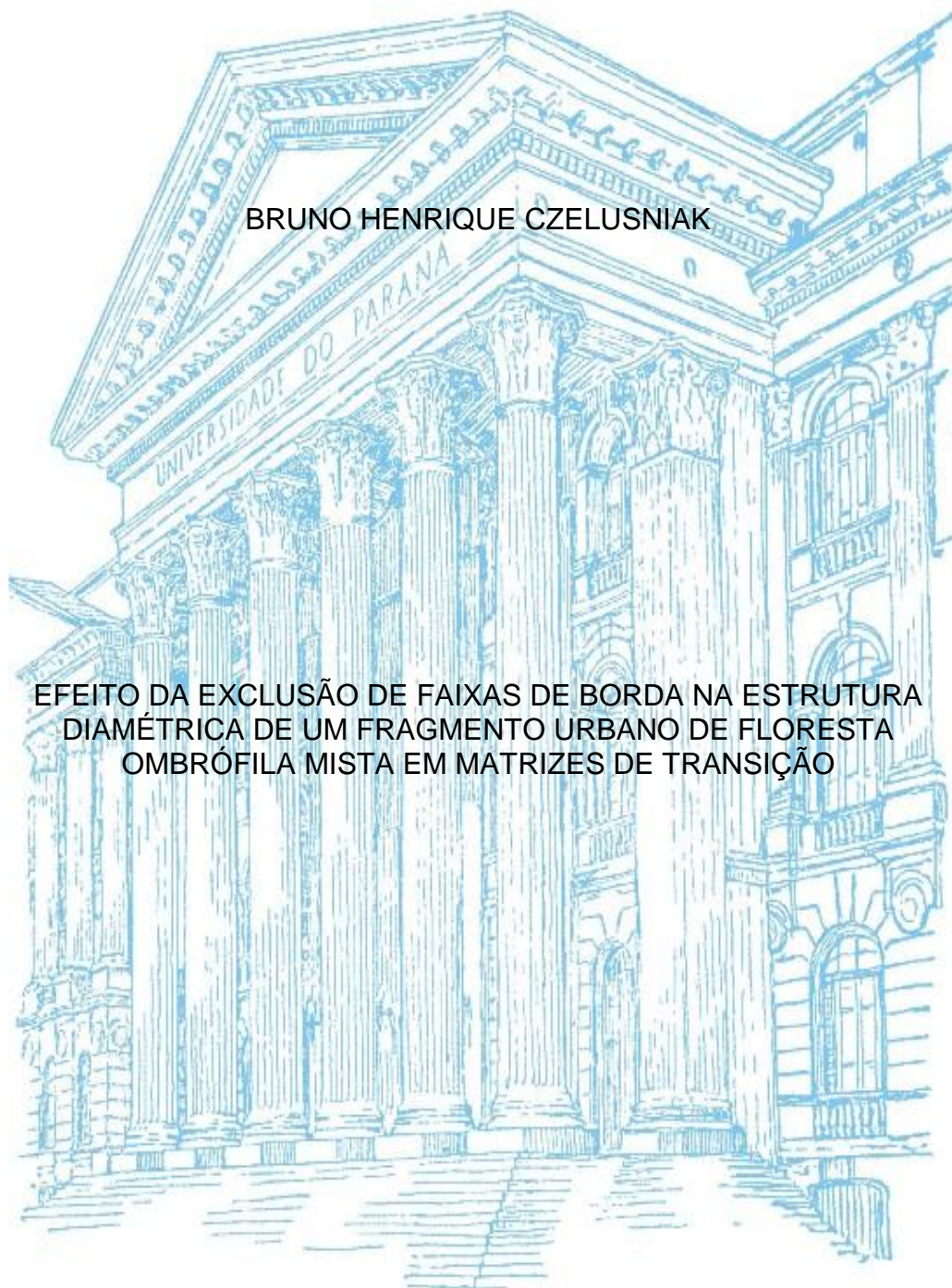


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNO HENRIQUE CZELUSNIAK



EFEITO DA EXCLUSÃO DE FAIXAS DE BORDA NA ESTRUTURA  
DIAMÉTRICA DE UM FRAGMENTO URBANO DE FLORESTA  
OMBRÓFILA MISTA EM MATRIZES DE TRANSIÇÃO

CURITIBA  
2014

BRUNO HENRIQUE CZELUSNIAK

EFEITO DA EXCLUSÃO DE FAIXAS DE BORDA NA ESTRUTURA DIAMÉTRICA  
DE UM FRAGMENTO URBANO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA EM  
MATRIZES DE TRANSIÇÃO

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Manejo Florestal, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Setor de Ciência Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

Co-orientadores: Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho  
Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta

CURITIBA  
2014

Ficha catalográfica elaborada por Denis Uezu – CRB 1720/PR  
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Czelusniak, Bruno Henrique

Efeito da exclusão de faixas de borda na estrutura diamétrica de um fragmento urbano de floresta ombrófila mista em matrizes de transição / Bruno Henrique Czelusniak . – 2014  
80 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

Coorientadores: Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho

Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 06/03/2014.

Área de concentração: Manejo Florestal

1. Dinâmica florestal. 2. Manejo florestal – Metodologia. 3. Teses. I. Machado, Sebastião do Amaral . II. Figueiredo Filho, Afonso. III. Sanquetta, Carlos Roberto. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

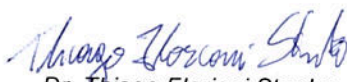
CDU – 634.0.182.21




Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da  
Madeira  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

**PARECER**  
Defesa nº. 1030

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) mestrando(a) *Bruno Henrique Czelusniak* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**EFEITO DA EXCLUSÃO DE FAIXAS DE BORDA NA ESTRUTURA DIAMÉTRICA DE UM FRAGMENTO URBANO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA EM MATRIZES DE TRANSIÇÃO**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em **MANEJO FLORESTAL**.

  
**Dr. Thiago Floriani Stepka**  
Universidade do Contestado  
Primeiro examinador

  
**Dr. Ana Paula Dalla Corte**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
Segundo examinador

  
**Dr. Sebastião do Amaral Machado**  
Universidade Federal do Paraná  
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 06 de março de 2014.

  
**Antonio Carlos Batista**  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

BRUNO HENRIQUE CZELUSNIAK, filho de Nelson Czelusniak e Sueli Czelusniak, nasceu em Curitiba no estado do Paraná, no dia 18 de março de 1987.

