região de Lavras - MG através da razão de movimentação.** In: **Estudo da dinâmica e a modelagem de uma floresta semidecídua montana na região de Lavras -MG.** Lavras: UFLA, 1998. Cap.1. 156p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal)

Este estudo teve como objetivos principais desenvolver um modelo de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta semidecídua montana, verificar sua eficiência e avaliar o efeito do período de medição nas respostas obtidas do modelo. Os dados básicos foram obtidos na reserva florestal existente na Universidade Federal de Lavras. Foram lançados nesta em 1986, 126 parcelas contíguas com 400m<sup>2</sup> cada uma. As avaliações foram realizadas em 1987, 1992 e 1996. Foram identificados por ocasião destas 136, 143 e 149 espécies, considerando o diâmetro mínimo de medição igual ou superior a 5cm. Verificou-se que a modelagem da estrutura do povoamento só será realmente eficiente em todas as classes diamétricas, se a modelagem eficiente do recrutamento e mortalidade forem conseguidas. A modelagem da estrutura do povoamento para as classes de diâmetro superiores à 45 cm, independem do período de avaliação; no entanto, esta modelagem será eficiente se o período de prognose não for grande, maior que 15 ou 20 anos. A modelagem do povoamento quando a taxa de recrutamento é superior a mortalidade, indicará que a floresta está em “expansão”; o fenômeno inverso, indica que a floresta está “encolhendo” - cuidado deve ser tomado nas duas situações, já que periodicamente a maior mortalidade, abre espaços para um maior recrutamento - ao suceder este fenômeno, aumenta-se a competição e volta a ocorrer mortalidade.

Palavras-chave: Crescimento, mortalidade, recrutamento, dinâmica, floresta nativa, prognose em floresta nativa, método da razão de movimento dos diâmetros.

---

Comitê Orientador: José Roberto S. Scolforo - UFLA (Orientador), Sebastião do Amaral Machado, José Marcio de Melo.

## ABSTRACT

### PROGNOSIS OF THE DIAMETER STRUCTURE OF A MOUNTAIN SEMIDECIDUOS FOREST IN THE REGION OF LAVRAS, MG.\*

This study had as main objectives to develop a prognosis model of the diameter structure of a mountain semideciduous forest, to test its efficiency and to evaluate the effect of the measurement period based on the developed model. The basic data were obtained from the forest reserve of the Federal University of Lavras. The whole forest was divided in 126 plots with 400 m<sup>2</sup> each one. The measurements were done in 1987, 1992 and 1996, being identified respectively 136, 143 e 149 tree species with DBH equal or superior to 5 cm. It was verified that the diameter structure modelling only will be really efficient for all diameter classes, if be possible to get also an efficient ingrowth and mortality modelling. The modelling of stand structure for the diameter classes above 45 cm do not depend on the evaluation period. Meanwhile this modelling will be efficient if the prognosis period be not larger than 15 to 20 years. The stand modelling, when ingrowth tax is superior to mortality, will indicate that the forest is in "expansion"; the inverse phenomenon indicates that the forest is shortening. Care must be taken in the two situations, once periodically the greater mortality opens spaces for a greater ingrowth. When this last phenomenon occurs the competition increases, thus the mortality also increases again.

Key words: growth, mortality, ingrowth, dynamic, native forest, prognosis, diameter movement ratio method.

---

Guidance Committee: José Roberto S. Scolforo - UFLA (Major-Professor), Sebastião do Amaral Machado, José Marcio de Melo.

## 1 INTRODUÇÃO

A diversificação cada vez maior da utilização da madeira, aliada a crescente demanda de produtos florestais, vem provocando desequilíbrios no ecossistema florestal, podendo transformar florestas e matas produtivas em áreas não atrativas economicamente. Outro aspecto é a extração seletiva que segundo Uhl e Vieira (1991), até a metade deste século, 89% da madeira extraída da Amazônia vinha de um seletivo grupo de seis espécies. Hoje, mais de 200 espécies de árvores são abatidas com fins comerciais; no entanto dez entre elas representam 60% de toda a produção de madeira serrada e laminada no país.

Infelizmente a quase totalidade da exploração florestal, de florestas nativas, realizada no Brasil não tem como princípio a sustentação da atividade florestal na área inicialmente explorada. A idéia de que as florestas não acabam nunca, já provocou a destruição de um enorme patrimônio florestal na região sul, sudeste e atualmente é a região amazônica que está sob ameaça. Outro fato relevante é o custo zero do recurso florestal nativo. Então se o empresário, o agricultor ou o pecuarista não tiveram custos para sua formação, ou dão pouco valor à floresta ou tentam explorá-la da forma mais predatória possível.

O manejo florestal em contraposição a esta prática, encara o recurso florestal como um patrimônio. Assim sendo, busca usufruí-lo de forma sustentada e, dentro do possível, de forma também sustentável. Uma série de cuidados são então considerados, tais como: definição do maior número possível de espécies para exploração; a definição da intensidade de remoção baseada também em critérios técnicos; a forma de cortar e de extração o menos impactante possível; o conhecimento da auto ecologia das espécies; o conhecimento do crescimento em diâmetro das espécies; os tratamentos

silviculturais; a economicidade do manejo; o beneficiamento otimizado a nível da indústria, dentre outras ações sensatas que caracterizam a prática do manejo.

Assim, modelar o desenvolvimento da floresta é importante para atender uma série de requisitos do manejo como a viabilidade de explorar a espécie A e não da espécie B, a economicidade da prática, a definição do ciclo de corte, dentre outros.

Para que seja modelada a estrutura diamétrica é imprescindível o conhecimento do incremento periódico do ingresso e da mortalidade.

Barreto, Uhl e Yared (1993), salientam que se ocorrer pequenas alterações na taxa de mortalidade e crescimento de uma floresta, isto irá resultar em variações nas produções o que comprometerá, além do ciclo de corte a economicidade do manejo. De Graaf (1986), Silva (1989) e Vanclay (1994), reforçam que a mortalidade, recrutamento e o crescimento são aspectos importantes da dinâmica de florestas nativas, com consideráveis influências sobre a produção e conseqüentemente, nos modelos de produção.

Assim, planejar o uso de uma floresta sob base sustentada deverá levar em conta a economicidade do manejo, o ciclo de corte e a evolução das espécies com valor comercial e/ou com potencial. Através de modelos de prognose da produção, poder-se-á de maneira objetiva inferir sobre estes e outros temas importantes para que o manejador florestal tome decisões de longo prazo, amparadas em instrumentos técnicos confiáveis e eficientes.

## **2 OBJETIVOS**

Desenvolver um modelo de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta semidecídua montana; avaliar sua eficiência; e avaliar o efeito do período de medição nas respostas obtidas do modelo.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Caracterização da área

Foi utilizada como base para o estudo a Reserva Florestal existente no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, sul de Minas Gerais, nas coordenadas 21°13'40'' S e 44°52'50'' W e à uma altitude de 925 metros. O clima é do tipo Cwb de Köppen (mesotérmico com verões brandos e estiagem no inverno). A precipitação e a temperatura média anual são 1493,2 mm e 19,3°C, respectivamente, 66% de precipitação ocorrendo no período de novembro a fevereiro (Vilela e Ramalho, 1979). O solo foi classificado como latossolo roxo distrófico (epiálico), textura muito argilosa (Curi et al., 1990).

Segundo Oliveira Filho, Scolforo e Mello (1994), trata-se de um remanescente de floresta semidecídua montana, cuja área é de 5,8 ha, a qual não sofreu corte raso e tem aproximadamente os mesmos limites, pelo menos desde a década de 1920.

### 3.2 Fonte de dados

Em 1986 foi realizado um censo na Reserva Florestal, caracterizada no item anterior, a qual foi dividida em 126 parcelas com dimensões de 400 m<sup>2</sup> (20 x 20 m), totalizando 5,04 ha, conforme Figura 2.1.

No primeiro levantamento, realizado em 1987, todas as árvores com dimensões iguais ou superiores a 5 cm de DAP foram mensuradas (com suta neste levantamento e com fita métrica nos demais), identificadas com placas de alumínio, totalizando 136 espécies distribuídas em 52 famílias (Oliveira Filho, Scolforo e Mello, 1994).

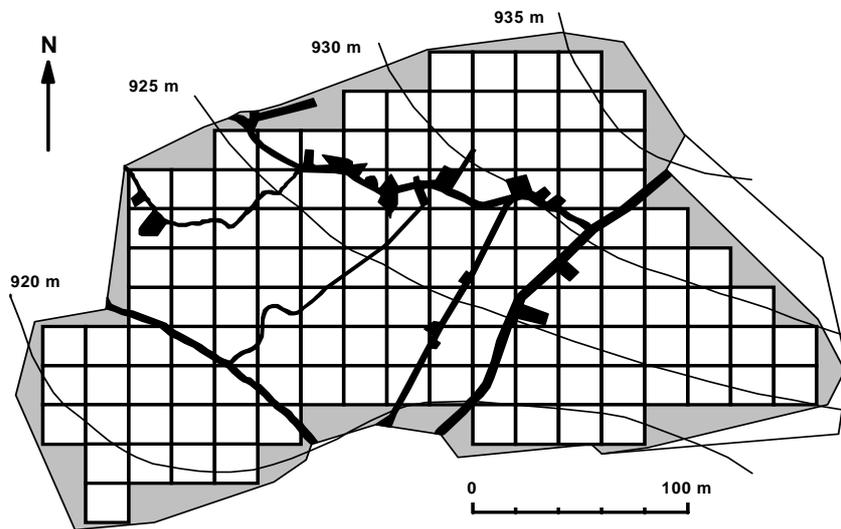


FIGURA 2.1. Mapa da Reserva Florestal da UFLA.

Na segunda medição, realizada em 1992, foram medidas além do  $DAP \geq 5$  cm, a altura do fuste comercial, com auxílio de um bambu graduado, qualificando-o em: 1 = fuste retilíneo; 2 = fuste ligeiramente tortuoso; 3 = fuste defeituoso ou morto. Estado fitossanitário: 1 = árvore sadia; 2 = árvore doente ou atacada por inseto; 3 = árvore morta e/ou oca. Neste período de 1987-92 foram identificadas 7 novas espécies, totalizando 143 espécies (Oliveira Filho, Mello e Scolforo, 1997).

A terceira medição, realizada em 1996, além da mensuração de todas as árvores com  $DAP \geq 5$  cm e altura do fuste comercial, mediu-se também a altura total de todas as árvores, através de uma vara telescópica. Após este levantamento foram identificadas mais 6 espécies além das 143 registradas em 1992. A identificação dessas espécies foi realizada perante consulta à coleção

do herbário do Departamento de Ciências Florestais e do Departamento de Biologia da UFLA.

Dentre as medidas tomadas (DAP, altura do fuste comercial e altura total) será considerado neste trabalho apenas o DAP.

### 3.3 Quantificação do incremento periódico, recrutamento e mortalidade na floresta

A quantificação do incremento periódico, em diâmetro e área basal, mortalidade, recrutamento e frequência das árvores por espécie e por classe diamétrica foi calculada através do software “PRODNAT”. A amplitude de cada classe foi de 5 cm.

Na Tabela 2.1 é ilustrado como obter o incremento periódico da variável diâmetro, a mortalidade e o recrutamento, após a realização de dois inventários na área.

O incremento periódico foi obtido através da expressão abaixo:

$$IP_D = DAP2_i - DAP1_i$$

Onde:

$IP_D$  = Incremento periódico em diâmetro;

$DAP1_i$  = DAP da  $i$ ésima árvore na 1ª medição;

$DAP2_i$  = DAP da  $i$ ésima árvore na 2ª medição;

$i = 1, 2, \dots, n$ .

e o incremento periódico anual, por classe diamétrica, pela expressão:

$$IPA_D = \frac{\sum_{i=1}^n (DAP2_i - DAP1_i)}{N}$$

Onde:

$IPA_D$  = Incremento periódico anual em diâmetro, por classe;

$N$  = Número total de árvores em cada classe diamétrica;

DAP1, DAP2, i = já definidos anteriormente.

TABELA 2.1. Obtenção do incremento periódico, mortalidade e recrutamento.

ÁRVORE NÚMERO	Espécie	CLASSE DE DAP (*)	DAP 1 <sup>o</sup> INV	DAP 2 <sup>o</sup> INV	IP <sub>D</sub>	MORTAS	RECRUTA MENTO
49	<i>Siparuna guianensis</i>	5   10	-	5,1	-		3(***)
33	<i>Copaifera langsdorffii</i>	5   10	-	6,0	-		3
45	<i>Maprounea guianensis</i>	5   10	-	6,2	-		3
31	<i>Casearia arborea</i>	5   10	5,0	5,7	0,7		
3	<i>Tapirira obtusa</i>	5   10	5,5	6,4	0,9		
7	<i>Copaifera langsdorffii</i>	5   10	6,0	-	-	2(**)	
11	<i>Copaifera langsdorffii</i>	5   10	6,0	6,7	0,7		
21	<i>Casearia arborea</i>	5   10	6,2	6,7	0,5		
23	<i>Styrax pohlíi</i>	5   10	6,9	8,9	2,0		
22	<i>Styrax pohlíi</i>	5   10	8,2	12,7	4,5		
14	<i>Tapirira obtusa</i>	5   10	9,5	15,6	6,1		
4	<i>Rollinia laurifolia</i>	10   15	10,5	13,7	3,2		
25	<i>Styrax pohlíi</i>	10   15	11,0	11,4	0,4		
16	<i>Ocotea corymbosa</i>	10   15	12,7	13,1	0,3		
8	<i>Ocotea corymbosa</i>	15   20	17,1	19,7	2,6		
30	<i>Copaifera langsdorffii</i>	15   20	18,1	18,5	0,4		
12	<i>Xylopia brasiliensis</i>	15   20	19,7	23,9	4,2		
1	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	20   25	23,0	-	-	2	
46	<i>Ocotea corymbosa</i>	20   25	20,2	23,0	2,8		
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
n	n	n	n	n	n	n	n

\* DAP: Diâmetro tomado à 1,30 metros de altura.

\*\* Código utilizado para as árvores mortas.

\*\*\* Código utilizado para os recrutamentos.

Como recrutamento, considerou-se todas as plantas que no segundo inventário passaram a compor a amostra, ou seja, atingiram o DAP mínimo de 5 cm. O mesmo conceito foi utilizado por ocasião da terceira medição.

A mortalidade também foi obtida a partir do segundo e terceiro inventários, através de sua contagem em cada classe diamétrica.

### 3.4 Modelagem da floresta

Para o uso da projeção da tabela do povoamento, duas questões devem ser satisfeitas: a primeira é a existência de dados de incremento em diâmetro e a segunda de como eles devem ser aplicados para o povoamento. Incrementos de povoamentos anteriores ou mudanças na estrutura da floresta devem ser considerados, pois podem levar a informações que comprometam a prognose. Por causa destas alterações, a tabela de projeção mostra melhores resultados para períodos curtos, não mais que 10 anos, uma vez que mudanças na estrutura e vigor do povoamento não são pronunciadas sobre um curto período de tempo (Davis e Johnson, 1987).

As tabelas de projeções do povoamento serão geradas, assumindo que as árvores são distribuídas uniformemente dentro das classes e que cada árvore cresce a uma taxa média. Embora a distribuição das árvores dentro da classe não seja conhecida, pode-se assumir que esta é uniforme. Com esta hipótese, a proporção de árvores passando de uma classe para outra pode ser definida como razão de movimento:

$$M = \frac{IPA_D}{C} \cdot 100$$

onde:

M = razão de movimento

$IPA_D$  = incremento periódico anual do diâmetro

C = intervalo da classe do diâmetro

Na interpretação da razão de movimento, os primeiros dois dígitos da direita indicam a porcentagem de árvores que avança uma classe de diâmetro em relação ao terceiro dígito à direita.

Voltando a Tabela 2.1, a razão de movimento para a classe de 5 | 10 cm pode ser assim interpretada:

$$M = \frac{2,2}{5} \cdot 100 = 44\%$$

para esta situação, 44% das árvores existentes no início do período de avaliação, movem-se para a classe de 10 | 15 cm e 56% das árvores permanecem na classe de 5 | 10 cm, ao final do período de avaliação considerado.

Contrariamente, ao apresentado em Scolforo et al. (1996); Scolforo, Pulz e Mello (1997) e Silva (1989), o recrutamento e a mortalidade não serão modelados e sim utilizados diretamente da base de dados. Esta opção foi tomada após análise pormenorizada de seu comportamento nos 3 períodos de avaliação considerados, quais sejam: 1987-92; 1992-96 e 1987-96. A inexistência de uma tendência definida destas variáveis em relação a outras variáveis do povoamento, face ao pequeno número de avaliações, torna prematura esta modelagem.

Para 1987-92 serão considerados 4 períodos de 5 anos; para 1992-96, 4 períodos de 4 anos e para 1987-96, 2 períodos sendo 1 de 9 e outro de 7 anos, ou seja, para as três situações a evolução da estrutura da floresta será para o ano 2012. Nestes três intervalos de medição, para cada classe de diâmetro, serão detectadas a movimentação das árvores, descontadas as árvores mortas e acrescentados os recrutamentos.

### **3.5 Avaliação das projeções**

Para avaliar as prognoses, nos três períodos de medição, foi utilizado um delineamento em blocos casualizados (DBC), comparando-os por classe diamétrica.

Os períodos de medição (1987-92, 1992-96 e 1987-96) compuseram os três tratamentos, e as classes diamétricas os blocos, conforme estrutura de análise de variância apresentada na Tabela 2.2.

Este mesmo procedimento foi adotado para comparar as frequências das classes diamétricas igual ou superiores a 45 cm, uma vez que do ponto de vista do manejo, este diâmetro define o mínimo aproveitável para serraria. Em última análise é na prognose para estas classes que se tem maior interesse.

Para possíveis diferenças entre os três períodos, em prognosticar o número de árvores para cada classe de diâmetro, será aplicado o teste de Scott e Knott (1974).

TABELA 2.2. Esquema de análise de variância para validação do modelo.

FV	GL
TRAT.	(períodos de medição) - 1
BLOCO	(classes de diâmetro) - 1
RESIDUO	

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os três períodos observados, o incremento periódico foi menor nas menores classes de diâmetro, aumentou a medida que essas aumentaram e por fim apresentou uma desaceleração nas maiores classes diamétricas. Para o período 1987-92 estes resultados são mostrados na Tabela 2.3.

A mortalidade e o recrutamento para o período de 1987-92 foi 2,0 e 2,5% ao ano, enquanto que para os períodos 1992-96 e 1987-96 foi respectivamente 3,6; 2,7% ao ano e 2,3; 2,2% ao ano. Outro dado importante sobre a estrutura da

TABELA 2.3. Prognose da estrutura da floresta para o ano de 2012, baseando-se no período de 1987-92.

CLASSES DE DIÂMETRO	Nº DE ÁRVORES /ha	IP (cm)	RAZÃO DE MOVIMENTAÇÃO	% DE ÁRVORES MOVIMENTANDO-SE NAS CLASSES DE DIÂMETRO			Nº DE ÁRVORES MOVIMENTANDO-SE NAS CLASSES DE DIÂMETRO			Nº DE ÁRVORES APÓS A MOVIMENTAÇÃO	Nº DE ÁRVORES MORTAS	Nº DE RECRUT.	POPULAÇÃO EM 1997	POPULAÇÃO EM 2012
				0	1	2	0	1	2					
05   10	659,127	1,004	20,09	79,91	20,09	0,00	526,710	132,417	0,000	526,710	111,310	202,183	617,583	536,658
10   15	214,881	1,396	27,92	72,08	27,92	0,00	154,885	59,996	0,000	287,302	16,865	0,000	270,437	324,645
15   20	110,714	1,356	27,12	72,88	27,12	0,00	80,690	30,024	0,000	140,687	7,143	0,000	133,544	226,020
20   25	67,063	1,549	30,98	69,02	30,98	0,00	46,290	20,774	0,000	76,313	2,579	0,000	73,734	120,614
25   30	41,270	1,734	34,67	65,33	34,67	0,00	26,960	14,310	0,000	47,734	2,579	0,000	45,155	65,269
30   35	18,651	2,013	40,26	59,74	40,26	0,00	11,143	7,508	0,000	25,452	2,183	0,000	23,270	36,048
35   40	10,317	2,323	46,46	53,54	46,46	0,00	5,524	4,794	0,000	13,032	0,397	0,000	12,635	22,452
40   45	7,143	1,661	33,22	66,78	33,22	0,00	4,770	2,373	0,000	9,563	1,190	0,000	8,373	16,327
45   50	2,579	2,931	58,62	41,38	58,62	0,00	1,067	1,512	0,000	3,440	0,397	0,000	3,044	5,787
50   55	0,794	3,750	75,00	25,00	75,00	0,00	0,198	0,595	0,000	1,710	0,198	0,000	1,512	3,060
55   60	1,389	4,314	86,29	13,71	86,29	0,00	0,190	1,198	0,000	0,786	0,000	0,000	0,786	2,047
60   65	0,595	2,033	40,67	59,33	40,67	0,00	0,353	0,242	0,000	1,552	0,000	0,000	1,552	2,616
65   70	0,198	3,400	68,00	32,00	68,00	0,00	0,063	0,135	0,000	0,306	0,000	0,000	0,306	1,104
70   75	0,198	2,300	46,00	54,00	46,00	0,00	0,107	0,091	0,000	0,242	0,198	0,000	0,044	0,572
75   80	0,198	3,700	74,00	26,00	74,00	0,00	0,052	0,147	0,000	0,143	0,000	0,000	0,143	0,153
80   85										0,147			0,147	0,275

floresta é que em média, para os três períodos considerados, o número de árvores com  $DAP \geq 45$  cm foi de 12,7 árvores/ha. Segundo Veríssimo et al. (1996), o número médio de árvores extraídas por hectare, em três regiões de Paragominas, foi de 6,4 com diâmetro variando de 45 a 75 cm.

A Tabela 2.3 mostra a prognose da estrutura da floresta para o ano de 2012. Conforme pode-se observar o número de árvores na menor classe de diâmetro vai decrescendo ao longo dos 20 anos de projeção. Este padrão também foi observado por Silva (1993), onde ocorreu uma leve subestimativa do número de árvores, nas menores classes de diâmetro, entre o povoamento real e o projetado.

Apesar de não coincidir a primeira projeção (de 1992 para 1997) com a data da segunda remedição, pode-se observar na Tabela 2.5 que o número de árvores da mata em 1996 é semelhante à esta primeira projeção.

Assim, se for desejado implementar o manejo na floresta em questão, baseando-se no período de 1987-92, pode-se observar que no período de 20 anos houve um acréscimo de 228,5 árvores/ha.

Quando considerado o número de árvores das classes acima de 45 cm, observou-se 15,5 árvores ou a presença de 9,6 novas árvores a mais que as 5,95 existentes em 1987, o que pode vir a indicar a possibilidade de intervenção na floresta. A viabilidade ou não desta prática deverá ser avaliada através de análise de investimento, observando quais espécies compõe estas classes. Particularmente, para *Copaifera langsdorffii* - por tratar-se da espécie com maior valor de IVI, na mata em estudo, segundo Oliveira-Filho, Scolforo e Mello (1994) - pode-se observar através da tabela de produção gerada para esta espécie, 1,98 árvores ou 12,8% das árvores com  $45 \geq DAP \leq 70$  cm projetadas para 2012 pertence a esta espécie, conforme Tabela 2.4. Vale ressaltar que no capítulo 1

TABELA 2.4. Prognose da espécie *Copaifera langsdorffii* para o ano de 2012, baseando-se no período de 1987-92.

CLASSES DE DIÂMETRO	Nº DE ÁRVORES	IP ( cm )	RAZÃO DE MOVIMEN- TAÇÃO	Nº DE ÁEVORES MORTAS	Nº DE RECRUT.	POPULAÇÃO EM 2012
05   10	36,905	0,612	12,25	1,984	5,357	33,093
10   15	16,071	0,859	17,19	0,794	0,000	18,357
15   20	15,675	0,997	19,95	0,595	0,000	13,518
20   25	16,270	1,304	26,07	0,595	0,000	10,949
25   30	12,500	1,397	27,94	0,794	0,000	10,422
30   35	3,770	1,389	27,79	0,000	0,000	9,715
35   40	2,183	1,764	35,27	0,000	0,000	5,353
40   45	1,587	1,563	31,25	0,397	0,000	2,373
45   50	0,595	2,633	52,67	0,198	0,000	0,605
50   55	0,000	4,067	81,33	0,000	0,000	0,337
55   60	0,198	5,500	110,00	0,000	0,000	0,284
60   65	0,198	0,900	18,00	0,000	0,000	0,643
65   70						0,112

foram detectadas 6 espécies com possibilidades de vir a sofrer corte na floresta em questão. Deve-se observar que dentre essas 6 espécies, a *Copaifera langsdorffii* foi a que apresentou menor crescimento em diâmetro.

Nota-se também que a *Copaifera langsdorffii* tem um comportamento bastante estável na floresta, haja visto que o incremento apresenta um padrão bem definido - os valores vão crescendo a medida que aumenta as classes diamétricas, até um valor máximo, voltando a decrescer - o número de árvores mortas é o mesmo que o recrutado. Estas observações também podem ser confirmadas quando comparado o número de árvores em 1992 (105,9 árvores/ha) com o projetado para 2012 (105,8 árvores/ha).

Nas Tabelas 2.5 e 2.6 são apresentadas resumidamente as prognoses da floresta para os períodos de 1992-96 e 1987-96, respectivamente.

TABELA 2.5. Prognose da estrutura da floresta para o ano de 2012, baseando-se no período de 1992-96.

CLASSES DE DIÂMETRO	N <sup>o</sup> DE ÁRVORES	IP (cm)	RAZÃO DE MOVIMENTO- TAÇÃO	N <sup>o</sup> DE ÁRVORES MORTAS	N <sup>o</sup> DE RECRUT.	POPULAÇÃO EM 2012
05   10	610,119	0,651	13,02	165,079	147,619	291,831
10   15	220,437	1,058	21,15	27,976	1,190	178,346
15   20	128,571	1,184	23,68	10,119	0,000	141,919
20   25	67,857	1,094	21,89	5,556	0,000	103,247
25   30	46,230	1,186	23,73	3,968	0,000	56,622
30   35	21,032	1,525	30,49	0,992	0,000	31,674
35   40	10,913	1,553	31,05	0,992	0,000	20,270
40   45	9,127	1,783	35,65	0,397	0,000	11,851
45   50	2,778	1,821	36,43	0,397	0,000	7,477
50   55	1,190	2,367	47,33	0,397	0,000	3,414
55   60	0,595	4,000	80,00	0,595	0,000	0,749
60   65	1,190	2,383	47,67	0,000	0,000	0,442
65   70	0,198	6,400	128,00	0,000	0,000	0,165
70   75	0,198	0,500	10,00	0,000	0,000	0,739
75   80	0,198	3,100	62,00	0,000	0,000	0,187
80   85						0,472

O decréscimo no número de árvores na primeira classe de diâmetro constatado no período de 1987-92, também ocorreu nos períodos de 1992-96 e 1987-96; porém a diferença entre o número de árvores existentes em 1996 e o projetado em 2012, foi da ordem de 52,2% para 1992-96 e 36,7% de 1987-96. Durante estes dois períodos, conforme mostra as Tabelas 2.5 e 2.6, a taxa de mortalidade foi maior que o recrutamento nas menores classes, o mesmo não ocorreu no período de 1987-92. Estas mudanças no comportamento da estrutura de uma floresta nativa estão vinculados ao próprio processo de desenvolvimento desta. Se existe maior mortalidade então o novo espaço existente propiciará um maior recrutamento. A partir do momento que este aumenta, também aumenta a área basal, aumentando a competição. Com maior competição haverá maior

TABELA 2.6. Prognose da estrutura da floresta para o ano de 2012, baseando-se no período de 1987-96.

CLASSES DE DIÂMETRO	Nº DE ÁRVORES	IP ( cm )	RAZÃO DE MOVIMENTAÇÃO	Nº DE ÁRVORES MORTAS	Nº DE RECRUT.	POPULAÇÃO EM 2012
05   10	522,817	1,827	36,54	247,62	310,3	331,130
10   15	192,262	2,484	49,68	39,48	4,8	240,385
15   20	100,595	2,380	47,61	17,26	0,0	166,828
20   25	62,103	2,638	52,76	7,54	0,0	83,716
25   30	38,294	3,001	60,01	5,56	0,0	46,951
30   35	17,460	3,263	65,25	3,37	0,0	29,869
35   40	9,722	4,292	85,84	0,99	0,0	16,173
40   45	6,548	3,061	61,21	1,79	0,0	11,241
45   50	1,984	5,080	101,60	0,99	0,0	4,193
50   55	0,595	6,667	133,33	0,40	0,0	2,075
55   60	0,992	7,820	156,40	0,40	0,0	1,189
60   65	0,595	5,433	108,67	0,00	0,0	0,180
65   70	0,000	4,117*	82,33	0,20	0,0	0,711
70   75	0,198	2,800	56,00	0,20	0,0	0,503
75   80	0,198	6,800	136,00	0,00	0,0	0,060
80   85						0,232
85   90						0,078

\* Valor médio entre a classe inferior e superior

mortalidade e ciclicamente espera-se que este fenômeno se repita. Como a base de dados em floresta nativa tem histórico recente no Brasil, há dificuldade ainda de detectar de maneira objetiva o comportamento temporal destas variáveis, ou associado às variações da área basal ou mesmo ao número de árvores. Isto dificulta a modelagem eficiente da mortalidade e do recrutamento para fins de prognose. O efeito na modelagem da frequência por classe diamétrica é altamente denso conforme pode-se ver através das variações nas Tabelas 2.3, 2.5 e 2.6. Apesar do decréscimo no número total de árvores projetadas para 2012, tomando por base os períodos de 1992-96 e 1987-96, pode-se constatar tanto na Tabela 2.3 como a 2.5 e 2.6 que nas classes de diâmetro  $\geq 45$  cm o número de árvores aumentou de 6,0 para 15,6 em 2012, baseando-se no período

de 1987-92; de 6,3 para 13,6 em 2012 baseando-se no período de 1992-96 e de 4,6 para 9,2 em 2012 sobre o período de 1987-96. Nota-se também, nos três períodos, que houve uma movimentação de árvores para a classe de 82,5 cm, até então não existente.

Para fins de comparação, Vale et al. (1994) cita que em levantamento realizado pela empresa CEMEX na Floresta Nacional do Tapajós numa área de 100 ha, foram estimados a ocorrência de 20,6 árvores/ha com DAP  $\geq$  55 cm. Em outra região da Amazônia, Veríssimo et al. (1993), cita que o número médio de árvores extraídas por hectare, em Paragominas PA, variou de 2,9 a 9,3 com DAP médio de 74 cm.

#### **4.1 Consistência do modelo**

A partir dos valores apresentados nas Tabelas 2.3, 2.5 e 2.6 pode-se comparar através de um delineamento de blocos casualizados (DBC) as prognoses por classes diamétricas, nos períodos de 1987-92, 1992-96 e 1987-96. Neste caso as classes diamétricas são os blocos e os períodos, os tratamentos:

Tratamento 1: período de 1987-92;

Tratamento 2: período de 1992-96;

Tratamento 3: período de 1987-96.

Os resultados da análise de variância e do teste de médias são apresentados nas tabelas 2.7 e 2.8, respectivamente.

Pode-se observar que na Tabela 2.8 os períodos de 1992-96 e 1987-96 apresentam prognose da estrutura da floresta semelhantes, porém inferiores ao período 1987-92; a diferença entre a média deste período em relação aos demais, pode ser melhor visualizada na Figura 2.3. Nota-se uma tendência de subestimar nas menores classes para o período de 1992-96 e 1987-96, tomando por base o

TABELA 2.7. Análise de variância do número de árvore/ha, para os três períodos observados.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF
TRAT	2	9518,253	4759,126	3,365	0,04804
BLOCO	16	559911,100	34994,450	24,741	0,00000
RESÍDUO	30	42433,190	1414,440		

CV= 58,574 %

TABELA 2.8. Teste de médias de Skott-Knott à 5% de probabilidade, para os períodos observados.

TRAT	MÉDIAS	COMPARAÇÕES
1987-92	85,22800	A
1987-96	54,89029	B
1992-96	53,08779	B

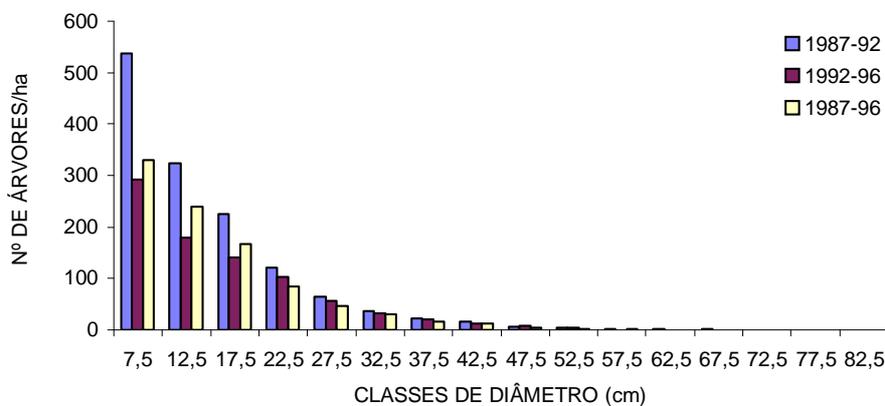


FIGURA 2.3. Evolução da floresta por classe de diâmetro para o ano de 2012.

período de 1987-92, uma vez que neste período a floresta se encontrava no estágio em que a mortalidade suplanta largamente o recrutamento. Uma vez mais acredita-se que no momento em que conseguir modelar este fenômeno de

maneira eficiente, este comportamento detectado neste estudo tenderá a ser eliminado ou será reduzida sua intensidade.

Com relação à prognose da frequência das árvores com dimensões  $\geq 45$  cm, a diferença constatada para a mata em geral não ocorreu, conforme Tabelas 2.9 e Figura 2.4.

Este fato é notável já que permite a partir de diferentes períodos de avaliação inferir sobre o estoque de exploração da floresta se o aproveitamento da madeira estiver sendo cogitado. No entanto, embora não tenha sido detectada diferença significativa ao nível de significância  $\alpha = 0,05$ , deve-se ter em mente que esta só não ocorreu porque no período de 20 anos, o ritmo de crescimento lento das árvores nas menores classes diamétricas, não foi suficiente para se fazer notar a supremacia da mortalidade sobre o recrutamento nas maiores classes diamétricas. Certamente se no período de prognoses maiores forem adotados os efeitos verificados na dinâmica da floresta, se farão notar nas maiores classes. Este fato deve ser evitado já que existe a expectativa de periodicamente existir a alteração da supremacia da mortalidade sobre o recrutamento e vice-versa.