Iniciou o ensino fundamental em 1992, concluindo-o em 2000, na escola Estadual Professor Brandão, na cidade de Curitiba-PR.

Ingressou no ensino médio no Colégio Estadual do Paraná na cidade de Curitiba no ano de 2001, concluindo-o no ano de 2004.

No ano de 2007 ingressou no curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná, concluindo-o em 2011.

Em fevereiro de 2012 ingressou no mestrado no curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, com ênfase na área de Manejo Florestal, concluindo-o em fevereiro de 2014.

À minha mãe Sueli, minha heroína,  
pelo amor sem limites e por me ensinar a ter  
fé.

Ao meu pai Nelson, meu herói,  
exemplo de força e foco unidos em grande  
coração.

**Dedico**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus pela força e luz cedidos durante esta jornada.

Aos meus pais, Sueli Czelusniak e Nelson Czelusniak, pelos anos de dedicação, cuidados e ensinamentos que fazem de mim uma pessoa apta a aceitar os desafios impostos pela vida e pela Engenharia que escolhi.

Ao Professor Doutor Sebastião do Amaral Machado, por me aceitar como seu orientado desde a graduação por meio da iniciação científica. Sua sabedoria e paciência são virtudes atreladas ao grande mestre que é.

Ao Professor Mestre Décio José de Figueiredo, minha gratidão pelo convívio, amizade, conversas e ensinamentos passados ao longo desses bons anos de laboratório.

Aos professores Doutores Afonso Figueiredo Filho e Carlos Roberto Sanquetta, pelos ensinamentos e ajuda prestadas durante o desenvolvimento deste trabalho.

À minha namorada Naiara Teodoro Zamin, catarina de fibra, pelos anos de amizade, carinho e cuidados devotados. Suas palavras fazem de mim uma muralha apta a enfrentar qualquer intempere.

Aos amigos do LADEN, Luis, Angelo, Rodrigo, Ronan, Saulo, Alan e Yuri, pela amizade e cafés compartilhados no laboratório.

Aos amigos do LECOF, Tomaz Longhi Santos e Bruno Palka Miranda, pela amizade e pronta ajuda cedida durante a execução deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de ingresso no mestrado.

Quem quer vencer um obstáculo deve  
armar-se da força do leão e da prudência  
da serpente.

*Pindaro*

O único lugar onde o sucesso vem  
antes do trabalho é no dicionário.

*Albert Einstein*



## RESUMO

A prognose da produção é um grande desafio para o administrador florestal. A obtenção de dados de distribuição diamétrica utilizando ferramentas matemáticas é uma das metodologias mais utilizadas no auxílio do planejamento do manejo florestal. Neste contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a projeção em classes diamétricas de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista utilizando matriz de transição (Cadeia de Markov) e estudar o efeito de borda sobre as projeções geradas por este método. A área de estudo é um fragmento de Floresta Ombrófila Mista com área de 12,96 ha, localizado no *Campus* Jardim Botânico da UFPR, Curitiba – PR. A base de dados utilizada foi proveniente de três inventários 100% (censo) realizados nos anos de 2007, 2010 e 2013 onde foram medidas, marcadas, identificadas e georreferenciadas todas as árvores com DAP acima de 10 cm. Na segunda medição (2010), além da remedição dos indivíduos anteriores, também foram observadas a mortalidade e o recrutamento de novas árvores. Para a construção da matriz de transição os diâmetros de cada ocasião foram agrupados em classes diamétricas com intervalos de 10 cm, sendo a primeira classe considerada de 10 a 20 cm e a última representada por árvores com DAP  $\geq 80$  cm; além disso, foram inseridas classes referentes às recrutas (R) e mortas (M). Os resultados demonstraram que o número total de indivíduos prognosticados para o ano de 2013 para todos os cenários estudados foi menor quando comparado aos dados reais. A diminuição do número de árvores recrutas e mortas foi quase constante a partir da utilização da área com a retirada da borda de cinco metros. O erro relativo da estimativa demonstrou um comportamento que não era esperado. A retirada de frações da área delimitada como bordas afetou de forma direta o número de árvores recrutas e mortas. A matriz de transição quando empregada para espécies não se mostrou uma ferramenta eficaz para mortalidade e recrutamento.

Palavras-chave: Dinâmica Florestal, Cadeia de Markov, Efeito de borda

## ABSTRACT

The yield prognosis is a big challenge for the forest administrator. The data obtainment of diameter distribution using mathematical tools is one of the most widely used methodologies for planning forest management. In this context, this study aimed to evaluate the projection in diameter classes of a fragment of Mixed Ombrophyllous Forest using transition matrix (Markov Chain) and to study the edge effect on the projections generated by this method. The study area is a fragment of Mixed Ombrophyllous Forest with an area of 12,96 ha, located in the Campus Botanical Garden UFPR, Curitiba - PR. The database used came from three inventories 100 % (census) carried out in 2007, 2010 and 2013 in which were measured, marked, identified and georeferenced all trees with DBH above 10 cm. At the second measurement (2010), besides the remeasurement of the individuals, also were observed the mortality and recruitment of new trees. To construct the transition matrix diameters measured at each occasion were grouped into diameter classes with intervals of 10 cm, being considered first class 10-20 cm and the last represented by trees with DBH  $\geq$  80 cm; also were included classes concerning recruits (R) and dead (M). The results showed that the total number of individuals predicted for the year 2013 for all studied scenarios was lower when compared to the actual data. The decrease in the number of recruits and dead trees was almost constant from the use of the area by removing the edge of five meters. The relative error of the estimate showed a behavior that was not expected. The withdrawal of fractions defined as the area borders directly affect the number of recruits and dead trees. The transition matrix when applied to species is not an effective tool for mortality and recruitment.