TABELA 2.9. Análise de variância do número de árvore com DAP  $\geq 45$ , para os três períodos observados.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF
TRAT	2	2,611143	1,3055710	2,103	0,15905
BLOCO	8	76,804420	9,6005530	15,462	0,00001
RESÍDUO	14	8,693031	0,6209308		

CV= 50,988%

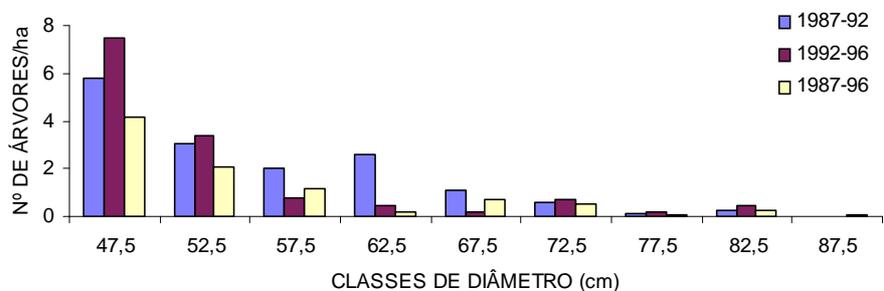


FIGURA 2.4. Evolução da floresta por classes de diâmetro acima de 45 cm, para o ano de 2012.

## 5 CONCLUSÕES

A modelagem da estrutura do povoamento só será realmente eficiente em todas as classes diamétricas, se a modelagem eficiente do recrutamento e mortalidade forem conseguidas.

A modelagem da estrutura do povoamento para as classes diamétricas superiores a 45 cm independem do período de avaliação. No entanto, esta modelagem será eficiente se o período de prognose não for grande, maior que 15 ou 20 anos.

A modelagem do povoamento quando a taxa de recrutamento é superior a mortalidade, indicará que a floresta está em “expansão”. O fenômeno inverso indica que a floresta está “encolhendo”- cuidado deve ser tomado nas duas situações, já que periodicamente a maior mortalidade abre espaços para uma maior recrutamento - ao suceder este fenômeno, aumenta-se a competição e volta a ocorrer mortalidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETO, P.G.B.; UHL, C.; YARED, O. Potencial de produção sustentável de madeira em Paragominas, PA; na Amazônia Oriental: considerações ecológicas e econômicas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, Curitiba, 1993. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. p. 387-392.
- CURI, N.; LIMA, J.M.; ANDRADE, H. GUALBERTO, V. Geomorfologia, física, química e mineralogia dos principais solos da região de Lavras (MG). **Ciência e Prática**, Lavras, v. 14, n. 3, p.297-307, set./dez. . 1990.
- DAVIS, L.S.; JOHNSON, K.N. **Forest management**. 3.ed. New York: McGRAWHILL, 1987. 790 p.
- De GRAAF, N.R. **A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname**. Wageningen: Agricultural University, 1986. 250 p.
- OLIVEIRA FILHO, A T.; MELLO, J.M.; SCOLFORO, J.R.S. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987/1992). **Plant Ecology**, Belgium, v. 131, p. 45-66, Feb. 1997.
- OLIVEIRA FILHO, A.T.; SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M. Composição florística e estrutura comunitária de um remanescente de floresta semidecídua montana em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 167-182, dez. 1994.
- SCOLFORO, J.R.S.; PULZ, F.A .; MELLO, J.M. Modelagem da produção, idade de florestas nativas, distribuição espacial de espécies e a análise estrutural. In: SCOLFORO, J,R.S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. Cap.5, p. 189-245.
- SCOLFORO, J.R.S.; PULZ, F.A .; MELLO, J.M.; OLIVEIRA FILHO, A . T. Modelo de produção para floresta nativa como base para manejo sustentado. **Cerne**, Lavras, v.2, n.1, p. 112-137, 1996.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v. 30, n.3, p. 507-512, Sept. 1974.

- SILVA, J.N.M. **The behaviour of the tropical rain forest of the brazilian Amazon after logging**. Oxford: University of Oxford, 1989, 302 p. (Tesis-Ph.D.).
- SILVA, J.N.M. **Possibilidades para a produção sustentada de maneira em floresta densa de terra-firme da Amazônia Brasileira**. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1993. 36 p. (Documentos, 23).
- UHL, C.; VIEIRA, I.C.G. Seleção Predatória. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, p. 108-115, dez. 1991. (Volume Especial Amazônia).
- VALE, L.C.C.; SCOLFORO, J.R.S.; MOTTA, R.S.; AYRES, N.P. **Documento básico para desenvolvimento de plano estratégico para promoção do manejo florestal sustentado**. Relatório de consultoria nº 11. Belo Horizonte: Del Rey Serviços de Engenharia, 1994. 203 p.
- VANCLAY, J.K. **Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests**. Copenhagen: CAB, 1994. 312 p.
- VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; MATTOS, M.; TARIFA, R.; UHL, C. Impactos da atividade madeireira e perspectivas para o manejo sustentável da floresta numa velha fronteira da Amazônia: o caso de Paragominas. **Revista Pará Desenvolvimento**, Belém, n. 28, p.36-50, jan./jun. 1993.
- VERÍSSIMO, A ; UHL, C.; MATTOS, M. BRANDINO, Z.; VIEIRA, I.C.G. Impactos sociais, econômicos e ecológicos de exploração seletiva de madeiras numa região de fronteira na Amazônia Oriental: o caso de Tailândia. In: **A expansão da atividade madeireira na Amazônia: impactos e perspectivas para o desenvolvimento do setor florestal no Pará**. Belém: IMAZON, 1996. 168 p.
- VILELA, E.A.; RAMALHO, M.A.P. Análise das temperaturas e precipitação pluviométrica de Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 71-79, jan./jun. 1979.

### **CAPÍTULO 3**

#### **PROGNOSE DA ESTRUTURA DIAMÉTRICA DE UMA FLORESTA NATIVA ATRAVÉS DO MÉTODO DE WAHLENBERG.**

## RESUMO

PULZ, Frederico Aparecido. **Prognose da estrutura diamétrica de uma floresta nativa através do método de Wahlenberg. In: Estudo da dinâmica e a modelagem de uma floresta semidecídua montana na região de Lavras -MG.** Lavras: UFLA, 1998. Cap.3. 152p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal)

Este estudo teve como objetivos principais desenvolver um modelo de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta semidecídua montana; avaliar sua eficiência e avaliar o efeito do período de medição nas respostas obtidas do modelo. Os dados básicos foram obtidos na reserva florestal existente na Universidade Federal de Lavras. Foram lançados nesta em 1986, 126 parcelas contíguas com 400m<sup>2</sup> cada uma. As avaliações foram realizadas em 1987, 1992 e 1996. Foram identificados por ocasião destas 136, 143 e 149 espécies, considerando o diâmetro mínimo de medição igual ou superior a 5cm. Verificou-se que a modelagem da estrutura do povoamento mostrou versatilidade do método, já que independem do período de avaliação. A modelagem da estrutura do povoamento será realmente eficiente em todas as classes diamétricas, se a modelagem eficiente do recrutamento e da mortalidade for alcançada. As diferenças nas prognoses obtidas de períodos de avaliação diferentes, serão maiores quanto maior o período de prognose. A modelagem do povoamento quando a taxa de recrutamento é superior a mortalidade, indicará que a floresta está em “expansão”; o fenômeno inverso, indica que a floresta está “encolhendo” - cuidado deve ser tomado nas duas situações, já que periodicamente a maior mortalidade, abre espaços para um maior recrutamento - ao suceder este fenômeno, aumenta-se a competição e volta a ocorrer mortalidade.

Palavras-chave: Crescimento, mortalidade, recrutamento, dinâmica, floresta nativa, prognose em floresta nativa, método de Wahlenberg.

---

Comitê Orientador: José Roberto S. Scolforo - UFLA (Orientador), Sebastião do Amaral Machado, José Marcio de Melo.

## ABSTRACT

### PROGNOSIS OF THE DIAMETER STRUCTURE OF A NATIVE FOREST THROUGH THE WAHLENBERG METHOD

The main objectives of this study were to develop a model for prognosticating diameter structure of a montane semideciduous forest, and to evaluate its efficiency, and to evaluate the effects of the measurement period on the predicted values obtained from the developed model. The basic data were obtained from the forest reserve of the Federal University of Lavras. The whole forest was divided in to 126 plots with 400 m<sup>2</sup> each. The measurements were done in 1987, 1992 and 1996, being identified respectively 136, 143 and 149 tree species with DBH equal to or above 5 cm. It was verified that diameter structure modelling showed versatility of the method, since it proved to be independent from the evaluation period. The modelling of the stand diameter structure will is really efficient for all diameter classes, if an efficient modeling of ingrowth and mortality be achieved. The differences among prognosis obtained for different evaluation periods will be greater the greater the prognosis period. Is the stand modelling when the ingrowth rate is superior to mortality rate, indicates that the forest is in “expansion”. The inverse phenomenom indicates that the forest is shrinking. Care must be taken in both situations, since periodically a greater mortality opens spaces for a greater ingrowth. When this last phenomenom occurs, the competition increases and the mortality increases again.

Key words: growth, mortality, ingrowth, dynamics, native forest, prognosis, wahlenberg's method.

---

Guidance Committee: José Roberto S. Scolforo - UFLA (Major-Professor), Sebastião do Amaral Machado, José Marcio de Melo.

## 1 INTRODUÇÃO

As técnicas para prognosticar a dinâmica de povoamento são conhecidas como modelos de crescimento e produção e independente da complexidade estrutural e detalhe da saída de resultados produzidos, todos apresentam estimativas das características do povoamento em um ponto específico no tempo (Avery e Burkhart, 1994).

Projeção de tabelas do povoamento é uma das mais antigas técnicas usadas para determinar a composição futura em florestas inequidâneas. O método data de quando os dados eram raros e para estimar o número de árvores que passavam de uma classe para outra, alguns pesquisadores apresentavam fórmulas simples, como a apresentada por Herrick (1938).

Para o uso da projeção da tabela do povoamento, duas questões devem ser satisfeitas: a primeira é a existência de dados de incremento em diâmetro e a segunda de como eles devem ser aplicados para o povoamento. Incrementos de povoamentos anteriores ou mudanças na estrutura da floresta devem ser considerados, pois podem levar a informações que comprometam a prognose. Nestes casos, a tabela de projeção mostra melhores resultados para períodos curtos, não mais que 10 anos, uma vez que mudanças na estrutura e vigor do povoamento não são pronunciadas sobre um curto período de tempo (Davis e Johnson, 1987).

Além destes fatos, estes mesmos autores, salientam que algumas condições devem ser questionadas. Se uma árvore remanescente qualquer, com  $DAP = 30,5$  cm crescesse 5,1 cm em 10 anos, ela continuaria crescendo 5,1 cm nos próximos 10 anos? Se não, qual a nova taxa e a partir de que momento mudaria; outras dúvidas podem existir, pois a tabela de projeção de povoamento propicia a estimativa da tabela futura com base na taxa de crescimento presente

em diâmetro, que se verifica por classes. Deve-se considerar ainda, segundo Davis e Johnson (1987) e Scolforo (1995), que aspectos como mortalidade e recrutamento devem ser tratados separadamente.

Por outro lado, as técnicas de manejo florestal estão se tornando cada dia mais objetivas e compromissadas com o conhecimento das mudanças que ocorrem na estrutura da floresta. Estas informações possibilitam a geração de propostas de uso sensato dos recursos florestais nativos que apresentem aptidão ecológica, social e econômica.

Os modelos de produção, embora com uso bem definido nas florestas plantadas, tem ainda uma série de limitações de uso e de divulgação dentro da ciência florestal no Brasil, especialmente se consideradas as florestas com composição variada em espécie e idade. Os estudos existentes tem se concentrado no modelo que tem por base a matriz de transição ou cadeia de Markov. Nesta pesquisa o fundamento maior é considerar que se reconhece a variação na taxa de incremento das árvores individuais, dentro de cada classe diamétrica. O uso deste conceito foi primeiramente utilizado por Wahlenberg em 1941 e reproduzido posteriormente em Davis (1966).

Segundo Vanclay (1994), o método de Wahlenberg produz com maior confiança a estimativa da produção em povoamentos inequidâneos.

## **2 OBJETIVOS**

Desenvolver um modelo de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta semidecídua montana; avaliar sua eficiência; e avaliar o efeito do período de medição nas respostas obtidas do modelo.

## 3 MATERIAL E MÉTODO

### 3.1 Caracterização da área

Foi utilizada como base para o estudo a Reserva Florestal existente no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, sul de Minas Gerais, nas coordenadas 21°13'40'' S e 44°52'50'' W e à uma altitude de 925 metros. O clima é do tipo Cwb de Köppen (mesotérmico com verões brandos e estiagem no inverno). A precipitação e a temperatura média anual são 1493,2 mm e 19,3°C, respectivamente, 66% de precipitação ocorrendo no período de novembro a fevereiro (Vilela e Ramalho, 1979). O solo foi classificado como latossolo roxo distrófico (epiálico), textura muito argilosa (Curi et. al. 1990).

Segundo Oliveira Filho, Scolforo e Mello (1994), trata-se de um remanescente de floresta semidecídua montana, cuja área é de 5,8 ha, a qual não sofreu corte raso e tem aproximadamente os mesmos limites, pelo menos desde a década de 1920.

### 3.2 Fonte de dados

Em 1986 foi realizado um censo na Reserva Florestal, caracterizada no item anterior, a qual foi dividida em 126 parcelas com dimensões de 400 m<sup>2</sup> (20 x 20 m), totalizando 5,04 ha, conforme Figura 3.1.

No primeiro levantamento, realizado em 1987, todas as árvores com dimensões igual ou superior a 5 cm de DAP foram mensuradas (com suta neste levantamento e com fita métrica nos demais), identificadas com placas de alumínio, totalizando 136 espécies distribuídas em 52 famílias (Oliveira Filho, Scolforo e Mello, 1994).

Na segunda medição, realizada em 1992, foram medidas além do DAP  $\geq$  5 cm, a altura do fuste comercial, com auxílio de um bambu graduado,

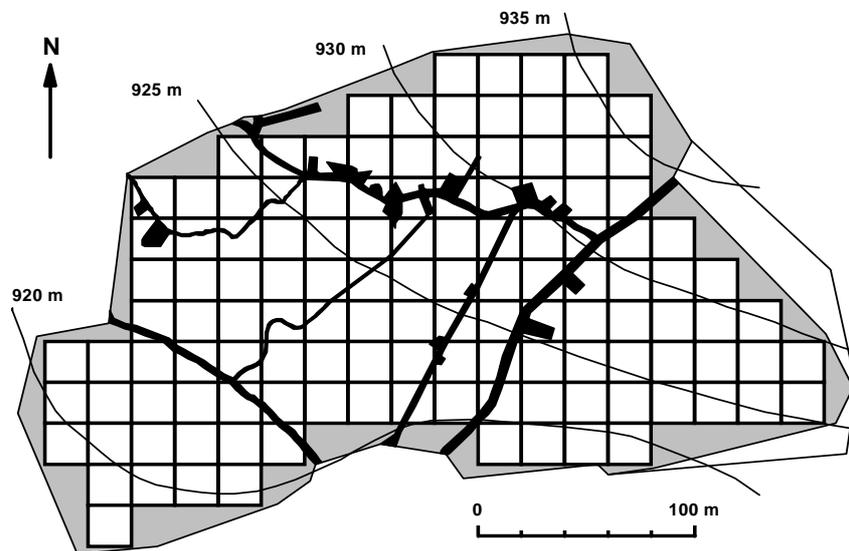


FIGURA 3.1. Mapa da Reserva Florestal da UFLA.

qualificado-o em: 1 = fuste retilíneo; 2 = fuste ligeiramente tortuoso; 3 = fuste defeituoso ou morto. Estado fitossanitário: 1 = árvore sadia; 2 = árvore doente ou atacada por inseto; 3 = árvore morta e/ou oca. Neste período de 1987-92 foram identificadas 7 novas espécies, totalizando 143 espécies (Oliveira Filho, Mello e Scolforo, 1997).

A terceira medição, realizada em 1996, além da mensuração de todas as árvores com  $DAP \geq 5$  cm e altura do fuste comercial, mediu-se também a altura total de todas as árvores, através de uma vara telescópica. Após este levantamento foram identificadas mais 6 espécies além das 143 registradas em 1992. A identificação dessas espécies foi realizada perante consulta à coleção do herbário do Departamento de Ciências Florestais e do Departamento de Biologia da UFLA.

### 3.3 Modelagem da floresta

Neste estudo se reconhece a variação da taxa de incremento diamétrico em árvores individuais, dentro de cada classe. Neste caso a porcentagem de movimento é calculada aplicando-se o incremento individual atual sobre o diâmetro das árvores. Portanto a solução de Wahlenberg pode ser usada (Husch, Miller e Beers, 1982).

Para exemplificar este método serão considerados os dados da Tabela 3.1, medidos em 1987 e remedidos em 1992.

TABELA 3.1. Exemplificação do método de Wahlenberg.

ÁRVORE NÚMERO	Espécie	CLASSE DE	DAP 1 <sup>o</sup> INV	DAP 2 <sup>o</sup> INV	IP <sub>D</sub>	MORTAS	RECRUTA MENTO
49	<i>Siparuna guianensis</i>	5   10	-	5,1	-		3(***)
33	<i>Copaifera langsdorffii</i>	5   10	-	6,0	-		3
45	<i>Maprounea guianensis</i>	5   10	-	6,2	-		3
31	<i>Casearia arborea</i>	5   10	5,0	5,7	0,7		
3	<i>Tapirira obtusa</i>	5   10	5,5	6,4	0,9		
7	<i>Copaifera langsdorffii</i>	5   10	6,0	-	-	2(**)	
11	<i>Copaifera langsdorffii</i>	5   10	6,0	6,7	0,7		
21	<i>Casearia arborea</i>	5   10	6,2	6,7	0,5		
23	<i>Styrax pohlíi</i>	5   10	6,9	8,9	2,0		
22	<i>Styrax pohlíi</i>	5   10	8,2	12,7	4,5		
14	<i>Tapirira obtusa</i>	5   10	9,5	15,6	6,1		
4	<i>Rollinia laurifolia</i>	10   15	10,5	13,7	3,2		
25	<i>Styrax pohlíi</i>	10   15	11,0	11,4	0,4		
16	<i>Ocotea corymbosa</i>	10   15	12,7	13,1	0,3		
8	<i>Ocotea corymbosa</i>	15   20	17,1	19,7	2,6		
30	<i>Copaifera langsdorffii</i>	15   20	18,1	18,5	0,4		
12	<i>Xylopia brasiliensis</i>	15   20	19,7	23,9	4,2		
1	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	20   25	23,0	-	-	2	
46	<i>Ocotea corymbosa</i>	20   25	20,2	23,0	2,8		
.	.	.	.	.			
n	n	n	n	n			

\* DAP: Diâmetro tomado à 1,30 metros de altura.