Keywords: Forest dynamic, Markov Chain, Edge effect.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DO FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA DENOMINADO CAPÃO DA ENGENHARIA FLORESTAL .....30
- FIGURA 2 – SUBDIVISÃO DA ÁREA DE ESTUDO PARA MENSURAÇÃO. ....31
- FIGURA 3 – (A) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE TODAS AS ÁRVORES PERTENCENTES AO FRAGMENTO DE FLORESTA ESTUDADO; (B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE TODAS AS ÁRVORES CONSIDERADAS COMO LIMITES DO FRAGMENTO. ....37

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - VALORES DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PARA O PERÍODO DE 2007 A 2010 PARA A MATRIZ DE ÁREA TOTAL.....	39
TABELA 2 - VALORES DE PROBABILIDADE DE TRANSIÇÃO EM CADA CLASSE DIAMÉTRICA, DURANTE O PERÍODO DE 2007 A 2010 (MATRIZ PIJ). 40	
TABELA 3 - VALORES DE PROBABILIDADE DE TRANSIÇÃO OBTIDOS EM CADA CLASSE DIAMÉTRICA PARA O PERÍODO DE 2010 A 2013 (PIJ2).....	41
TABELA 4 - VALORES ABSOLUTOS DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PROGNOSTICADOS PARA O ANO DE 2013 PARA A ÁREA TOTAL....	42
TABELA 5 - VALORES ABSOLUTOS DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS NO ANO DE 2013 PARA ÁREA TOTAL. ....	42
TABELA 6 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PROGNOSTICADOS PARA O ANO DE 2013 PARA A MATRIZ DE BORDA 5 METROS. ....	44
TABELA 7 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS NO ANO DE 2013 PARA A MATRIZ DE BORDA 5 METROS. ....	44
TABELA 8 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PROGNOSTICADOS PARA O ANO DE 2013 PARA A MATRIZ DE BORDA 10 METROS. ....	45
TABELA 9 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS NO ANO DE 2013 PARA A MATRIZ DE BORDA 10 METROS. ....	46
TABELA 10 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PROGNOSTICADOS PARA O ANO DE 2013 PARA A MATRIZ DE BORDA 15 METROS. ....	47
TABELA 11 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS NO ANO DE 2013 PARA A MATRIZ DE BORDA 15 METROS. ....	47
TABELA 12 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PROGNOSTICADOS PARA O ANO 2013 PARA A MATRIZ DE BORDA 20 METROS. ....	48
TABELA 13 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS NO ANO DE 2013 PARA A MATRIZ DE BORDA 20 METROS. ....	49
TABELA 14 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PROGNOSTICADOS PARA O ANO DE 2013 PARA A ARAUCÁRIA. ....	62
TABELA 15 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS NO ANO DE 2013 PARA A ARAUCÁRIA. ....	63

TABELA 16 - VALORES ABSOLUTOS TOTAIS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS E PROGNOSTICADOS PARA O PERÍODO DE 2013 PARA A ARAUCÁRIA. ....	64
TABELA 17 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PROGNOSTICADOS PARA O ANO DE 2013 PARA O CAFEZEIRO. ....	65
TABELA 18 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS NO ANO DE 2013 PARA O CAFEZEIRO. ....	65
TABELA 19- VALORES ABSOLUTOS TOTAIS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS E PROGNOSTICADOS PARA O PERÍODO DE 2013 PARA O CAFEZEIRO. ....	66
TABELA 20 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PROGNOSTICADOS PARA O ANO DE 2013 PARA O AÇOITA CAVALO. ....	66
TABELA 21 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS NO ANO DE 2013 PARA O AÇOITA CAVALO. ....	67
TABELA 22 - VALORES ABSOLUTOS TOTAIS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS E PROGNOSTICADOS PARA O PERÍODO DE 2013 PARA O AÇOITA CAVALO. ....	67
TABELA 23 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS E PROGNOSTICADOS EM NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE PARA O PERÍODO DE 2013 PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA. ....	50
TABELA 24 - DIFERENÇA ABSOLUTA E RELATIVA ENTRE OS VALORES DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS E PROGNOSTICADOS EM NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE PARA O PERÍODO DE 2013 PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA. ....	52
TABELA 25 - VALORES TABELADOS E RESULTANTES DOS TESTES DE ADERÊNCIA DE KOMOGOROV-SMIRNOF PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA. ....	52
TABELA 26 - ÁREA BASAL OBSERVADA EM M <sup>2</sup> POR HECTARE PARA OS 3 ANOS MENSURADOS PARA AS MATRIZES DE ÁREA TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA. ....	55
TABELA 27 - VALORES ABSOLUTOS DE RECRUTAMENTO OBSERVADOS E PROGNOSTICADOS PARA O ANO DE 2013 EM NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE POR ANO PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA. ....	56
TABELA 28 - VALORES ABSOLUTOS DE MORTALIDADE OBSERVADOS E PROGNOSTICADOS PARA O ANO DE 2013 EM NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE POR ANO PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA. ....	59

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS E PROGNOSTICADOS EM NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE PARA O PERÍODO DE 2013 PARA AS MATRIZES TOTAL E SEM AS BORDAS.....	50
GRÁFICO 2 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS E ESTIMADOS EM NÚMERO TOTAL DE ÁRVORES POR HECTARE PARA O PERÍODO DE 2013 PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA.....	53
GRÁFICO 3 - VALORES RELATIVOS DO ERRO RELATIVO DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA ESTIMADA EM RELAÇÃO AO NÚMERO TOTAL DE ÁRVORES POR HECTARE PARA O PERÍODO DE 2013 PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA.....	54
GRÁFICO 4 - VALORES RECRUTAMENTO POR CLASSE DIAMÉTRICA EM NÚMERO TOTAL DE ÁRVORES POR HECTARE PARA O PERÍODO DE 2013 PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA. ....	57
GRÁFICO 5 - VALORES TOTAIS DE RECRUTAMENTO EM NÚMERO TOTAL DE ÁRVORES POR HECTARE PARA O PERÍODO DE 2013 PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA.....	58
GRÁFICO 6 - VALORES MORTALIDADE POR CLASSE DIAMÉTRICA EM NÚMERO TOTAL DE ÁRVORES POR HECTARE PARA O PERÍODO DE 2013 PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA. ....	59
GRÁFICO 7 - VALORES TOTAIS DE MORTALIDADE EM NÚMERO TOTAL DE ÁRVORES POR HECTARE PARA O PERÍODO DE 2013 PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA.....	60
GRÁFICO 8 - VALORES TOTAIS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS PARA O PERÍODO DE 2013 PARA A ESPÉCIE ARAUCÁRIA. ....	69
GRÁFICO 9 - VALORES DE RECRUTAMENTO EM NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE OBSERVADOS E ESTIMADOS PARA O PERÍODO DE 2013 PARA A ESPÉCIE CASEARIA.....	70
GRÁFICO 10 - VALORES DE RECRUTAMENTO EM NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE OBSERVADOS E ESTIMADOS PARA O PERÍODO DE 2013 PARA A ESPÉCIE CASEARIA.....	70
GRÁFICO 11 - VALORES DE RECRUTAMENTO EM NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE OBSERVADOS E ESTIMADOS PARA O PERÍODO DE 2013 PARA A ESPÉCIE AÇOITA CAVALO. ....	71