\*\* Código utilizado para as árvores mortas.

\*\*\* Código utilizado para os recrutamentos.

A árvore nº 14 (*Tapirira obtusa*) tinha inicialmente 9,5 cm de DAP e cresceu 6,1 cm durante um período de 5 anos. Consequentemente moveu 2 classes de diâmetro, a qual pode ser observada na Figura 3.2.

O movimento de árvores pode ser determinado através da contagem do número de pontos em cada diagonal de classe diamétrica. Estes números podem facilmente ser convertidos para porcentagem de movimento.

Na Tabela 3.2 é ilustrado, para a classe 5 | 10 cm, a porcentagem de movimento.

Estas porcentagens são então aplicadas na classe diamétrica de 5 | 10 cm, este mesmo procedimento é realizado para as demais classes. Depois de calculadas todas as porcentagens, a evolução da estrutura da floresta é do mesmo modo que a razão de movimentação, descrita no capítulo 2. Assim como o método da razão de movimentação, a mortalidade e o recrutamento são considerados separadamente - ou através de estimativas, como Scolforo et al. (1996); Scolforo, Pulz, Mello (1997) e Silva (1989), ou diretamente da base de dados. A opção de não ajustar um modelo, foi tomada após análise pormenorizada de seu comportamento nos 3 períodos de avaliação considerados, quais sejam 1987-92, 1992-96 e 1987-96. A inexistência de uma tendência definida destas variáveis em relação a outras variáveis do povoamento, face ao pequeno número de avaliações, torna prematura esta modelagem.

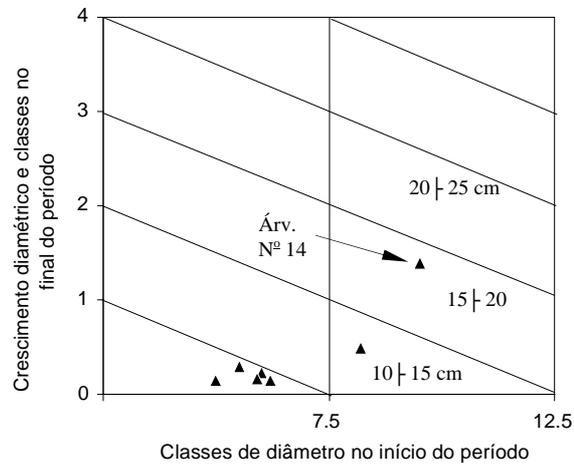


FIGURA 3.2. Representação gráfica do diâmetro atual e o incremento diamétrico na classe do diâmetro inicial.

TABELA 3.2. Porcentagem de movimento para a classe de 5 | 10 cm.

Classe de diâmetro após 5 anos	Movimento em número de classe de diâmetro	Nº de árvores em cada classe de diâmetro após 5 anos	Porcentagem de movimento
5   10	0	5	71,4
10   15	1	1	14,3
15   20	2	1	14,3
Total		7	100,00

### 3.4 Avaliação das projeções

Para avaliar as prognoses foi utilizado um delineamento em blocos casualizados (DBC), em que comparou-se as prognoses, por classe diamétrica, obtidas pelo método de Wahlenberg para as três situações sob estudo.

Os períodos de medição (1987-92, 1992-96 e 1987-96) compuseram os três tratamentos, e as classes diamétricas os blocos, conforme estrutura de análise de variância apresentada na Tabela 3.3.

Este mesmo procedimento foi adotado para comparar as frequências das classes diamétricas igual ou superior a 45 cm, uma vez que do ponto de vista do manejo, este diâmetro define o mínimo aproveitável para serraria. Em última análise é na prognose para estas classes que se tem maior interesse.

Para possíveis diferenças entre os três períodos, em prognosticar o número de árvores para cada classe de diâmetro, será aplicado o teste de Scott e Knott (1974).

TABELA 3.3. Esquema de análise de variância para validação do modelo.

FV	GL
TRAT.	(períodos de medição) - 1
BLOCO	(classes de diâmetro) - 1
RESIDUO	

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os três períodos observados, o incremento periódico foi menor nas menores classes de diâmetro, aumentou a medida que essas aumentaram e por fim apresentou uma desaceleração nas maiores classes diamétricas

A mortalidade e o recrutamento para o período de 1987-92 foi 2,0 e 2,5% ao ano, enquanto que para os períodos 1992-96 e 1987-96 foi respectivamente 3,6; 2,7% ao ano e 2,3; 2,2% ao ano. Outro dado importante sobre a estrutura da floresta é que em média, para os três períodos considerados, o número de árvores com  $DAP \geq 45$  cm foi de 11,0 árvores/ha. Segundo Veríssimo et al. (1996), o número médio de árvores extraídas por hectare, em três regiões de Paragominas, foi de 6,4 com diâmetro variando de 45 a 75 cm.

A frequência dos indivíduos entre os períodos de 1987 à 1992 e 1992 à 1996 foi semelhante; 1135,1 árvores/ha para o primeiro e de 1120,6 árvores/ha para o segundo. Já no período de 1987 à 1996 o número de árvores por hectare foi inferior 954,4, demonstrando que mudanças na estrutura do povoamento não são estáveis ao longo do tempo. Este fato está de acordo com Davis (1966); Husch, Miller e Beer (1982); Davis e Johnson (1987); Avery e Burkhart (1984) e Scolforo (1995).

Na Tabela 3.4 é apresentada a prognose da estrutura da floresta para o ano de 2012, tomando por base o intervalo de medição de 1987-92

Pode-se constatar que ao longo dos quatro períodos projetados a menor classe diamétrica (5 | 10 cm) apresenta um pequeno aumento no número de árvores, porém este padrão não ocorre com as demais classes em que há um aumento progressivo do número de árvores. Neste período a floresta demonstrou estar em desenvolvimento face o número de árvores em 1992 ser de 1135,1 e em 2012 de 1364,8 árvores/ha.

TABELA 3.4. Prognose da estrutura da floresta para o ano de 2012, baseando-se no período de 1987-92.

CLASSES DE DIÂMETRO	N <sup>o</sup> DE ÁRVORES /ha	% DE ÁRVORES MOVIMENTANDO-SE NAS CLASSES DE DIÂMETRO			N <sup>o</sup> DE ÁRVORES MOVIMENTANDO-SE NAS CLASSES DE DIÂMETRO			N <sup>o</sup> DE ÁRVORES APÓS A MOVIMENTAÇÃO	N <sup>o</sup> DE ÁRVORES MORTAS	N <sup>o</sup> DE RECRUT.	POPULAÇÃO EM 1997	POPULAÇÃO EM 2012
		0	1	2	0	1	2					
05   10	659,127	86,94	12,70	0,36	573,016	83,730	2,381	573,016	111,310	202,183	663,889	674,756
10   15	214,881	76,64	23,27	0,09	164,683	50,000	0,198	248,413	16,865	0,000	231,548	264,422
15   20	110,714	77,96	21,68	0,36	86,310	24,008	0,397	138,690	7,143	0,000	131,548	187,706
20   25	67,063	73,37	26,63	0,00	49,206	17,857	0,000	73,413	2,579	0,000	70,833	99,101
25   30	41,270	77,40	22,60	0,00	31,944	9,325	0,000	50,198	2,579	0,000	47,619	68,077
30   35	18,651	68,09	31,91	0,00	12,698	5,952	0,000	22,024	2,183	0,000	19,841	28,436
35   40	10,317	57,69	42,31	0,00	5,952	4,365	0,000	11,905	0,397	0,000	11,508	15,595
40   45	7,143	72,22	27,78	0,00	5,159	1,984	0,000	9,524	1,190	0,000	8,333	12,733
45   50	2,579	46,15	53,85	0,00	1,190	1,389	0,000	3,175	0,397	0,000	2,778	4,437
50   55	0,794	25,00	75,00	0,00	0,198	0,595	0,000	1,587	0,198	0,000	1,389	2,318
55   60	1,389	42,86	57,14	0,00	0,595	0,794	0,000	1,190	0,000	0,000	1,190	2,266
60   65	0,595	66,67	33,33	0,00	0,397	0,198	0,000	1,190	0,000	0,000	1,190	2,331
65   70	0,198	100,00	0,00	0,00	0,198	0,000	0,000	0,397	0,000	0,000	0,397	1,908
70   75	0,198	100,00	0,00	0,00	0,198	0,000	0,000	0,198	0,198	0,000	0,000	0,000
75   80	0,198	100,00	0,00	0,00	0,198	0,000	0,000	0,198	0,000	0,000	0,198	0,198



No período de 1987 à 1996, o decréscimo do número de árvores na primeira classe está ocorrendo pelo alto número de árvores mortas e alta taxa de crescimento - mais de 23% dos indivíduos migram para classes superiores. Com relação a segunda classe, apesar de ser alimentada com 20,72% das árvores da primeira classe e 4,762 novos recrutamentos, possui alta mortalidade bem como alto padrão de crescimento uma vez que 42,5% das árvores migram para as próximas classes de diâmetro. As demais classes diamétricas apresentam um aumento progressivo do número de árvores.

TABELA 3.6. Prognose da estrutura da floresta para o ano de 2014, baseando-se no período de 1987-96.

CLASSES DE DIÂMETRO	Nº DE ÁRVORES/ha	% DE ÁRVORES MOVIMENTANDO-SE NAS CLASSES DE DIÂMETRO			Nº DE ÁRVORES MORTAS	Nº DE RECRUT.	POP. RESED. EM 2014
		0	1	2			
05   10	522,817	76,62	20,72	2,47	247,619	310,317	417,685
10   15	192,262	57,48	38,08	4,44	39,484	4,762	167,117
15   20	100,595	62,33	35,11	2,37	17,262	0,000	146,273
20   25	62,103	58,47	38,02	3,19	7,540	0,000	89,273
25   30	38,294	58,03	38,86	3,11	5,556	0,000	49,922
30   35	17,460	53,41	42,05	4,55	3,373	0,000	27,711
35   40	9,722	36,73	55,10	8,16	0,992	0,000	14,009
40   45	6,548	45,45	51,52	3,03	1,786	0,000	8,711
45   50	1,984	20,00	70,00	10,00	0,992	0,000	4,411
50   55	0,595	0,00	33,33	66,67	0,397	0,000	2,326
55   60	0,992	0,00	60,00	40,00	0,397	0,000	0,357
60   65	0,595	33,33	33,33	33,33	0,000	0,000	1,190
65   70	0,000	0,00	0,00	0,00	0,198	0,000	0,198
70   75	0,198	100,00	0,00	0,00	0,198	0,000	0,397
75   80	0,198	0,00	100,00	0,00	0,000	0,000	0,000
80   85							0,198

Tomando por base o período de 1992 à 1996 a floresta apresentou uma diminuição, haja visto que o número de árvores prognosticada decrescerá de 1120,6 em 1996 para 849,7 árvores/ha em 2012. Já para o período de 1987-96, a floresta apresentou uma certa estabilidade, 954,4 árvores/ha em 1996 e 929,8 projetadas para 2014.

Contudo, quando considerado o acréscimo do número de árvores nas classes acima de 45 cm nota-se que este era de 6 árvores/ha em 1987, o projetado para 2012 é de 13,5 tomando de base o período de 1987-92. Em 1996 este valor era de 6,3 e em 2012 10,4 árvores/ha, considerando o período de 1992-96 como base. Para o período de 1987-96, este número era de 4,6 árvores/ha em 1996 e 9,1 em 2014. Estes números podem vir a indicar a possibilidade de uma intervenção na floresta, sendo que a viabilidade deverá ser avaliada através de análise de investimento.

Estas mudanças no comportamento da estrutura estão vinculadas ao próprio processo de desenvolvimento desta. Se existe maior mortalidade então o novo espaço existente propiciará um maior recrutamento. A partir do momento que este aumenta, também aumenta a área basal, aumentando a competição. Com maior competição haverá maior mortalidade e ciclicamente espera-se que este fenômeno se repita. Como a base de dados em floresta nativa tem histórico recente no Brasil, há dificuldade ainda de detectar de maneira objetiva o comportamento temporal destas variáveis, ou associado às variações da área basal ou mesmo ao número de árvores. Isto dificulta a modelagem eficiente da mortalidade e do recrutamento para fins de prognose. O efeito na modelagem da frequência por classe diamétrica pode ser visualizado nas Tabelas 3.4, 3.5 e 3.6.

#### 4.1 Consistência do modelo

A comparação entre os três períodos de observação não foi possível devido a inflexibilidade do método, ou seja, as projeções são feitas em períodos de igual intervalo àqueles realizados nos levantamentos. Para o intervalo de 1987-92 só é possível prognosticar de 5 em 5 anos; para 1992-96 em períodos de 4 em 4 anos e para 1987-96 de 9 em 9 anos. Portanto o mínimo múltiplo comum para esta situação seria de 180 anos, e segundo Davis (1966); Husch, Miller e Beers (1982); Davis e Johnson (1987); Avery e Burkhart (1994) e Scolforo (1995), períodos de projeção não devem ser longos, pois ocorrem mudanças na estrutura do povoamento o que levaria a resultados inconsistentes.

A partir dos valores apresentados nas Tabelas 3.4 e 3.5 pode-se comparar através de um delineamento de blocos casualizados (DBC) as prognoses por classes diamétricas, nos períodos de 1987-92 e 1992-96. Para esta situação as classes diamétricas são os blocos e os tratamentos são os períodos:

Tratamento 1: período de 1987-92;

Tratamento 2: período de 1992-96.

Os resultados da análise de variância são apresentados nas tabelas 3.7 e 3.8.

TABELA 3.7. Análise de variância do número de árvore/ha, para os dois períodos observados.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF
TRAT	1	8833,343	8833,343	2,687	*****
BLOCO	14	549110,200	39222,160	11,930	0,00002
RESÍDUO	14	46026,630	3287,616		

CV= 77,701 %

TABELA 3.8. Análise de variância do número de árvore/ha, com DAP $\geq$  45, para os dois períodos observados.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF
TRAT	1	0,7563096	0,7563096	0,860	*****
BLOCO	6	37,9446000	6,3241000	7,187	0,01505
RESÍDUO	6	5,2793730	0,8798955		

CV= 55,550 %

Pelos resultados apresentados nas Tabelas 3.7 e 3.8, verificou-se existir diferença significativa entre blocos, o que era esperado, uma vez que a classe diamétrica foi definida como bloco. Contudo, não foi identificada diferença significativa entre os períodos de 1987-92 e 1992-96, para a prognose envolvendo todas as classes diamétricas, bem como para as classes de diâmetro acima de 45 cm.

Este fato é notável já que permite a partir de diferentes períodos de avaliação inferir sobre o estoque de exploração da floresta se o aproveitamento da madeira estiver sendo cogitado. No entanto, embora não tenha sido detectada diferença significativa ao nível de significância  $\alpha = 0,05$ , deve-se ter em mente que esta só não ocorreu porque no período de 20 anos, o ritmo de crescimento lento das árvores nas menores classes diamétricas, não foi suficiente para se fazer notar a supremacia da mortalidade sobre o recrutamento nas maiores classes diamétricas. Certamente se em período de prognoses maiores forem adotados os efeitos verificados na dinâmica da floresta, esses serão notados nas maiores classes. Este fato deve ser evitado já que existe a expectativa de periodicamente existir a alteração da supremacia da mortalidade sobre o recrutamento e vice-versa.

## 5 CONCLUSÕES

A modelagem da estrutura do povoamento mostrou a versatilidade do método, já que independem do período de avaliação.

A modelagem da estrutura do povoamento será realmente eficiente em todas as classes diamétricas, se a modelagem eficiente do recrutamento e da mortalidade for alcançada.

As diferenças nas prognoses obtidas de períodos de avaliação diferentes, serão maiores quanto maior o período de prognose.

A modelagem do povoamento quando a taxa de recrutamento é superior a mortalidade indicará que a floresta está em “expansão”. O fenômeno inverso indica que o número de árvores da floresta diminui. Cuidado deve ser tomado nas duas situações, já que periodicamente a maior mortalidade abre espaços para um maior recrutamento. Ao suceder este fenômeno aumenta a competição e volta a ocorrer mortalidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AVERY, T.E.; BURKHART, H.E. **Forest measurements**. 4. ed. New York: McGRAW-HILL, 1994, 432 p.
- CURI, N.; LIMA, J.M.; ANDRADE, H. GUALBERTO, V. Geomorfologia, física, química e mineralogia dos principais solos da região de Lavras (MG). **Ciência e Prática**, Lavras, v. 14,n. 3, p.297-307, set./dez. . 1990.
- DAVIS, K.P. **Forest management: regulation and valuation**. New York: McGRAW-HILL, 1966. 519 p.
- DAVIS, L.S.; JOHNSON, K.N. **Forest management**. 3. ed. New York: McGRAWHILL, 1987. 790 p.