GRÁFICO 12 - VALORES DE MORTALIDADE EM NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE OBSERVADOS E ESTIMADOS PARA O PERÍODO DE 2013 PARA A ESPÉCIE AÇOITA CAVALO.....	71
--	----

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	15
2. OBJETIVOS.....	18
2.1 OBJETIVO GERAL .....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1 FLORESTA OMBRÓFILA MISTA .....	19
3.2 DINÂMICA DA FLORESTA.....	21
3.3 MATRIZ DE TRANSIÇÃO .....	23
3.4 EFEITO DE BORDA .....	26
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	30
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	30
4.2 BASE DE DADOS.....	31
4.3 DINÂMICA FLORESTAL.....	32
4.3.1 Ingresso.....	32
4.3.2 Mortalidade .....	32
4.4 AVALIAÇÃO DA PROGNOSE COM MATRIZ DE TRANSIÇÃO .....	33
4.5 PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA .....	34
4.5.1 Matriz de transição.....	34
4.6 EFEITO DE BORDA .....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
5.1 PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA .....	39
5.1.1 Matriz de transição para área total .....	39
5.1.2 Matriz de transição para borda de 5 metros .....	43
5.1.3 Matriz de transição para borda de 10 metros .....	44
5.1.4 Matriz de transição para borda de 15 metros .....	46
5.1.5 Matriz de transição para borda de 20 metros .....	48
5.2 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DAS MATRIZES PARA ÁREA TOTAL E COM RETIRADA DE BORDAS ESPECÍFICAS .....	49
5.2.1 Recrutamento e mortalidade .....	56
5.3 PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PARA ESPÉCIES .....	62
5.3.1 Araucária - <i>Araucaria angustifolia</i> .....	62
5.3.2 Cafezeiro - <i>Casearia sylvestris</i> .....	64
5.3.3 Açoita cavalo - <i>Luehea divaricata</i> .....	66
5.4 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS PARA AS MATRIZES DAS ESPÉCIES .....	68
5.4.1 Recrutamento e mortalidade .....	68
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	72
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	73



## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo das décadas o desenvolvimento humano é apontado como o principal agente causador da perda da biodiversidade em diversas regiões do globo, sendo este fato atrelado tanto a redução da população de espécies nativas quanto pela alteração ou total descaracterização de inúmeros habitats naturais. A redução de tais áreas é comumente vinculada ao uso da terra para a expansão urbana ou fins agropecuários, visto que estas atividades são fortemente responsáveis pela aceleração do desmatamento que, em longo prazo, auxilia na formação de fragmentos florestais dispersos.

Nos fragmentos florestais urbanos as condições naturais se encontram quase que completamente alteradas ou degradadas. Mesmo assim, tais áreas são consideradas como partes de um ecossistema original (NOGUEIRA E GONÇALVES, 2002), abrigando em sua maioria testemunhos da flora arbórea da região e evidenciando a importância da sua conservação, representando um recurso precioso para a melhoria da qualidade de vida nas cidades.

Mesmo essas áreas sendo cada vez mais comuns, ações para sua conservação e manutenção ainda são poucos conhecidas, evidenciando a necessidade de se criar e difundir o conhecimento acerca de métodos de planejamento de uso e ocupação da terra que concilie a conservação dos remanescentes naturais com a expansão urbana, respeitando o entorno das áreas naturais (MISSIO, 2003).

Uma das consequências da fragmentação de áreas nativas é o efeito de borda, fenômeno observado nas regiões marginais de pequenos remanescentes florestais. Esse efeito ocorre devido ao aumento de estímulos externos, como a radiação solar e ventos, acarretados pelo desmatamento. A região de margem, na grande maioria dos casos, possui estrutura, composição e dinâmica diferenciadas quando comparada a porções interiores do mesmo fragmento.

As características da borda podem afetar os organismos do fragmento devido as alterações nas condições bióticas e abióticas. Entre as alterações abióticas estão pronunciados efeitos sobre o microclima, como aumento da temperatura, redução da umidade, aumento da luminosidade, aumento da exposição aos ventos e estresse hídrico. No entanto, espécies oportunistas podem beneficiar-se dessas condições e

aumentar a sua densidade nessas áreas, passando a ser elemento de perturbação para a estrutura da comunidade (MURCIA, 1995).

Devido à evolução da ciência e respectivo acúmulo de conhecimento sobre os processos envolvidos na dinâmica florestal de áreas nativas, principalmente em relação às áreas que já sofreram um determinado grau de degradação, observa-se uma mudança conceitual e prática quanto à abordagem dos estudos que envolvem a sucessão nestas áreas. Tais estudos hoje são tratados como fonte primordial de dados para o manejo destas florestas, que podem visar à produção de bens ou ter como foco principal trabalhos de restauração ou preservação ecológica.

No âmbito dos estudos científicos, destacam-se os trabalhos que buscam prognosticar e prever o crescimento de populações florestais nativas. A avaliação da dinâmica florestal ao longo do tempo é de suma importância para o profissional que trabalha com a floresta, pois o auxilia em futuras tomadas de decisão.

Dentre toda a gama de instrumentos disponíveis para estudos florestais, os programas estatísticos e matemáticos são os mais difundidos na área de manejo e pesquisa florestal. A utilização dessas ferramentas buscando inferir dados sobre a produção florestal é encarada como uma ótima alternativa, visto que na maioria dos casos os dados utilizados nos estudos são provenientes de coletas em forma de amostragem através de parcelas permanentes ou temporárias. Ainda, utilizada com o propósito descrito anteriormente, a Cadeia de Markov (ou Matriz de Transição ou Cadeia Markoviana) é apontada como um importante método de auxílio na obtenção de dados de prognose em populações florestais.