- HERRICK, A . M. A simple formula for making diameter predictions. **Journal of Forestry**, Washington, v. 36, n.1, p. 74-75. Jan. 1938.
- HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest mensuration**. New York: McGRAW-HILL, 1982. 397 p.
- OLIVEIRA FILHO, A T.; MELLO, J.M.; SCOLFORO, J.R.S. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987/1992). **Plant Ecology**, Belgium, v. 131, p. 45-66, Feb. 1997.
- OLIVEIRA FILHO, A.T.; SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M. Composição florística e estrutura comunitária de um remanescente de floresta semidecídua montana em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 167-182, dez. 1994.
- SCOLFORO, J.R.S. **Crescimento e produção florestal**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1995. Parte 2. 243 p.
- SCOLFORO, J.R.S.; PULZ, F.A .; MELLO, J.M.; OLIVEIRA FILHO, A . T. Modelo de produção para floresta nativa como base para manejo sustentado. **Cerne**, Lavras, v.2, n.1, p. 112-137, 1996.
- SCOLFORO, J.R.S.; PULZ, F.A .; MELLO, J.M. Modelagem da produção, idade de florestas nativas, distribuição espacial de espécies e a análise estrutural. In: SCOLFORO, J.R.S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. Cap.5, p. 189-245.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v. 30, n.3, p. 507-512, Sept. 1974.
- SILVA, J.N.M. **The behaviour of the tropical rain forest of the brazilian Amazon after logging**. Oxford: University of Oxford, 1989, 302 p. (Tesis-Ph.D.).
- VANCLAY, J.K. **Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests**. Copenhagen: CAB International, 1994. 312 p.
- VERÍSSIMO, A ; UHL, C.; MATTOS, M. BRANDINO, Z.; VIEIRA, I.C.G. Impactos sociais, econômicos e ecológicos de exploração seletiva de

madeiras numa região de fronteira na Amazônia Oriental: o caso de Tailândia. In: **A expansão da atividade madeireira na Amazônia: impactos e perspectivas para o desenvolvimento do setor florestal no Pará**. Belém: IMAZON, 1996. 168 p.

VILELA, E.A.; RAMALHO, M.A.P. Análise das Temperaturas e Precipitação Pluviométrica de Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 71-79, jan./jun. 1979. AVERY, T.E.; BURKHART, H.E. **Forest measurements**. 4. ed. New York: MCGRAW-HILL, 1994, 432 p.

## **CAPÍTULO 4**

### **ANÁLISE COMPARATIVA DA PROGNOSE DA ESTRUTURA DIAMÉTRICA PELO MÉTODO DA MATRIZ DE TRANSIÇÃO EM RELAÇÃO A RAZÃO DE MOVIMENTAÇÃO DOS DIÂMETROS E AO MÉTODO DE WAHLENBERG**

## RESUMO

PULZ, Frederico Aparecido. **Análise comparativa da prognose da estrutura diamétrica pelo método da matriz de transição em relação a razão de movimento dos diâmetros e ao método de Wahlenberg.** In: **Estudo da dinâmica e a modelagem de uma floresta semidecídua montana na região de Lavras -MG.** Lavras: UFLA, 1998. Cap.4. 156p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal)

Este estudo teve como objetivos principais apresentar, discutir e efetuar a prognose da estrutura diamétrica a partir do modelo gerado através da matriz de transição e avaliar o desempenho e eficiência deste modelo, contrastando-o com as prognoses efetuadas através do método da razão de movimentação dos diâmetros e método de Wahlenberg. Os dados básicos foram obtidos na reserva florestal existente na Universidade Federal de Lavras. Foram lançados nesta em 1986, 126 parcelas contíguas com 400m<sup>2</sup> cada uma. As avaliações foram realizadas em 1987, 1992 e 1996. Foram identificados por ocasião destas 136, 143 e 149 espécies, considerando o diâmetro mínimo de medição igual ou superior a 5cm. O método de estudo foi a matriz de transição a partir do qual foi identificada a existência de estado absorvente na base de dados. O método da matriz de transição mostrou-se eficiente para fins de prognose da estrutura diamétrica, independente do período de medição, apesar de ter sido detectada mudança na estrutura da floresta, particularmente da taxa de recrutamento e de mortalidade. Os métodos da matriz de transição, razão de movimentação de diâmetro e Wahlenberg apresentaram mesmo grau de eficiência para fins de prognose da estrutura da floresta, como um todo. A nível da frequência por classe diamétrica, estes métodos apresentaram desempenho diferenciado. O mesmo fato foi constatado para os diferentes períodos de avaliação. Neste caso, pelo menos, um dos métodos foi sensível as mudanças na estrutura da floresta.

Palavras-chave: Crescimento, mortalidade, recrutamento, dinâmica, floresta nativa, prognose em floresta nativa, matriz de transição, razão de movimento dos diâmetros, método de Wahlenberg.

---

Comitê Orientador: José Roberto S. Scolforo - UFLA (Orientador), Sebastião do Amaral Machado, José Marcio de Melo.

## SUMMARY

PULZ, Frederico Aparecido. **Comparative analysis of the diametric structure prognosis through the transition matrix method in relation to the ratio of diameters movement and to the wahlenberg's method. In: study of dynamics and modeling of a montane semideciduous forest in the region of Lavras-MG.**

This study aimed to present, discuss and perform the diametric structure prognosis from the model generated through the transition matrix and evaluate the performance and efficiency of this method, contrasting it with the prognoses done through the ratio of diameter movement method and Wahlenberg's method. The basic data was obtained from the reserve forest of the Federal University of Lavras. The whole forest was divided into 126 plots with 400 m<sup>2</sup> each. The evaluations were done in 1987, 1992 and 1996. During these evaluations, 136, 143 and 149 species were identified, considering the minimum measurement diameter equal to or above 5 cm. The method of study was the transition matrix from which the existence of absorbent state was identified based on data. The transition matrix method proved to be efficient for diameter structure prognosis, independently from the measurement period, in spite of change in the forest structure having been detected, particularly the ingrowth and mortality rate. The transition matrix, ratio of diameter movement and Wahlenberg's methods presented the same degree of efficiency for forest structure prognosis as a whole. At the level of frequency by diametric class, these methods presented differentiated performance. The same fact was verified for the different evaluation periods. In this case, at least one of the methods was sensitive to changes in forest structure.

Key words: growth, mortality, ingrowth, dynamics, native forest, prognosis in native forest, transition matrix, ratio of diameter movement, Wahlenberg's method.

## 1 INTRODUÇÃO

As florestas nativas tem sido tratadas no Brasil de forma muito generalizada. Um exemplo deste fato é a definição do ciclo de corte de 30 anos para as florestas da região Amazônica e 12 anos para a vegetação do cerrado em Minas Gerais. Outro exemplo, desta generalização é a polêmica sobre a economicidade ou não da prática do manejo florestal sustentado. Também as taxas de mortalidade e de recrutamento são constantemente generalizadas para as florestas de todo um estado ou uma região. Muitos outros exemplos nesta mesma linha podem ser considerados.

Um instrumento poderoso para o planejamento florestal é a prognose da distribuição diamétrica das árvores que compõem a floresta. Esta prognose deve ser fundamentada em informações obtidas das parcelas permanentes e possibilitam dentre outras ações a definição do ciclo de corte, inclusive por espécie; a avaliação da viabilidade econômica da ação do manejo a nível da floresta e a nível de espécies; a manutenção ou não da biodiversidade florística, dentre outros recursos que podem auxiliar de maneira objetiva a ação do manejador florestal.

Um modelo que vem sendo aplicado com sucesso no meio florestal, para descrever a evolução da estrutura de um povoamento, é a matriz de transição ou cadeia de Markov.

Leslie (1945, 1948), foi pioneiro no uso de matriz, realizando estudos a respeito da mortalidade e fertilidade em populações de animais, nos quais foram usados estados baseados em classes de idade.

Posteriormente Lefkovitch (1965) utilizou a matriz de Leslie, em população de besouro (*Lasioderma serricorne*), onde a idade é raramente conhecida. Diante deste fato, em vez de dividir a população em grupos de

mesma idade, como feito por Leslie, substituiu-se por grupos em diferentes estádios de desenvolvimento, supondo não existir variação sobre a duração do estágio que os diferentes indivíduos possam mostrar.

Na área florestal, o uso da matriz de transição foi aplicada por Usher (1966) em um povoamento de Pinus (*Pinus sylvestris*) na Escócia, mensurados em ciclos de 6 anos, considerando classes diamétricas.

Vanclay (1994, 1995), considerou que a matriz de transição pode também ser denominada, cadeia de Markov, matriz de Usher e outras generalizações. Relatou também que matriz de transição é uma extensão lógica e formalizada do método de projeção de tabela de povoamento e assim como a projeção de tabela do povoamento, assume que uma árvore em uma determinada classe de diâmetro tem a probabilidade de mover-se para outra classe, dependendo apenas do estado atual. Durante um período de tempo, uma árvore deve permanecer na classe diamétrica; mas com seu desenvolvimento pode migrar para outras classes de diâmetro e após atingir a senescência, morrer. As probabilidades de movimentação podem ser expressas por uma matriz (M), e a previsão das mudanças podem ser para um intervalo de tempo ( $V_1$ ) como:  $V_1 = MV_0$ . Em floresta,  $V_0$  é geralmente o número inicial de árvores em cada classe de diâmetro. Para vários intervalos de tempo ( $V_n$ ), as previsões das mudanças podem ser expressas como:  $V_n = M^n V_0$ , onde M representa a matriz de transição e  $V_0$  e  $V_n$  são vetores representando o estado inicial e final, respectivamente.

Entre os modelos de matrizes de transição, a cadeia de Markov foi utilizada por vários pesquisadores, na prognose e no desenvolvimento de povoamentos inequidâneos, como: Bruner e Moser Jr. (1973); Binkley (1980); Buongiorno e Michie (1980); Michie e Buongiorno (1984); Solomon, Hasmer e Hayslett Jr. (1986); Mendoza e Setyarso (1986); Osho (1991); Higuchi (1987); Enright e Ogden (1979); Freitas e Higuchi (1993); Azevedo (1993); Azevedo,

Souza e Jesus (1995); Sanquetta et al. (1996a); Sanquetta et al. (1996b); dentre outros e Michie e McCandless (1986) em povoamentos equiâneos.

Nestes trabalhos, especificamente o modelo de matriz de transição de Markov, utilizou-se o conceito de estado que são possíveis situações em que uma árvore pode ser encontrada, como: recrutamento, mortalidade, colheita e classe diamétrica (a árvore pode permanecer em uma determinada classe ou migrar para outra).

Segundo Buongiorno e Michie (1980), as árvores de um povoamento florestal podem ser divididas em um número finito de classes diamétricas, definido pelo diâmetro das árvores. Portanto, após um intervalo de crescimento  $\Delta t$ , uma árvore dentro de um povoamento pode apresentar as seguintes probabilidades:

- 1 - Permanecer viva na iésima classe diamétrica no intervalo de tempo  $\Delta t$ ;
- 2 - Migrar da iésima classe diamétrica para outra;
- 3 - Morrer ou ser colhida durante o intervalo de tempo  $\Delta t$ .

## **2 OBJETIVOS**

a) Avaliar a eficiência e o efeito do período de medição na prognose da estrutura diamétrica gerado através da matriz de transição;

b) Avaliar o desempenho e eficiência deste modelo, contrastando-o com as prognoses efetuadas através do método da razão de movimentação dos diâmetros e método de Wahlenberg.

## **3 MATERIAL E MÉTODO**

### **3.1 Caracterização da área**

Foi utilizada como base para o estudo a Reserva Florestal existente no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, sul de Minas Gerais, nas coordenadas 21°13'40'' S e 44°52'50'' W e à uma altitude de 925 metros. O clima é do tipo Cwb de Köppen (mesotérmico com verões brandos e estiagem no inverno). A precipitação e a temperatura média anual são 1493,2 mm e 19,3°C, respectivamente, 66% de precipitação ocorrendo no período de novembro a fevereiro (Vilela e Ramalho, 1979). O solo foi classificado como latossolo roxo distrófico (epiálico), textura muito argilosa (Curi et. al., 1990).

Segundo Oliveira Filho, Scolforo e Mello (1994), trata-se de um remanescente de floresta semidecídua montana, cuja área é de 5,8 ha, a qual não sofreu corte raso e tem aproximadamente os mesmos limites, pelo menos desde a década de 1920.

### **3.2 Fonte de dados**

Em 1986 foi realizado um censo na Reserva Florestal, caracterizada no item anterior, a qual foi dividida em 126 parcelas com dimensões de 400 m<sup>2</sup> (20 x 20 m), totalizando 5,04 ha, conforme Figura 4.1.

No primeiro levantamento, realizado em 1987, todas as árvores com dimensões igual ou superior a 5 cm de DAP foram mensuradas (com suta nesse levantamento e com fita métrica nos demais), identificadas com placas de alumínio, totalizando 136 espécies distribuídas em 52 famílias (Oliveira Filho, Scolforo e Mello, 1994).

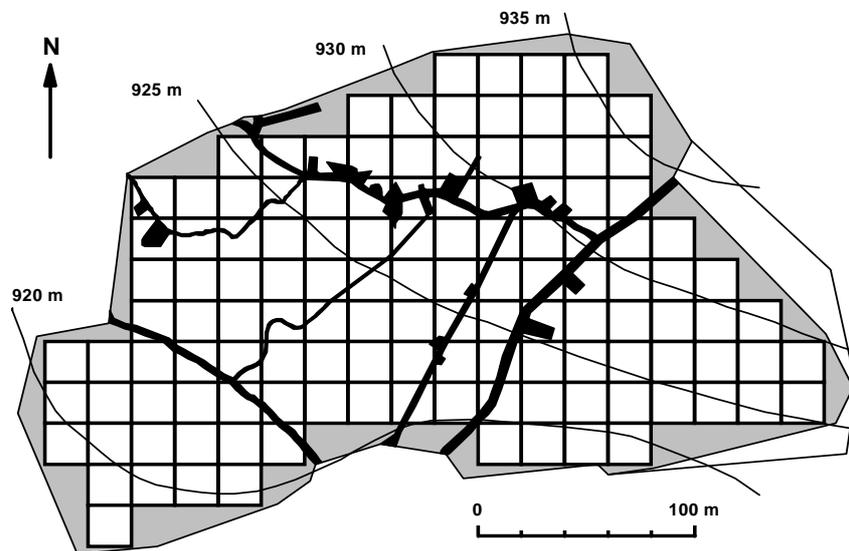


FIGURA 4.1. Mapa da Reserva Florestal da UFLA.

Na segunda medição, realizada em 1992, foram medidas além do  $DAP \geq 5$  cm, a altura do fuste comercial, com auxílio de um bambu graduado, qualificando-o em: 1 = fuste retilíneo; 2 = fuste ligeiramente tortuoso; 3 = fuste defeituoso ou morto. Estado fitossanitário: 1 = árvore sadia; 2 = árvore doente ou atacada por inseto; 3 = árvore morta e/ou oca. Neste período de 1987-92 foram identificadas 7 novas espécies, totalizando 143 espécies (Oliveira Filho, Mello e Scolforo, 1997).

A terceira medição, realizada em 1996, além da mensuração de todas as árvores com  $DAP \geq 5$  cm e altura do fuste comercial, mediu-se também a altura total de todas as árvores, através de uma vara telescópica. Após este levantamento foram identificadas mais 6 espécies além das 143 registradas em 1992. A identificação dessas espécies foi realizada perante consulta à coleção

do herbário do Departamento de Ciências Florestais e do Departamento de Biologia da UFLA.

### 3.3 Desenvolvimento do modelo

#### 3.3.1 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  $p_{ij}$ .

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1k} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2k} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ P_{k1} & P_{k2} & \dots & P_{kk} \end{bmatrix}$$

Onde:  $p_{ij} \geq 0$ , e a soma das probabilidades de cada coluna deve ser 1.

#### 3.3.2 Obtenção das probabilidades de transição

Neste estudo, o modelo de Markov foi construído com base nos dados de transição de três períodos (1987-92, 1992-96 e 1987-96). A floresta foi dividida em 16 estados - de 01 a 15, classes diamétricas e 16, mortalidade. O recrutamento foi considerado como ingresso de todas as árvores que atingiram uma dimensão mínima de 5 cm a 1,3 m de altura, foram representados pelo vetor coluna  $I_{it}$  ( $i = 1, \dots, n$ ;  $t =$  período de crescimento). Para obter estas informações, para os três períodos, utilizou-se do software “PRODNAT”,

produzindo, para cada período, uma tabela contendo a transição das árvores ao longo das classes diamétricas.

Através dos dados dessa tabela, gerada pelo “PRODNAT”, foi possível obter a probabilidade de transição de cada período, através da matriz G:

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

Onde:

$i_n$  = classes de diâmetro;

Número de árvores vivas que permaneceram na  $i$ ésima classe diamétrica no período de tempo ( $\Delta t$ )

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

Número de árvores vivas que migraram da  $i$ ésima classe diamétrica para a  $i+1$ ésima classe diamétrica no período de tempo ( $\Delta t$ )

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

Número de árvores vivas que migraram da  $i$ ésima classe diamétrica para a  $i+2$ ésima classe diamétrica no período de tempo ( $\Delta t$ )

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

em que:

$t$  = início do período de crescimento considerado;

$\Delta t$  = intervalo de tempo entre o início e o fim do período de crescimento considerado.

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

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

$$m_i = \frac{\text{Número de árvores mortas na } i\text{ésima classe diamétrica no intervalo de tempo } \Delta t}{\text{Número de árvores existentes na } i\text{ésima classe diamétrica no tempo } t.}$$

O recrutamento é quantificado por ocasião da remedição, podendo ser representado por algum modelo.