A Cadeia de Markov tem por objetivo representar de uma forma simplificada o comportamento de processos muito mais complexos, sendo que isso é efetuado por meio de cálculos matriciais probabilísticos, devidamente originados a partir de um banco de dados confiável. Para a pesquisa florestal a utilização de instrumentais como estes é imprescindível devido à possibilidade de se prever parâmetros para projeções futuras de produção em toda uma população ou até mesmo no nível de espécie.

Assim, atentando-se à necessidade de estudar remanescentes florestais nativas, nesse caso a Floresta Ombrófila Mista, objeto deste estudo, foram realizadas simulações com a Matriz de Transição utilizando um intervalo de três anos, com o objetivo de entender a influência do efeito de borda através de faixas de borda (0, 5, 10, 15, 20 metros de largura) na dinâmica da Matriz e da floresta

(recrutamento, mortalidade e crescimento), visando agregar informações acerca deste ecossistema florestal de grande importância para a região Sul do Brasil.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo avaliar a dinâmica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista inserido na área urbana da cidade de Curitiba, realizando a prognose de sua estrutura diamétrica por meio de matriz de transição.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a prognose da distribuição diamétrica por meio de matriz de transição para o ano de 2013;
- Estudar a influência da exclusão de faixas de borda na matriz de transição para o ingresso, mortalidade e distribuição diamétrica do fragmento estudado;
- Estudar as dinâmicas do ingresso e mortalidade prognosticados pela matriz de transição e comparar com os valores obtidos através do censo;
- Comparar a distribuição diamétrica estimada para 2013 por meio da matriz de transição para todo o fragmento e para as espécies Araucária (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze), Cafezeiro (*Casearia sylvestris* Sw.) e Açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart. Et Zucc.).

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

As florestas tropicais e subtropicais possuem particularidades que as diferenciam de outras formações vegetais. Sua heterogeneidade, tanto em relação a sua composição quanto em biodiversidade, tornam-nas únicas. A exploração desenfreada que este tipo de floresta sofre há décadas resultou em milhões de hectares de áreas convertidas principalmente para fins agropecuários e urbanos (CASTELLA e BRITTEZ, 2004).

Na região sul do Brasil, uma das fitofisionomias que mais se destaca é a Floresta Ombrófila Mista, cuja formação florestal é dominada pela espécie *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze (araucária ou pinheiro do Paraná). O predomínio dessa espécie nessas florestas teve importante papel no histórico de ocupação da região sul, principalmente pelo seu alto valor econômico e paisagístico (BACKES E NILSON, 1983). A ocorrência desta formação florestal se dá em agrupamentos densos (KLEIN, 1960), com disjunções na região Sudeste e em países vizinhos (Paraguai e Argentina), predominantemente entre 800 e 1200 m s.n.m., podendo eventualmente ocorrer acima e abaixo desses limites (RODERJAN et al., 2002).

De acordo com Carvalho (1994), a floresta de araucária está presente da latitude 19°15'S (Conselheiro Pena - MG, no alto rio Doce) a 31°30`S (Canguçu - RS), e longitude 41°30`W até 54°30`L, com área predominante no Brasil, sendo presente também de forma mais esparsa na Argentina (extremo nordeste, na província de Misiones) e no Paraguai (leste, no Departamento de Alto Paraná).

Segundo Sanquetta (2005), a floresta de araucária abriga muitas comunidades interativas e diferenciadas em florística, estrutura e organização ecológica e não somente apenas a sua espécie típica. De acordo com esse autor, esta tipologia florestal possui em todos os seus níveis uma grande riqueza, seja nos seus componentes arbóreos, no sub-dossel ou nas copas que formam dosséis

irregulares, na qual a biodiversidade consegue atingir um nível elevado, apesar da aparente simplicidade estrutural.

Segundo Klein (1960), a vegetação da região de Floresta Ombrófila Mista não é uma formação homogênea e contínua, sendo formada por múltiplas associações e agrupamentos que se encontram nos mais variados estágios de sucessão, onde cada estágio possui suas espécies características.

Para Roderjan et al. (2002) a floresta com araucária comumente é composta por espécies como *Ocotea porosa* (Nees & C. Mart.) Barroso, *O. puberula* (Rich.) Nees, *O. pulchella* (Lauraceae), *Capsicodendron dinisii* (Schwacke) Occhioni (Canellaceae), *Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera (Asteraceae), *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex ichler (Podocarpaceae), *Campomanesia xanthocarpa* Berg (Myrtaceae), *Matayba elaeagnoides* Radlk. (Sapindaceae), *Sloanea lasiocoma* K. chum. (Elaeocarpaceae), *Luehea divaricata* Mart. (Tiliaceae), *Mimosa scabrella* Benth. (Mimosaceae), *Dalbergia brasiliensis* Vogel (Fabaceae), *Jacaranda puberula* Cham. e *Tabebuia alba* (Cham.) Sandwith (Bignoniaceae). Nos estratos inferiores são comuns inúmeros representantes de Myrtaceae, notadamente dos gêneros *Myrcia* spp., *Eugenia* spp., *Calypttranthes* spp. e *Gomidesia* spp., acompanhados de Flacourtiaceae (*Casearia* spp. e *Xylosma* spp.), Sapindaceae (*Allophylus* spp. e *Cupania* spp.), Rutaceae, Symplocaceae e Aquifoliaceae.

Com a construção da linha férrea que ligou São Paulo ao Rio Grande do Sul, a exploração da espécie se tornou a principal atividade econômica do estado do Paraná, episódio conhecido historicamente como o ciclo econômico do “Pinheiro do Paraná” (KOCH e CORREA, 2002). Até meados dos anos 60, a araucária foi a principal espécie do comércio do estado, inclusive em plantios comerciais (CASTELLA e BRITZ, 2004). Entretanto, o seu plantio de maneira comercial e até mesmo seu manejo natural foram deixados em segundo plano, favorecendo o uso comercial de espécies exóticas dos gêneros *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. devido a criação de leis florestais que até hoje restringem sua comercialização (GERHARDT et al., 2001).

O estado do Paraná possuía originalmente 83% de seu território coberto por florestas, sendo o restante ocupado por campos e cerrado, restingas, mangues, várzeas e campos de altitude e vegetação rupestre (RODERJAN et al., 2002). Estima-se que restam menos de 9% de sua cobertura original, sendo 2% desses, de vegetação resguardada em áreas protegidas (CASTELLA e BRITZ, 2004). Ainda,

de acordo com esses autores, estima-se que desses 2% de vegetação resguardada apenas 0,8% dos remanescentes desta formação florestal encontram-se intactos ou com baixa taxa de perturbação.