A projeção da estrutura da floresta, será de acordo com Buongiorno e Michie (1980), como se segue:

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

onde:

$Y_{t+\Delta t}$  = 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:

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

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:

$$Y_{2\Delta t} = G^2 \cdot Y_0 + G \cdot I_{i1} + I_{i2}$$

Generalizando então a expressão (1) ela assume a forma:

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

em que:

$n = n$  períodos de prognose;

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

### 3.3.3 Estados absorventes da cadeia de Markov

A característica básica deste estado é quando a probabilidade de transição, de uma classe diamétrica para outra, é igual a zero. A probabilidade existe somente das árvores permanecerem na mesma classe diamétrica, como a definição de  $a_i$ . Não ocorre a passagem de árvores para a  $i$ ésima classe +1 ou +2, conforme representado pelas probabilidades  $b_i$  e  $c_i$ .

Desta maneira as prognoses das frequências, das classes de diâmetro anteriores, não podem ultrapassar a classe que apresenta estado absorvente. Há

então um acréscimo de árvores continuamente nesta classe. Este acréscimo será mais intenso a medida em que mais prognoses forem efetuadas, já que as árvores não mais saem desta classe.

A ocorrência deste estado absorvente, compromete as prognoses das frequências da floresta e impedem também que o estado de equilíbrio seja detectado.

### **3.4 Avaliação das projeções**

A comparação entre os três períodos de observação não foi possível devido a inflexibilidade do método, ou seja, as projeções são feitas em períodos de igual intervalo àqueles realizados nos levantamentos. Para o intervalo de 1987-92 só é possível prognosticar de 5 em 5 anos; para 1992-96 em períodos de 4 em 4 anos e para 1987-96 de 9 em 9 anos. Portanto, o mínimo múltiplo comum para esta situação seria de 180 anos, e segundo Davis (1966); Husch, Miller e Beers (1982); Davis e Johnson (1987); Avery e Burkhart (1994) e Scolforo (1995), períodos de projeção não devem ser longos, pois ocorrem mudanças na estrutura do povoamento o que levaria a resultados inconsistentes.

A avaliação das prognoses, com base nos períodos de 1987-92 e 1992-96, foi através de um delineamento de blocos casualizados (DBC). Para esta situação as classes diamétricas são os blocos e os tratamentos períodos:

Tratamento 1: período de 1987-92;

Tratamento 2: período de 1992-96.

Este mesmo procedimento foi adotado para comparar as frequências das classes diamétricas igual ou superior a 45 cm, já que do ponto de vista do manejo, este diâmetro define o mínimo aproveitável para serraria.

TABELA 4.1. Esquema de análise de variância para validação do modelo.

FV	GL
TRAT.	(períodos de medição) - 1
BLOCO	(classes de diâmetro) - 1
RESIDUO	

Para possíveis diferenças entre os dois períodos, em prognosticar o número de árvores para cada classe de diâmetro, será aplicado o teste de Scott e Knott (1974).

### **3.5 Avaliação das prognoses propiciadas pelos métodos da matriz de transição, razão de movimentação e Wahlenberg**

Será realizada uma análise de variância em esquema fatorial com blocos casualizados, para verificar o efeito do período e método na estimativa de frequência por classe de diâmetro.

Os fatores foram:

Fator 1: Período ( 2 níveis)

Fator 2: Metodologia ( 3 níveis)

Blocos: Classes diamétricas (15 classes)

As prognoses avaliadas baseadas nos períodos de 1987 à 1992 e 1992 à 1996, uma vez que para esses dois períodos a estrutura da floresta será projetada para o mesmo ano, 2012. Enquanto que para o período de 1987 à 1996, a estrutura será para o ano de 2014. A coincidência de horizontes não foi possível, devido a inflexibilidade do modelo de Wahlenberg - descrito no capítulo 3 desta dissertação- e da matriz de transição descrito neste capítulo.

Para possíveis diferenças, em prognosticar o número de árvores/ha para cada classe diamétrica, será aplicado o teste de Scott e Knott (1974).

As prognoses obtidas para os três períodos, através do método da matriz de transição, serão obtidas conforme procedimento descrito neste estudo. Já as prognoses, através da razão de movimentação dos diâmetros e método de Wahlenberg, são apresentadas na Tabela 4.3; e maiores detalhes sobre estas poderão ser encontrados nos capítulos 2 e 3 desta dissertação.

TABELA 4.2. Esquema da análise de variância para o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial.

FV	GL
PERÍODO	1
MÉTODO	2
P x M	2
BLOCO	14
ERRO	70
TOTAL	89

TABELA 4.3. Prognose do número de árvores para o método de razão de movimentação dos diâmetros e método de Wahlenberg.

CLASSES DE DIÂMETRO	PROJEÇÃO PARA 2012 COM BASE EM 1987-92		PROJEÇÃO PARA 2012 COM BASE EM 1992-96		PROJEÇÃO PARA 2014 COM BASE EM 1987-96	
	MÉTODOS		MÉTODOS		MÉTODOS	
	RAZÃO DE WAHLENBERG MOV.	RAZÃO DE WAHLENBERG MOV.	RAZÃO DE WAHLENBERG MOV.	RAZÃO DE WAHLENBERG MOV.	RAZÃO DE WAHLENBERG MOV.	RAZÃO DE WAHLENBERG MOV.
05   10	536,658	674,756	291,831	381,093	313,031	417,685
10   15	324,645	264,422	178,346	123,183	236,762	167,117
15   20	226,020	187,706	141,919	132,600	177,076	146,273
20   25	120,614	99,101	103,247	97,359	87,724	89,273
25   30	65,269	68,077	56,622	47,076	48,216	49,922
30   35	36,048	28,436	31,674	33,593	31,068	27,711
35   40	22,452	15,595	20,270	15,324	17,429	14,009
40   45	16,327	12,733	11,851	9,072	11,853	8,711
45   50	5,787	4,437	7,477	6,065	4,578	4,411
50   55	3,060	2,318	3,414	2,611	2,571	2,326
55   60	2,047	2,266	0,749	0,106	0,688	0,357
60   65	2,616	2,331	0,442	0,976	0,532	1,190
65   70	1,104	1,908	0,165	0,248	0,556	0,198
70   75	0,572	0,000	0,739	0,198	0,662	0,397
75   80	0,153	0,198	0,187	0,000	0,078	0,000
80   85	0,275		0,472	0,198	0,198	0,198
85   90					0,111	

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O incremento periódico anual para os três períodos estudados (1987-92, 1992-96 e 1987-96), foi de 0,480 cm/ano, semelhante ao encontrado por Silva (1989, 1990, 1993); superior ao encontrado por Jesus, Souza e Garcia (1992) e Felfili (1993, 1995) e inferior ao constatado por Souza et al. (1993) e Araújo (1993), todos em áreas de florestas tropicais sem intervenção e com intervalo de medição variando de 6 à 9 anos. Nestes períodos mais de 98% do recrutamento foi registrado na menor classe de diâmetro; o maior número de árvores mortas também ocorreu nas primeiras classes, mas relativamente morreram mais árvores nas maiores classes diamétricas. Para os três períodos, em média, a taxa

de recrutamento foi de 2,5%/ano e a mortalidade de 2,6%/ano. Este valor observado para a taxa de mortalidade, está acima do padrão encontrado em outras áreas de florestas tropicais já estudadas: De Graaf (1986); Lieberman e Lieberman (1987); Silva (1989, 1990,1993); Barreto, Uhl e Yared (1993); Vale et al. (1994); Condit, Hubbel e Foster (1995); Silva et al. (1995) e Felfili (1993, 1995). Quanto ao recrutamento, a taxa de 2,5% ao ano encontra-se dentro dos padrões descritos por Felfili (1993,1995); Silva et al. (1995) e Oliveira-Filho, Mello e Scolforo (1997).

Na Tabela 4.4 é mostrada a frequência por classe diamétrica das árvores, sujeitas a avaliação no período 1987-92, incluindo o recrutamento, as árvores que permaneceram na classe diamétrica, as que mudaram para 1 classe acima e as que migraram para 2 classes acima daquela em que foram enquadrados por ocasião do inventário realizado em 1987.

Com o auxílio desta tabela foi obtida a matriz G de probabilidade inicial, cujos elementos são mostrados na Tabela 4.5 e assim interpretados: a probabilidade que uma árvore da classe de diâmetro 5 | 10 cm permaneça na mesma classe, após 5 anos, é de 0,7438 (573,0/770,4); a probabilidade que uma árvore desta mesma classe, cresça até a próxima classe (10 | 15 cm) em 5 anos é 0,1087 (83,7/770,4); a probabilidade que uma árvore da classe 5 | 10 cm cresça até a classe 15 | 20 cm em 5 anos é 0,0031 (2,4/770,4); a probabilidade de uma árvore desta classe morrer em 5 anos é 0,1445 (111,3/770,4).

As projeções baseadas nos períodos de 1992 à 1996 e de 1987 à 1996, seguiram a mesma lógica adotada no período de 1987 à 1992, como podem ser observadas no Anexo 4.1.

TABELA 4.4. Progressão de todas as árvores do povoamento, por classe de diâmetro, no período de 1987-92.

CENTRO DA CLASSE DIAMÉTRICA	ÁRVORES MOVIMENTANDO-SE NAS CLASSES DE DIÂMETRO			MORTAL.	TOTAL	RECRUT.
	0	1	2			
7,5	573,0	83,7	2,4	111,3	770,4	202,2
12,5	164,7	50,0	0,2	16,9	231,7	0,0
17,5	86,3	24,0	0,4	7,1	117,9	0,0
22,5	49,2	17,9	0,0	2,6	69,6	0,0
27,5	31,9	9,3	0,0	2,6	43,8	0,0
32,5	12,7	6,0	0,0	2,2	20,8	0,0
37,5	6,0	4,4	0,0	0,4	10,7	0,0
42,5	5,2	2,0	0,0	1,2	8,3	0,0
47,5	1,2	1,4	0,0	0,4	3,0	0,0
52,5	0,2	0,6	0,0	0,2	1,0	0,0
57,5	0,6	0,8	0,0	0,0	1,4	0,0
62,5	0,4	0,2	0,0	0,0	0,6	0,0
67,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
72,5	0,2	0,0	0,0	0,2	0,4	0,0
77,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0

A matriz G, da Tabela 4.5, apresenta na classe cujo valor central é 67,5 cm e 77,5 cm estado absorvente, ou seja, a probabilidade das árvores migrarem destas classes para as posteriores é zero. Neste caso haverá um “represamento” do número de árvores prognosticadas nesta classe. Assim, não é possível realizar prognose a longo prazo para a floresta em questão, e nem mesmo detector de há ou não o equilíbrio da distribuição diamétrica.

Na Tabela 4.6 é apresentada a projeção do número de árvores para o ano de 2012 com base nos períodos de 1987-92 e 1992-96 e para o ano de 2014 com base do período de 1987-96. Segundo Bruner e Moser Jr. (1973), esta é uma restrição do modelo, ou seja, o período de projeção só pode ser múltiplo daquele em que a matriz de transição foi construída.

Conforme mostra a Tabela 4.6, a prognose do número de árvores, baseada no período de 1987-92, apresenta um aumento progressivo do número de árvores/ha, para todas as classes de diâmetro. Já nos períodos de 1992 à 1996 e de 1987 à 1996, a classe 10 | 15 cm apresentou uma redução no número de árvores/ha, isto é, nestes períodos a mortalidade - que nessa classe foi de 11,3% em 1992-96 e 17,0% de 1987-96 - aliada ao baixo número de árvores recrutadas, contribuíram para essa redução. Na classe de 15 | 20 cm houve uma certa semelhança entre os valores de 1996 e os projetados, ou seja, esta classe absorveu os reflexos da classe 10 | 15 cm.

Ainda analisando estes dois períodos, notou-se que para as classes de diâmetro acima de 60 cm, ocorreu também uma redução do número de árvores projetadas. Este fato está ocorrendo devido à alta mortalidade (em termos relativos) nas duas classes anteriores, ou seja, no período de 1992-96 a mortalidade na classe de 50 | 55 cm é de 25% e de 50% na classe 55 | 60 cm; para 1987-96 a classe 50 | 55 cm apresentou uma taxa de 80% e de 57,14% na classe de 55 | 60 cm.

TABELA 4.5. Matriz inicial (G) de probabilidade de transição, por classe diamétrica, para o período de 1987-92.

	CLASSES DE DIÂMETRO														
	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5
7,5	0,7438														
12,5	0,1087	0,7106													
17,5	0,0031	0,2158	0,7323												
22,5		0,0009	0,2037	0,7066											
27,5			0,0034	0,2564	0,7285										
32,5					0,2127	0,6095									
37,5						0,2857	0,5556								
42,5							0,4074	0,6190							
47,5								0,2381	0,4000						
52,5									0,4667	0,2000					
57,5										0,6000	0,4286				
62,5											0,5714	0,6667			
67,5												0,3333	1,0000		
72,5														0,5000	
77,5															1,0000
MORT	0,1445	0,0728	0,0606	0,0370	0,0588	0,1048	0,0370	0,1429	0,1333	0,2000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000

TABELA 4.6. Projeção do número de árvores, por classe de diâmetro, com base nos três períodos estudados.

CENTRO DA CLASSE DIÂMÉTRICA	PERÍODOS					
	1987 à 1992		1992 à 1996		1987 à 1996	
	POPULAÇÃO EM:		POPULAÇÃO EM:		POPULAÇÃO EM:	
	1992	2012	1996	2012	1996	2014
7,5	573,0	783,3	563,3	660,3	400,6	680,0
12,5	248,4	276,7	222,4	177,4	218,8	211,4
17,5	138,7	183,5	148,8	145,6	148,8	161,7
22,5	73,4	97,3	81,1	99,8	80,1	94,6
27,5	50,2	68,4	48,2	50,5	48,2	54,6
32,5	22,0	29,3	26,4	33,2	26,2	27,2
37,5	11,9	15,4	12,3	15,2	12,1	12,2
42,5	9,5	13,1	9,1	9,2	9,2	8,4
47,5	3,2	4,4	4,6	6,0	4,6	3,9
52,5	1,6	2,3	1,6	2,6	1,6	1,8
57,5	1,2	1,9	0,4	0,6	0,4	0,3
62,5	1,2	2,2	1,2	0,5	1,2	0,3
67,5	0,4	1,9	0,6	0,3	0,6	0,3
72,5	0,2	0,0	0,4	0,2	0,4	0,1
77,5	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
82,5	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0
TOTAL	1135,1	1480,1	1120,6	1201,4	953,0	1256,7

Nas classes intermediárias da floresta ( 25 | 40 cm), onde encontra-se as árvores com maior incremento periódico médio e que alimentam as classes com potencial de aproveitamento em serraria e/ou laminação, ocorreu um aumento médio de 13,8% no número de árvores para o período de 1992 à 1996 e de 8,7% de 1987-96. A forma clássica de J-invertido é observada para as três situações projetadas, conforme Figura 4.2.

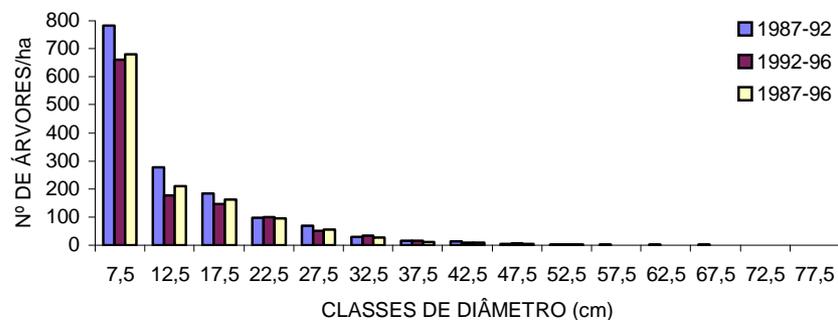


FIGURA 4.2. Evolução da floresta por classe de diâmetro.

O fato de assumir que as probabilidades de transição sejam dependentes somente do estado atual da floresta e que estas mesmas probabilidades, sejam mantidas constantes ao longo do tempo; segundo Bruner e Moser Jr. (1973) e Sanquetta et al. (1996a) são aspectos negativos do modelo, visto que diferentes padrões de crescimento não podem ser expressos por valores fixos.

#### 4.1 Consistência do modelo

Os resultados da análise de variância são apresentados nas Tabelas 4.7 e 4.8.

Pelos resultados apresentados na Tabela 4.7 não existe diferença significativa entre os períodos de 1987-92 e 1992-96, para a prognose do número de árvores envolvendo todas as classes diamétricas. O mesmo comportamento foi observado para as classes de diâmetro acima de 45 cm, conforme Tabela 4.8.

Pode-se inferir neste estudo, que apesar do fato mencionado, que não houve diferenças entre os períodos observados, ao nível de 5% de probabilidade, o que significa que se pode fazer uso de qualquer destes intervalos para efetuar com segurança a prognose da estrutura da floresta pelo

período de 20 anos. O método mostra-se sob este aspecto extremamente versátil já que no período 1987-92 a taxa de recrutamento (2,5%), sobrepujou a de mortalidade (2,0%) e em 1992-96 ocorreu fenômeno inverso, ou seja, taxa de recrutamento de 2,7% e a de mortalidade 3,6%. Embora Bruner e Moser Jr. (1973); Sanquetta et al. (1996a) e Viana (1990); Felfili (1993) e Scolforo, Pulz e Mello (1997), afirmarem que o padrão de crescimento de uma árvore não é fixo ao longo do tempo, fazendo-se necessário acompanhar as variações através de observações ao longo deste tempo, para assegurar a confiabilidade da estimativa.