Devido à grande exploração dessas florestas ao longo dos anos, a área original foi drasticamente reduzida, ficando distribuída entre florestas secundárias em estágio inicial, médio e avançado de sucessão (FUPEF, 2001). A porção de florestas remanescentes atuais está dispersa sob a forma de pequenos fragmentos florestais, também conhecidos como capões (MACHADO et al., 2009).

Intervenções antrópicas como a exploração seletiva, introdução de espécies exóticas e a expansão urbana descaracterizaram a maioria dos remanescentes florestais de Floresta Ombrófila Mista. Diante destas perspectivas, os estudos desta tipologia florestal são mais do que nunca necessários para levantar dados que contribuam com informações que auxiliem em sua conservação, servindo como base para futuros projetos de recuperação dessa tipologia florestal.

### 3.2 DINÂMICA DA FLORESTA

Segundo Husch et al. (1972), a estrutura de um povoamento é caracterizado pelo número de árvores e distribuição das espécies existentes em uma área de floresta, estando diretamente relacionada aos hábitos de crescimento das espécies e das condições ambientais do local de origem e desenvolvimento do povoamento.

Florestas inequidâneas são constituídas por meio de diferentes estágios regenerativos que estão sujeitos a perturbações mais ou menos periódicas (SAKUKHÁN et al., 1985). Devido a esses movimentos espera-se que a população seja regida de acordo com um balanço entre crescimento, recrutamento e mortalidade (FELFILI, 1995). Compreender os processos ecológicos e identificar como os fatores externos influem na dinâmica das florestas, são fundamentais para subsidiar práticas de manejo e restauração (CAREY et al., 1994).

Os processos de interação do ecossistema dependem do espaço disponibilizado aos indivíduos na floresta. A dinâmica de uma floresta senil é determinada pela ocorrência de clareiras que surgem na maioria dos casos através da morte de um indivíduo de grande porte. As causas mais frequentes dessas

mortes são o envelhecimento, a incidência de raios, tombamento, quebras e o ataque de agentes patógenos (LAMPRECHT, 1990).

Para Lamprecht (1990), a dinâmica é uma característica fundamental de qualquer sistema ecológico arbóreo, sendo esse o mecanismo que a floresta utiliza para manter seu equilíbrio em estrutura e composição ao longo do tempo. Esse autor evidencia também que o estado atual de uma floresta é resultado da interação de processos como o crescimento, a mortalidade e a regeneração.

De acordo com Arce et al. (1998), o crescimento das florestas pode ser entendido como um processo contínuo, que inclui uma entrada, um movimento e uma saída de matéria, onde a entrada é o ingresso, o movimento é o crescimento, e a saída a mortalidade.

Vanclay (1994) cita que recrutamento refere-se aos indivíduos que atingem um tamanho especificado e que ingresso é o número ou volume de árvores periodicamente em crescimento entre dois inventários sucessivos. Para Prodan et al. (1997), o crescimento é o incremento gradual de um organismo, população ou objeto em um determinado período de tempo. Para Hush et al. (1982), mortalidade é o volume de árvores que saem do sistema periodicamente por causas naturais. A mortalidade pode ser causada por muitos fatores, como: ataque por patógenos, parasitas e herbívoros; tempestades; danos causados por fortes chuvas, principalmente em árvores emergentes; durante as operações de corte e transporte; e morte por idade, considerando que todo ser vivo tem um período de vida finito (CARVALHO, 1992).

Os bancos de dados para este tipo de estudo são provenientes principalmente de inventário florestal contínuo advindo do uso de parcelas permanentes (STEPKA, 2008). A remedição periódica de unidades de amostras permanentes possibilita uma estimativa mais precisa do crescimento quando comparado com qualquer outro método aplicado com igual intensidade de amostra.

Em florestas heterogêneas a distribuição diamétrica é particularmente importante, pois mostra a amplitude dos diâmetros e onde ocorre a maior concentração de indivíduos, servindo também para distinguir diferentes tipos florestais e fornecer base para identificar a intensidade da regeneração natural em nível de espécie e da floresta como um todo (SCOLFORO, 2006).

A distribuição decrescente é característica de tipologias florestais onde há regeneração contínua. Esse tipo de estrutura é comumente encontrada na



composição em florestas nativas de composição variada em espécie e idade. Para estudos em nível de espécie é possível obter uma distribuição diamétrica semelhante a distribuição normal de forma simétrica ou assimétrica (SCOLFORO, 2006). A distribuição diamétrica pode ser muito variável quando comparada entre espécies ou entre grupos de espécies diferentes (LAMPRECHT, 1990).

O estudo dos processos dinâmicos de uma floresta é de suma importância, visto que indicam as mudanças ocorridas em sua composição e estrutura, sendo válido também como base para posteriores trabalhos de predição, principalmente para os parâmetros crescimento e produção, tornando-se uma ferramenta de tomada de decisão importante as mãos do manejador florestal (PEREIRA et al., 2001).

Trabalhos referentes a comunidades vegetais afetadas pelo desenvolvimento urbano são importantes instrumentos para a manutenção desses frágeis ecossistemas, pois evidenciam como se dão os processos relacionados à dinâmica de fragmentos, à sucessão ecológica e à regeneração natural diante das perturbações antrópicas (PEREIRA et al., 2001).

### 3.3 MATRIZ DE TRANSIÇÃO

Com a maior disponibilidade de computadores a partir da década de 1960, avanços significativos foram realizados tanto na estrutura dos modelos, quanto nas maneiras em que eles poderiam ser aplicados. O uso de computadores permitiu abordar sistemas com maior complexidade e simulações variando ao longo do tempo (KELTON, 2001). Os computadores também permitiram uma abordagem mais abrangente dos problemas ligados ao manejo florestal.

Freitas Filho (2008) atribuiu o crescimento da utilização da simulação computacional, principalmente, à atual facilidade de uso e sofisticação dos ambientes de desenvolvimento de modelos computacionais e ao crescimento do poder de processamento das estações de trabalho.

Existem várias formas de utilizar a simulação computacional. A simulação é um excelente meio de modelagem e entendimento de processos e sistemas, tendo

como principal aplicação a busca por estratégias ou a clássica previsão ou prognose de resultados.

Uma grande vantagem da simulação é que a partir de um banco de dados confiável pode-se simular o modelo e executá-lo inúmeras vezes variando as condições e assim explorar os efeitos dos diferentes parâmetros. Ao contrário da experimentação onde existe o controle do objeto de interesse, na simulação pretende-se entender o efeito no modelo antes do fenômeno em si (KELTON, 2001).

A simulação computacional é definida por Kelton (2001) como sendo o processo de desenhar e criar um modelo computadorizado de um sistema real proposto, com o objetivo de realizar experimentos numéricos para obter-se um melhor entendimento do comportamento daquele sistema para um dado conjunto de condições. Law e Kelton (2000) dizem que dependendo da simplicidade do sistema, ele pode ser resolvido por equações analíticas. Porém, também afirmam que muitos dos problemas reais são muito complexos para serem resolvidos por estes métodos exatos.

Segundo Vaccaro et al. (2003), a modelagem do crescimento e produção de florestas inequidêneas desde a década de 60 evolui constantemente, sendo que o nível de desenvolvimento dos modelos tem crescido basicamente devido a expansão do uso de recursos computacionais. Esse autor afirma que cada vez mais os cálculos e modelos tem incorporado uma variedade de técnicas de refinamento como: regressão linear, sistema de equações, projeção de tabelas do povoamento, Matriz de Transição e técnicas de rede neural artificial.

Leslie (1945, 1948), citado por Pulz et al. (1999), foi pioneiro no uso da matriz de transição, realizando estudos sobre mortalidade e fertilidade em populações de animais, nos quais foram usados estados baseados em classes de idade. Ainda segundo Pulz et al. (1999), para a área florestal o uso de matrizes foi iniciado por Usher (1966) em um povoamento de *Pinus sylvestris* na Escócia, mensurados em ciclos de 6 anos, considerando classes diamétricas.

Segundo Enright e Ogden (1979), para utilizar este modelo é necessário que as populações a serem estudadas possam ser divididas em grupos de estados e que simultaneamente haja possibilidade de movimentação de um determinado indivíduo entre esses estados ao longo do tempo. Para Sanquetta (1995) a matriz de transição é uma ferramenta a qual o manejador florestal pode recorrer para

prognosticar a dinâmica da floresta definindo-a por classe diamétrica ao longo do tempo.

De acordo com Higuchi (1987), a prognose da produção em florestas nativas a partir da Cadeia de Markov é feita por meio da estimativa da probabilidade de transição dos diâmetros entre classes diamétricas, ou seja, suas projeções para o futuro, a partir da matriz de probabilidade de transição. Esse autor utilizou a metodologia para estimar a distribuição diamétrica, ingresso e mortalidade de uma área de domínio do Instituto de Pesquisas da Amazônia (INPA) para o ano de 1990, utilizando como banco de dados levantamentos efetuados nos anos de 1980 e 1985.

Scolforo (1998) definiu que as probabilidades da matriz de transição em um determinado período de medição são obtidas pela razão das mudanças ocorridas numa classe diamétrica, tais como: árvores que mudaram de classe, árvores mortas e árvores que permaneceram na classe, pelo número de árvores existentes na classe diamétrica, em questão, no início do período de crescimento.

Para Schneider e Finger (2000), a Matriz de Transição possui algumas limitações referentes ao período de projeção gerado, que consegue trabalhar somente valores múltiplos dos períodos utilizados. As projeções geradas são dependentes da situação que a floresta encontra-se durante sua mensuração, sendo isso definido como Propriedades Markovianas.

Segundo Austregésilo et al. (2004), a Matriz de Transição é apropriada para estudos relacionados a dinâmica florestal. Esses autores acrescentam que a Matriz de Transição pode ser considerada um processo estocástico, visto que uma árvore possui uma determinada probabilidade de permanecer ou mudar para outras classes de diâmetro. De acordo com esses autores, por meio da Cadeia de Markov, parâmetros como volume e área basal podem ser calculados a partir do número de árvores em cada classe diamétrica. A frequência de cada classe é obtida por meio da mudança de indivíduos de uma classe de diâmetro para outra e também através da mortalidade e do recrutamento.

Inúmeros trabalhos foram desenvolvidos utilizando a Matriz de Transição para florestas nativas. Austregésilo et al. (2004) utilizaram esta metodologia em seu trabalho que comparou métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Estacional Semidecidual nos municípios de Rio Vermelho e Serra Azul de Minas, Minas Gerais. Nappo et al. (2005) estudaram a dinâmica da estrutura diamétrica dos estratos arbóreo e arbustivo no sub-bosque de um bracatingal na

região de Poços de Caldas, Minas Gerais. Na região da tipologia da Floresta Ombrófila Mista trabalhos com a Cadeia de Markov foram desenvolvidos por Stepka (2008), Menon et al. (2010), Ebling et al. (2012), e Lana (2013).

A metodologia da Matriz de Transição tem como objetivo representar de uma forma simplificada o comportamento de processos muito mais complexos da floresta. Para a pesquisa florestal a utilização de instrumentais como estes é imprescindível devido à possibilidade de se predizer parâmetros para projeções futuras de produção em toda uma população ou até mesmo no nível de espécie.

### 3.4 EFEITO DE BORDA

A fragmentação florestal é o resultado de processos de subdivisão de uma região por perturbações naturais, eventos climáticos e/ou atividades humanas (MURCIA, 1995). A substituição de grandes áreas de florestas por ecossistemas diferentes (agricultura, áreas urbanas) leva à criação de fragmentos isolados (FORMAN e GORDON, 1986).

Segundo Viana (1990), uma questão intrínseca aos pequenos fragmentos se refere ao tamanho das populações, que tendem a conter poucos indivíduos. De acordo com esse autor, isso pode acarretar o declínio das populações estudadas, comprometendo sua sustentabilidade.

O número de estudos abordando fragmentos florestais tem aumentado com o passar dos anos (LAURENCE E BIERREGARD, 1997). O crescente interesse pelo assunto decorre do reconhecimento de que a maior parte da biodiversidade remanescente encontra-se localizada nestes fragmentos, ou seja, apesar de serem áreas com tamanhos consideravelmente reduzidos, são tratadas com suma importância por constituírem os últimos locais onde a biodiversidade florestal nativa está armazenada.