TABELA 4.7. Análise de variância do número de árvore, para os dois períodos considerados, para todas as classes de diâmetro.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF
TRAT	1	2590,02	2590,02	3,352	0,08849
BLOCO	14	988855,90	70632,56	91,412	0,00000
RESÍDUO	14	10817,56	772,683		

CV= 31,098 %

TABELA 4.8. Análise de variância do número de árvore com DAP ≥ 45, para os dois períodos observados.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF
TRAT	1	0,5302433	0,5302433	0,730	*****
BLOCO	6	37,22355	6,203924	0,00978	0,0000
RESÍDUO	6	4,358173	0,7263622		

CV= 51,615 %

#### **4.2 Avaliação das prognoses dos três métodos, utilizados neste estudo, em dois períodos observados**

A partir das estimativas das frequências apresentadas na Tabela 4.9, foi possível comparar, através do esquema fatorial em blocos casualizados, as prognoses por classe de diâmetro para os períodos de 1987 à 1992 e de 1992 à 1996.

Conforme pode ser observado, nos resultados da análise de variância apresentados na Tabela 4.10, houve diferença significativa para períodos e blocos. O efeito de bloco (classes de diâmetro) foi altamente significativo, o que comprovou a eficiência deste em controlar as possíveis variações em função das diferentes dimensões dos indivíduos na floresta. Constatou-se também, que não houve diferenças entre os métodos utilizados. Isto pode ser explicado pela mesma concepção lógica entre os métodos nas estimativas das prognoses, uma vez que a base de dados é a mesma.

A diferença constatada entre os dois períodos comparados, pode ser explicada pelas mudanças ocorridas no comportamento da estrutura da floresta nativa os quais estão vinculados ao próprio processo de desenvolvimento desta, ou seja, se existe maior mortalidade então o novo espaço existente propiciará um maior recrutamento. A partir do momento que este aumenta, também aumenta a área basal e conseqüentemente aumenta a competição. Com maior competição haverá maior mortalidade e ciclicamente espera-se que este fenômeno se repita. Como a base de dados em floresta nativa tem histórico recente no Brasil, há dificuldade ainda de detectar de maneira objetiva o comportamento temporal destas variáveis, ou associado às variações da área basal ou mesmo ao número de árvores. Isto dificulta a modelagem eficiente da mortalidade e do recrutamento para fins de prognose. Este efeito na modelagem da frequência por classe diamétrica é altamente danoso, principalmente nas menores classes, conforme pode-se ver através das variações na Tabela 4.9.

TABELA 4.9. Prognose do número de árvores através das três metodologias.

CLASSES DE DIÂMETRO	PROJEÇÃO PARA 2012 COM BASE EM 1987-92			PROJEÇÃO PARA 2012 COM BASE EM 1992-96			PROJEÇÃO PARA 2014 COM BASE EM 1987-96		
	MÉTODOS			MÉTODOS			MÉTODOS		
	RAZÃO DE MOV.	MAR KOV	WAHLE NBERG	RAZÃO DE MOV.	MAR KOV	WAHLE NBERG	RAZÃO DE MOV.	MAR KOV	WAHLE NBERG
05   10	536,658	783,333	674,756	291,831	660,271	381,093	313,031	679,963	417,685
10   15	324,645	276,745	264,422	178,346	177,428	123,183	236,762	211,362	167,117
15   20	226,020	183,514	187,706	141,919	145,595	132,600	177,076	161,709	146,273
20   25	120,614	97,344	99,101	103,247	99,792	97,359	87,724	94,617	89,273
25   30	65,269	68,445	68,077	56,622	50,489	47,076	48,216	54,617	49,922
30   35	36,048	29,342	28,436	31,674	33,245	33,593	31,068	27,198	27,711
35   40	22,452	15,400	15,595	20,270	15,198	15,324	17,429	12,167	14,009
40   45	16,327	13,099	12,733	11,851	9,179	9,072	11,853	8,433	8,711
45   50	5,787	4,425	4,437	7,477	6,003	6,065	4,578	3,876	4,411
50   55	3,060	2,256	2,318	3,414	2,583	2,611	2,571	1,759	2,326
55   60	2,047	1,938	2,266	0,749	0,575	0,106	0,688	0,278	0,357
60   65	2,616	2,187	2,331	0,442	0,539	0,976	0,532	0,350	1,190
65   70	1,104	1,891	1,908	0,165	0,298	0,248	0,556	0,265	0,198
70   75	0,572	0,025	0,000	0,739	0,198	0,198	0,662	0,099	0,397
75   80	0,153	0,198	0,198	0,187	0,000	0,000	0,078	0,000	0,000
80   85	0,275			0,472		0,198	0,198		0,198
85   90							0,111		
TOTAL	1363,648	1480,143	1364,286	849,405	1201,395	849,702	935,516	1256,692	929,780

TABELA 4.10. Análise de variância do número de árvore/ha, para as três metodologias aplicadas.

FV	GL	SQ	QM	F	SIGNIF
PERÍODOS (P)	1	19008,66988	19008,66988	7,054	0,0098
MÉTODOS (M)	2	4877,40276	2438,70138	0,905	0,4092
P x M	2	1236,22806	618,11403	0,229	0,7956
BLOCO	14	1852230,60109	132302,18579	49,097	0,0000
ERRO	70	188631,08936	2694,72985		
TOTAL	89	2065983,99115			

## 5 CONCLUSÕES

O método da matriz de transição mostrou-se eficiente para fins de prognose da estrutura diamétrica, independente do período de medição, apesar de ter sido detectada mudança na estrutura da floresta, particularmente da taxa de recrutamento e de mortalidade.

Os métodos da matriz de transição, razão de movimentação de diâmetro e Wahlenberg apresentaram mesmo grau de eficiência para fins de prognose da estrutura da floresta, como um todo. A nível da frequência por classe diamétrica, estes métodos apresentaram desempenho diferenciado. O mesmo fato foi constatado para os diferentes períodos de avaliação. Neste caso, pelo menos, um dos métodos foi sensível as mudanças na estrutura da floresta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, P.A. **Idade relativa como subsídio à determinação de ciclo de corte no manejo sustentável de povoamentos florestais nativos**. Viçosa: UFV, 1993. 199 p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).
- AVERY, T.E.; BURKHART, H.E. **Forest measurements**. New York: McGRAW-HILL, 1994, 432 p.
- AZEVEDO, C.P. **Predição da distribuição diamétrica de povoamentos florestais inequianos pelo emprego da matriz de transição**. Viçosa: UFV, 1993. 118 p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).
- AZEVEDO, C.P.; SOUZA, A.L.; JESUS, R.M. Um modelo de matriz de transição para prognose do crescimento de um povoamento natural remanescente não manejado de mata Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 187-199, abr./jun. 1995.
- BARRETO, P.G.B.; UHL, C.; YARED, O. potencial de produção sustentável de madeira em Paragominas, PA; na Amazônia Oriental: considerações ecológicas e econômicas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO,

- 7; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, Curitiba, 1993. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. p. 387-392.
- BINKLEY, C.S. Is Succession in hardwood forests a stationary Markov process ? **Forest Science**, Washington, v. 26, n. 4, p. 566-570, Dec. 1980.
- 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**, Washington, v. 26, n. 4, p. 609-625, Dec. 1980.
- CONDIT, R.; HUBBELL, S.P.; FOSTER, R.B. Demography and harvest tropical of Latin American timber species: data from a large, permanent plot in Panamá. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 7, n. 4, p. 599-622. 1995.
- CURI, N.; LIMA, J.M.; ANDRADE, H. GUALBERTO, V. Geomorfologia, física, química e mineralogia dos principais solos da região de Lavras (MG). **Ciência e Prática**, Lavras, v. 14, p.297-307, set./dez. . 1990.
- DAVIS, K.P. **Forest management: regulation and valuation**. New York: McGRAW-HILL, 1966. 519 p.
- DAVIS, L.S.; JOHNSON, K.N. **Forest management**. 3 ed. . USA: McGRAW-HILL, 1987. 790 p.
- DE GRAAF, N.R. **A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname**. Wageningen: Agricultural University, 1986. 250 p.
- DE GROOT, M.H. **Probability and statistics**. California: Addison-Wesley Publishing. 1989. 723 p.
- ENRIGHT, N.; OGDEN, J. Application of transition matrix models in forest dynamics: *Araucaria* in Papua New Guinea and *Nothofagus* in New Zealand. **Australian Journal of Ecology**, v.4, p. 3-23. 1979.
- FELFILI, J.M. **Structure and dynamics of a gallery forest in central Brazil**. Oxford: University of Oxford, 1993, 198p. (Thesis-Ph D.).

- FELFILI, J.M. Growth, recruitment and mortality in the Gama Gallery forest in central Brazil over a six-year period (1985-1991). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.11, n. 1, p. 67-83, Feb. 1995.
- FREITAS, J.V.; HIGUCHI, N. Projeções da distribuição diamétrica de uma floresta tropical úmida de terra firme pela cadeia de Markov In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, Curitiba, 1993. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF 1993. p. 545-548.
- HIGUCHI, N.; **Short-term growth of an undisturbed tropical moist forest in the brazilian Amazon**. Michigan: Michigan State University. 1987. 129 p. (Thesis-Ph D.).
- HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest mensuration**. New York: McGRAW-HILL, 1982. 397 p.
- JESUS, R.M.; SOUZA, A.L.; GARCIA, A. **Produção sustentável de floresta Atlântica**. Viçosa: SIF, 1992. 128 p. ( Documentos SIF, 7).
- LEFKOVITCH, L.P. The study of population growth in organisms grouped by stages. **Biometrics**, Tucson, v. 2, n. 1, p. 1-18, Mar. 1965.
- LESLIE, P.H. On the use of matrices in certain population mathematics. **Biometrika**, London, v. 33, n. 3, p. 183-212, Nov. 1945.
- LESLIE, P.H. Some further notes on the use of matrices in population mathematics. **Biometrika**, London, v. 35, n.3/4, p. 214-245, Dec. 1948.
- LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. Forest tree growth and dynamics at la selva, Costa Rica (1969-1987). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.3, n. 3, p. 347-358, Ago. 1987.
- MENDOZA, G.A ; SETYARSO, A . Transition matrix forest growth model for evaluating alternative harvesting schemes in Indonesia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 15, p. 219-228. 1986.
- MICHIE, B.R.; BUONGIORNO, J. Estimation of a matrix model of forest growth from re-measured permanent plots. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 18, p. 127-135, 1984.

- MICHIE, B.R.; McCANDLESS, F.D. A matrix model of oak-hickory stand management and valuing forest land. **Forest Science**, Bethesda, v. 32, n. 3, p. 759-768, Sept. 1986.
- OLIVEIRA FILHO, A T.; MELLO, J.M.; SCOLFORO, J.R.S. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987/1992). **Plant Ecology**, Belgium, v. 131, p. 45-66, 1997.
- OLIVEIRA FILHO, A.T.; SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M. Composição florística e estrutura comunitária de um remanescente de floresta semidecídua montana em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 167-182, dez. 1994.
- OSHO, J.S.A . Matrix model for tree population projection in a tropical rain forest south-western Nigeria. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v.59, p. 247-255, 1991.
- SANQUETTA, C.R.; ANGELO, H.; BRENA, D.A.; MENDES, J.B. Predição da distribuição diamétrica, mortalidade e recrutamento de floresta natural com matriz Markoviana de potência. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 24, n. 1/2, p. 23-26, jul. 1996a.
- SANQUETTA, C.R.; ANGELO, H.; BRENA, D.A.; MENDES, J.B. Matriz de transição para simulação da dinâmica de florestas naturais sob diferentes intensidades de corte. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 65-78, nov. 1996b.
- SCOLFORO, J.R.S. **Mensuração Florestal**: Módulo 6. Modelos de Crescimento e Produção. Lavras: ESAL/FAEPE, 1995. Pt. 2. 243 p.
- SCOLFORO, J.R.S.; PULZ, F.A .; MELLO, J.M. Modelagem da produção, idade da florestas nativas, distribuição espacial da espécies e a análise estrutural. In: SCOLFORO, J.R.S. **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. Cap.5, p. 189-245.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v. 30, n.3, p. 507-512, Sept. 1974.

- SILVA, J.N.M. **The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging**. Oxford: University of Oxford, 1989, 302 p. (Thesis-Ph D.).
- SILVA, J.N.M. Possibilidades de produção sustentada de madeira em floresta densa de terra-firme da Amazônia brasileira. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais...**Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. p. 39-46.
- SILVA, J.N.M. **Possibilidades para a produção sustentada de madeira em floresta densa de terra-firme da Amazônia brasileira**. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1993. 36 p. (Documentos, 23).
- SILVA, J.N.M.; De CARVALHO, J.O .P.; LOPES, J.D.A .; De ALMEIDA, B.F.; COSTA, D.H.M.; De OLIVEIRA, L.C.; VANCLAY, J.K.; SKOVSGAARD, J.P. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 71, n. 3, p. 267-274. Feb. 1995.
- SOLOMON, D.S.; HOSMER, R.A.; HAYSLETT Jr., H.T. A two-stage matrix model for predicting growth of forest stands in the northeast. **Canadian Journal of Forest Research**, Ontario, v. 16, p. 521-28, 1986.
- SOUZA, A.L.; ARAÚJO, P.A.; CAMPOS, J.C.C.; NETO, F.P. de. Dinâmica de crescimento em diâmetro de uma floresta primária sem interferência: uma análise pelo tempo de passagem entre classes diamétricas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 129-145, maio/ago. 1993.
- USHER, M.B. A Matrix approach to the management of renewable resources, with special reference to selection forests. *Journal of Applied Ecology*, ..., v. 3, p. 355-367, 1966.
- VALE, L.C.C.; SCOLFORO, J.R.S.; MOTTA, R.S.; AYRES, N.P. **Documento básico para desenvolvimento de plano estratégico para promoção do manejo florestal sustentado**. Relatório de consultoria nº 11. Belo Horizonte: Del Rey Serviços de Engenharia, 1994. 203 p.
- VANCLAY, J.K. **Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests**. Copenhagen: CAB International, 1994. 312 p.

VANCLAY, J.K. Growth models for tropical forests: a synthesis of models and methods. **Forest Science**, Bethesda, v. 41, n. 1, p. 7-42, Feb.1995.

VIANA, V.M. Biologia e manejo de fragmentos de florestas naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO , 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais...** Campos do Jordão: SPS/SBEF, 1990. v 1, p.113-118.

VILELA, E.A.; RAMALHO, M.A.P. Análise das temperaturas e precipitação pluviométrica de Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 71-79, jan./jun. 1979.

## **ANEXOS**

## ANEXO 4.1

TABELA 4.11. Progressão de todas as árvores do povoamento, por classe de diâmetro no período de 1992-96.

Centro da Classe Diamétrica	0 CLASSE	1 CLASSE	2 CLASSES	MORTAL.	TOTAL	RECRUT.
7,5	563,3	46,2	0,6	129,2	739,3	147,6
12,5	176,2	44,0	0,2	28,0	248,4	1,2
17,5	104,2	24,2	0,2	10,1	138,7	0,0
22,5	56,7	10,9	0,2	5,6	73,4	0,0
27,5	37,1	8,9	0,2	4,0	50,2	0,0
32,5	17,3	3,8	0,0	1,0	22,0	0,0
37,5	8,3	2,6	0,0	1,0	11,9	0,0
42,5	6,5	2,6	0,0	0,4	9,5	0,0
47,5	2,0	0,8	0,0	0,4	3,2	0,0
52,5	0,8	0,4	0,0	0,4	1,6	0,0
57,5	0,0	0,6	0,0	0,6	1,2	0,0
62,5	0,6	0,6	0,0	0,0	1,2	0,0
67,5	0,0	0,2	0,0	0,2	0,4	0,0
72,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
77,5	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0

TABELA 4.12. Matriz inicial (G) de probabilidades de transição, por classe de diâmetro, para o período de 1992-96.

	CLASSES DE DIÂMETRO														
	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5
7,5	0,7619														
12,5	0,0625	0,7093													
17,5	0,0008	0,1773	0,7511												
22,5		0,0008	0,1745	0,7730											
27,5			0,0014	0,1486	0,7391										
32,5					0,1779	0,7838									
37,5						0,1712	0,7000								
42,5							0,2167	0,6875							
47,5								0,2708	0,6250						
52,5									0,2500	0,5000					
57,5										0,2500	0,0000				
62,5											0,5000	0,5000			
67,5												0,5000	0,0000		
72,5														1,0000	
77,5															0,0000
82,5															1,0000
MORT	0,1747	0,1126	0,0730	0,0784	0,0830	0,0450	0,0833	0,0417	0,1250	0,2500	0,5000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000

TABELA 4.13. Progressão de todas as árvores do povoamento, por classe de diâmetro no período de 1987-96.

Centro da Classe Diamétrica	0 CLASSE	1 CLASSE	2 CLASSES	MORTAL.	TOTAL	RECRUT.
7,5	400,6	108,3	12,9	248,6	770,4	310,3
12,5	110,5	73,2	8,5	39,5	231,7	4,8
17,5	62,7	35,3	2,4	17,5	117,9	0,0
22,5	36,3	23,6	2,0	7,7	69,6	0,0
27,5	22,2	14,9	1,2	5,6	43,8	0,0
32,5	9,3	7,3	0,8	3,4	20,8	0,0
37,5	3,6	5,4	0,8	1,0	10,7	0,0
42,5	3,0	3,4	0,2	1,8	8,3	0,0
47,5	0,4	1,4	0,2	1,0	3,0	0,0
52,5	0,0	0,2	0,4	0,4	1,0	0,0
57,5	0,0	0,6	0,4	0,4	1,4	0,0
62,5	0,2	0,2	0,2	0,0	0,6	0,0
67,5	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0
72,5	0,2	0,0	0,0	0,2	0,4	0,0
77,5	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0

TABELA 4.14. Matriz inicial (G) de probabilidades de transição, por classe de diâmetro, para o período de 1987-96.

	CLASSES DE DIÂMETRO														
	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5	77,5
7,5	0,5200														
12,5	0,1406	0,4769													
17,5	0,0167	0,3159	0,5320												
22,5		0,0368	0,2997	0,5214											
27,5			0,0202	0,3390	0,5068										
32,5					0,3394	0,4476									
37,5						0,3524	0,3333								
42,5							0,5000	0,3571							
47,5								0,4048	0,1333						
52,5									0,4667	0,0000					
57,5										0,2000	0,0000				
62,5											0,4286	0,3333			
67,5												0,3333	0,0000		
72,5														0,5000	
77,5															0,0000
82,5															1,0000
MORT	0,3227	0,1704	0,1481	0,1396	0,1538	0,2000	0,1667	0,2381	0,4000	0,8000	0,5714	0,3333	1,0000	0,5000	0,0000

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, D.M.; EK, A.R. Optimizing the Management of Uneven-Aged Forest Stands. **Canadian Journal Forest Research**, Ontario, v. 4, p. 274-287, 1974.
- ARAÚJO, P.A. **Idade Relativa como Subsídio à Determinação de Ciclo de Corte no Manejo Sustentável de Povoamentos Florestais Nativos**. Viçosa: UFV, 1993. 199 p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).
- ASSMANN, E. The principles of forest yield study. Oxford, Pergamon Press, 1970. 506 p.
- AVERY, T.E.; BURKHART, H.E. **Forest Measurements**. New York: McGRAW-HILL, 1994, 432 p.
- AZEVEDO, C.P. **Predição da distribuição diamétrica de povoamentos florestais inequianos pelo emprego da matriz de transição**. Viçosa: UFV, 1993. 118 p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).
- AZEVEDO, C.P.; SOUZA, A.L.; JESUS, R.M. Um modelo de matriz de transição para prognose do crescimento de um povoamento natural remanescente não manejado de mata Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 187-199, abr./jun. 1995.
- BARRETO, P.G.B.; UHL, C.; YARED, O. Potencial de produção sustentável de madeira em Paragominas, PA; na Amazônia oriental: considerações ecológicas e econômicas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, Curitiba, 1993. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993, p. 387-392.
- BINKLEY, C.S. Is succession in hardwood forests a stationary Markov process ? **Forest Science**, Washington, v. 26, n. 4, p. 566-570, Dec. 1980.
- BOLDRINI, J.L.; COSTA, S.I.R.; FIGUEIREDO, V.L.; WETZLER, H.G. **Álgebra linear**. São Paulo: Harper e Row do Brasil, 1980. 411 p.
- BOLTON, R.K.; MELDAHL, R.S. Predicting growth for mixes pine hardwood stands - approaches, problems, and future. In: **FIFTH BIENAL**

- SOUTHERS SILVICULTURAL RESEARCH.** Memphis: TN, 1988. p. 415-419
- BOYCHUK, D.; MARTELL, D.L. A Markov chain model for evaluating seasonal forest fire fighter requirements. **Forest Science**, Bethesda, v. 34, n. 3, p. 647-661, Sept. 1988.
- BUONGIORNO, J.; MICHIE, B.R. A matrix model of uneven-aged forest management. **Forest Science**, Washington, v. 26, n. 4, p. 609-625, Dec. 1980.
- CONDIT, R.; HUBBELL, S.P.; FOSTER, R.B. Demography and harvest tropical of Latin American timber species: data from a large permanent plot in Panamá. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 7, n. 4, p. 599-622. 1995.
- CONNELL, J. A. TRACEY, J. G.; WEBB, L. J.; Compensatory recruitment, growth and mortality as factors maintaining rain forest tree diversity. **Ecological Monographs**, Tempe, v. 54, n. 2, p. 141-164. June 1984.
- CRUZ, E.C. Situação atual da silvicultura e do manejo florestal sustentado em áreas de várzea aluvial. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: "O desafio das florestas neotropicais", Curitiba, 1991. **Anais ...** Curitiba: FUPEF, 1991. p. 59-76.
- CUNHA NETO, F. R. da. **Sistema para predição presente e futura da produção por classe de diâmetro utilizando a função Weibull, para *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*.** Lavras: ESAL, 1994. 157 p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).
- CURI, N.; LIMA, J.M.; ANDRADE, H. GUALBERTO, V. Geomorfologia, física, química e mineralogia dos principais solos da região de Lavras (MG). **Ciência e Prática**, Lavras, v. 14, p.297-307, set./dez. . 1990.
- CURTIS, R.O. **A study of gross yield in douglas fir.** Washington: University of Washington, 1965 ( Ph. D. Thesis).
- DAVIS, K.P. **Forest management:** regulation and valuation. New York: McGRAW-HILL, 1966. 519 p.
- DAVIS, L.S.; JOHNSON, K.N. **Forest management.** 3 ed. USA: McGRAW-HILL, 1987: 790 p.

- DE GRAAF, N.R. **A Silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname.** Wageningen: Agricultural University, 1986. 250 p.
- DOUBLEDAY, W.G. Harvesting in matrix population models. **Biometrics**, Raleigh, v. 31, n. 1, p. 189-200, Mar. 1975.
- FELFILI, J. M. **Structure and dynamics of a gallery forest in central Brazil.** Oxford: University of Oxford, 1993, 180 p. (Thesis- Ph. D).
- FELFILI, J.M. Growth, recruitment and mortality in the Gama gallery forest in central Brazil over a six-year period (1985-1991). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.11, n. 1, p. 67-83, Feb. 1995.
- FREITAS, J.V.; HIGUCHI, N. Projeções da distribuição diamétrica de uma floresta tropical úmida de terra firme pela cadeia de Markov In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, Curitiba, 1993. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF 1993. p. 545-548.
- GARIPP, R.C.; OLIVEIRA, A. S. Incentivos fiscais: o brasil parando no tempo. **Silvicultura**, São Paulo, v. 18, n. 72, p. 24-28, jul./ago. 1997.
- HARRISON, T.P.; MICHIE, B.R. A Generalized approach to the use of matrix growth models. **Forest Science**, Bethesda, v. 31, n. 4, p. 850-56, Dec. 1985.
- HASSLER, C.C.; DISNEY, R.L.; SINCLAIR, S.A. A discrete state, continuous parameter Markov process approach to timber harvesting systems analysis. **Forest Science**, Bethesda, v. 34, n. 2, p. 276-91, June 1988.
- HIGUCHI, N.; **Short-term growth of an undisturbed tropical moist forest in the brazilian Amazon.** Michigan: Michigan State University. 1987. 129 p. (Thesis- Ph. D).
- HIGUCHI, N.; VIEIRA, G. Manejo sustentado da floresta tropical úmida de terra-firme na região de Manaus - um projeto de pesquisa do INPA. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. p. 34-37.
- HOEL, P.G.; PORT, S.C.; STONE, C.J. **Introduction to stochastic processes.** Boston: Houghton Mifflin Company. 1972. 203 p.

- HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest mensuration**. New York: McGRAW-HILL, 1982. 397 p.
- JESUS, R.M.; MENANDRO, M.S.; THIBAU, C.E. Manejo florestal em Buriticupu. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, Belém, 1984. **Anais ...** Belém: 1984a.
- JESUS, R.M.; MENANDRO, M.S.; THIBAU, C.E. **Produção sustentada em mata secundária de transição**. Departamento de Florestas Tropicais - FRDSA. 1984b.
- JESUS, R.M.; MENANDRO, M.S. **Produção sustentada em floresta Amazônica**. Departamento de Florestas Tropicais - FRDSA. 1984.
- JESUS, R.M.; SOUZA, A.L.; GARCIA, A. **Produção sustentável de floresta Atlântica**. Viçosa: SIF, 1992. 128 p. ( Documentos SIF, 7).
- JOHNSON, S.E.; FERGUSON, I.S.; RONG-WEI, L. Evaluation of a stochastic diameter growth model for mountain Ash. **Forest Science**, Bethesda, v. 37, n. 6, p. 1671-1681, 1991.
- LAMMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas, possibilidades e método de aproveitamento sustentado**. Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.
- LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. Forest tree growth and dynamics at la selva, Costa Rica (1969-1987). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.3, n. 3, p. 347-358, Ago. 1987.
- LINCH, T.B.; MOSER JR., J.W. A growth model for mixed species stands. **Forest Science**, Bethesda, v. 32, n.3, p. 697-706, Sept. 1986.
- LIPPE, E.; SMIDT, J.T.; GLENN-LEWIN, D.C. Markov models and succession: a test from a Heathland in the Netherlands. **Journal of Ecology**, London, v. 73, n.3, p. 775-791, Nov. 1985.
- MAGNUSSEN, S. A continuous-time Markov chain for early selections. **Forest Science**, Bethesda, v. 39, n. 4, p. 845-850, Nov. 1993.

- MANDERS, P.T. A transition matrix model of the population dynamics of the clanwillian cedar (*Widdringtonia cedarbergensis*) in natural stands subject to fire. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 20, p. 171-186, 1987.
- MICHIE, B.R.; BUONGIORNO, J. estimation of a matrix model of forest growth from re-measured permanent plots. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 18, p. 127-135, 1984.
- MICHIE, B.R.; McCANDLESS, F.D. A matrix model of oak-hickory stand management and valuing forest land. **Forest Science**, Bethesda, v. 32, n. 3, p. 759-768, Sept. 1986.
- MOSER JR., J.W. Dynamics of an uneven-aged forest stand. **Forest Science**, Washington, v. 18, n. 3, p. 184-191, Sept. 1972.
- OLIVEIRA FILHO, A T.; MELLO, J.M.; SCOLFORO, J.R.S. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987-1992). **Plant Ecology**, Belgium, v. 131, p. 45-66, Feb. 1997.
- OLIVEIRA FILHO, A.T.; SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M. Composição florística e estrutura comunitária de um remanescente de floresta semidecídua montana em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 167-182, dez. 1994.
- PARZEN, E. **Teoria moderna de probabilidades y sus aplicaciones**. México, DC, Limusa, 1973. 509 p.
- PEDEN, L.M.; WILLIAMS, J.S.; FRAYER, W.E. A Markov model for stand projection. **Forest Science**, Washington, v. 19, n. 4, p. 303-14, Dec. 1973.
- PIRES, J.M.; PRANCE, G.T. The Amazon forest: a natural heritage to be preserved. In: PRANCE, G. T.; ELIAS, E. S. **Extinction is forever. Threatened and endangered species of plants in the Americas and their significance in ecosystems today and in the future**. New York, p. 158-194. 1977. (Proceedings of a symposium held at the New York Botanic Garden).
- ROBERTS, M.R.; HRUSK, A.J. Predicting diameter distributions: a test of the stationary Markov model. **Canadian Journal of Forest Research**, Ontario, v. 16, p. 130-35, 1986.

- SANQUETTA, C.R. **Princípios de simulação aplicados ao planejamento da produção florestal**. Curitiba: UFPR. 1995 p. 55.(Apostila do Curso de Pós-Graduação em engenharia Florestal).
- SANQUETTA, C.R.; ANGELO, H.; BRENA, D.A.; MENDES, J.B. Predição da distribuição diamétrica, mortalidade e recrutamento de floresta natural com matriz Markoviana de potência. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 24, n. 1/2, p. 23-26, jul. 1996a.
- SANQUETTA, C.R.; ANGELO, H.; BRENA, D.A.; MENDES, J.B. Matriz de transição para simulação da dinâmica de florestas naturais sob diferentes intensidades de corte. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 65-78, nov. 1996b.
- SCOLFORO, J.R.S. **Modelos para expressar o crescimento e a produção florestal: parte 1**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 182 p.
- SCOLFORO, J.R.S. **Mensuração Florestal**: módulo 6. modelos de crescimento e produção. Lavras: ESAL/FAEPE, 1995. Parte 2. 243 p.
- SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M.; LIMA, C.S.A. Obtenção de relações quantitativas para estimativa de volume do fuste em floresta estacional semidecídua montana. **Cerne**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 123-134, 1994.
- SCOLFORO, J.R.S.; PULZ, F.A. ; MELLO, J.M.; OLIVEIRA FILHO, A . T. Modelo de produção para floresta nativa como base para manejo sustentado. **Cerne**, Lavras, v.2, n.1, p. 112-137, 1996.
- SCOLFORO, J.R.S.; PULZ, F.A. ; MELLO, J.M. Modelagem da produção, idade de florestas nativas, distribuição espacial de espécies e a análise estrutural. In: SCOLFORO, J,R.S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. Cap.5, p. 189-245.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v. 30, n.3, p. 507-512, Sept. 1974.
- SHAMBLIN, J. E.; STEVENS Jr., G.T. **Pesquisa operacional**: uma abordagem básica. Tradução por Carlos Roberto Vieira de Araujo. São Paulo: Atlas, 1989. P. 426. Tradução de: Operations research.

- SILVA, J.N.M. **The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging**. Oxford: University of Oxford, 1989, 302 p. (Thesis-Ph D.).
- SILVA, J.N.M. Possibilidades de produção sustentada de madeira em floresta densa de terra-firme da Amazônia brasileira. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais...**Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. p. 39-46.
- SILVA, J.N.M. **possibilidades para a produção sustentada de maneira em floresta densa de terra-firme da Amazônia brasileira**. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1993. 36 p. (Documentos, 23).
- SILVA, J.N.M.; De CARVALHO, J.O .P.; LOPES, J.D.A .; De ALMEIDA, B.F.; COSTA, D.H.M.; De OLIVEIRA, L.C.; VANCLAY, J.K.; SKOVSGAARD, J.P. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 71, n. 3, p. 267-274. Feb. 1995.
- SOLOMON, D.S.; HOSMER, R.A.; HAYSLETT Jr., H.T. A two-stage matrix model for predicting growth of forest stands in the northeast. **Canadian Journal of Forest Research**, Ontario, v. 16, p. 521-28, 1986.
- SOUZA, A.L. de. **Análise multivariada para manejo de florestas naturais: alternativas de produção sustentada de madeira para serraria**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1989. 255 p. (Tese - Doutorado em Engenharia Florestal).
- SOUZA, A.L.; ARAÚJO, P.A.; CAMPOS, J.C.C.; NETO, F.P. de. Dinâmica de crescimento em diâmetro de uma floresta primária sem interferência: uma análise pelo tempo de passagem entre classes diamétricas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 129-45, maio/ago. 1993.
- SPURR, S.H. **Forestry inventory**. New York: Ronald Press: 1952. 476 p.
- SWAINE, M. D.; LIEBERMAN, D.; PUTZ, F. E.; The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 3, p. 359-366. 1987.

- THIBAU, C.E.; CARDOSO, E.M.; DIAS, G.B.N.; JESUS, R.M. Ensaio de produção sustentada. **Silvicultura**, São Paulo, v. 3, n. 28, p. 456-467. jan./fev.1982. (Congresso Florestal Brasileiro, 4, Belo Horizonte, 1982).
- TURNBULL, K.V. **Population dynamics in mixed forest stands. a system of mathematical models of mixed stand growth and structure**. Washington: University of Washington, 1963. 186 p. (Tese - Doutorado em Engenharia Florestal).
- UHL, C.; VERÍSSIMO, A.; MATTOS, M.; BRANDINO, Z.; VIEIRA, I.C.G. **Impactos sociais, econômicos e ecológicos da exploração seletiva de madeira numa região de fronteira da Amazônia oriental: o caso de Tailândia**. In; FOREST'90: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL STUDIES ON TROPICAL RAIN FOREST, 1, Rio de Janeiro, 1990. **Anais...** Rio de Janeiro: IBGE,1990. p. 276-303.
- UHL, C.; VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; MATTOS, M.; TARIFA, R. A evolução da fronteira Amazônica: oportunidade para um desenvolvimento sustentável. **Revista Pará Desenvolvimento**, Belém, p. 13-21, jun. 1992. (Edição Especial).
- UHL, C.; VIEIRA, I.C.G. Seleção Predatória. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, p. 108-115, dez. 1991. (Volume Especial Amazônia).
- USHER, M.B. A matrix model for forest management. **Biometrics**, Tucson, v. 25, n. 2, p. 309-15, June 1969.
- VALE, L.C.C.; SCOLFORO, J.R.S.; MOTTA, R.S.; AYRES, N.P. **Documento básico para desenvolvimento de plano estratégico para promoção do manejo florestal sustentado**. Relatório de consultoria nº 11. Belo Horizonte: Del Rey Serviços de Engenharia, 1994. 203 p.
- VALENTINE, H.T.; FURNIVAL, G.M. Projections with Ingrowth by Markov chains. **Forest Science**, Bethesda, v. 35, n. 1, p. 245-50, Mar. 1989.
- VANCLAY, J.K. **Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests**. Copenhagen: CAB International, 1994. 312 p.
- VANCLAY, J.K. Growth models for tropical forests: a synthesis of models and methods. **Forest Science**, Bethesda, v. 41, n. 1, p. 7-42, Feb.1995.

- VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; MATTOS, M.; TARIFA, R.; UHL, C. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an oriental Amazonian frontier: the case of Paragominas. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 55, p. 169-199. 1992.
- VIANA, V.M. Biologia. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO , 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais...** Campos do Jordão: SPS/SBEF, 1990. v 1, p.113-118.
- VIDAL, E.; GERWING, J. BARRETO, P.; AMARAL, P.; JOHNS, J. **Redução de desperdícios na produção de madeira na Amazônia**. Ananindeua - PA: IMAZON, 1997. 18 p. (Série Amazônia nº 5).
- VILELA, E.A.; RAMALHO, M.A.P. Análise Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 71-79, jan./jun. 1979.
- VOLPATO, M.M.L. **Regeneração natural em uma floresta secundária no domínio de mata Atlântica: Uma Análise Fitossociológica**. Viçosa: UFV, 1994. 123 p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).
- YARED, J.A.; SOUZA, A.L. **Análise dos impactos ambientais do manejo de florestas tropicais**. Viçosa: UFV, 1993. 38 p. ( Documentos SIF, 9).