A fragmentação não compromete a sobrevivência de somente algumas espécies, visto que a perda de algumas dessas pode iniciar uma reação em cadeia ocasionando extinções múltiplas (VIANA, 1990). Nesse contexto, uma das importantes funções dos remanescentes florestais é manter matrizes de sementes

para a recuperação de áreas degradadas ou reposição florestal por meio da regeneração natural ou via produção de mudas (POTT E POTT, 2003).

Um dos fenômenos mais comuns da fragmentação florestal é o chamado “efeito de borda” (BOURLEGAT, 2003). Este efeito é resultante da interação de dois ecossistemas distintos e adjacentes que são separados por uma transição abrupta (MURCIA, 1995). A área de borda da vegetação remanescente passa a ter em seu entorno área aberta, dessa forma, ocorre uma maior influência do ambiente e intemperes externos nessa região do fragmento (BOURLEGAT, 2003), aumentando os fatores de estresse e ocasionando mudança nas estruturas, padrões e composição das espécies (MELO et al., 2007; PRIMACK e RODRIGUES, 2001).

De acordo com Forman e Gordon (1986), o efeito de borda é definido como uma alteração na composição das espécies na parte marginal de um fragmento. Para Tabanez et al. (1997) a borda é a região marginal da floresta a qual acaba sofrendo alterações físicas e estruturais devido a influência do meio externo. Ainda, este efeito pode ser considerado como um dos principais fatores que afetam populações vegetais remanescentes nos grandes centros urbanos.

Zaú (1998) afirma que de uma maneira geral o efeito de borda pode ser perceptível por meio da: a) estrutura física da vegetação, a qual apresenta-se com menor altura total, menor sobreposição de copas, menor diâmetro médio das espécies arbóreas e maior espaçamento entre os indivíduos de maior diâmetro; b) composição florística que apresenta um maior número de espécies com características pioneiras típicas de clareiras; e c) dinâmica populacional que apresenta densidades e arranjos espaciais distintos daqueles apresentados em situação de não borda.

Devido sua peculiaridade, a região de borda apresenta alguns efeitos característicos que são desencadeados de acordo com a sua dinâmica. Os efeitos abióticos estão relacionados as alterações em fatores microclimáticos como aumento dos ventos, variação na temperatura, penetração vertical da luz e baixa umidade (DAVIESCOLLEY et al., 2000; REDDING et al., 2003); os efeitos biológicos diretos são relacionados as mudanças na distribuição e abundância das espécies estudadas como, por exemplo, o aumento da densidade de indivíduos (MACDOUGALL E KELLMAN, 1992; DIDHAN e LAWTON, 1999); os efeitos biológicos indiretos, são os relacionados à alteração nas interações entre espécies como, por exemplo, sua dispersão (BIERREGAARD et al., 1992; KOLLMANN e

BUSCHOR, 2003). Dentre as condições citadas anteriormente, duas são consideradas fundamentais para dar início ao processo de efeito de borda: o aumento na incidência da luz e a redução da resistência à circulação do vento (ZAÚ, 1998).

Para Kindel (2001), devido a borda ser uma zona de tensão entre ecossistemas adjacentes, pode-se dizer que estas áreas apresentam uma dinâmica resultante de forças direcionais antagônicas, onde o efeito de borda seria responsável pela degradação e retração da floresta enquanto pelo outro lado teríamos a sucessão ecológica, promovendo a regeneração florestal que pode acarretar em um novo avanço da floresta sobre o sistema vizinho. Ainda, de acordo com esses autores, apesar do efeito de borda ser um fenômeno de mão dupla que afeta ambos os sistemas ecológicos adjacentes, o termo é comumente utilizado visando salientar as alterações no sistema de interesse, que é normalmente a formação vegetacional original que encontra-se ameaçada.

Os trabalhos efetuados envolvendo o efeito de borda tem enfatizado principalmente aspectos como o tipo de matriz, a orientação e a idade da borda (Murcia, 1995), onde o tipo de matriz pode ser tratado como um dos fatores de maior influência de sua dinâmica.

De acordo com Kindel (2001) o termo matriz é utilizado para retratar o tipo de uso do solo/cobertura vegetal em que se encontra inserido um fragmento florestal. Nos casos de florestas urbanas, é fácil detectar as consequências desse tipo de matriz em seu entorno, devido à presença de trilhas e a poluição através do lançamento de lixo dentro dos capões (METZGER, 2000). Fragmentos florestais inseridos em cidades circundados por uma matriz habitacional abrigam testemunhos da biodiversidade da região, evidenciando assim, a importância da sua conservação (CIELO-FILHO e SANTIN, 2002).

Segundo Kindel (2001), as matrizes podem ser encaradas como barreiras para a dispersão de espécies, devido o tempo de isolamento, a distância entre fragmentos vizinhos, as características do ambiente entre os fragmentos e o grau de conectividade entre os mesmos.

Diferentes espécies possuem diferentes respostas frente à fragmentação (EWERS e DIDHAM, 2006). O número de espécies nas bordas pode variar entre os fragmentos devido a sua estrutura e o seu isolamento. Na maioria dos casos ocorre diferenciação na utilização das áreas de borda, evidenciando sua propriedade

seletiva, onde ocorre a inibição de algumas espécies ao mesmo tempo em que é facilitado a dispersão de outras (METZGER, 2000).

Segundo Odum (2007), a área de borda funciona como uma região de ecótono entre o fragmento e sua área adjacente, sendo que desta maneira, na borda espera-se encontrar espécies que ocorram tanto nela em si quanto no interior do fragmento florestal em questão. Esse autor ressaltou ainda que devido ao fato dessas bordas possuírem condições ambientais específicas, algumas espécies ocorrem somente nesses ambientes, sendo então denominadas como espécies borda.

A fragmentação florestal acarretou em uma mudança de paisagem, tanto no ambiente físico como em relação às mudanças biológicas, sendo estas mudanças afetadas diretamente pelo tamanho, forma e posição de cada remanescente (MURCIA, 1995). O desafio para os profissionais que estudam a floresta está ligado basicamente ao entendimento dessas mudanças, buscando obter dados e desenvolver estudos que visem entender as dinâmicas que ocorrem nas regiões denominadas como efeito de borda nos fragmentos florestais.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, conhecido como Capão da Engenharia Florestal, localizado no *Campus* Jardim Botânico da Universidade Federal do Paraná, situado em Curitiba – PR, entre as coordenadas 25°26'50" e 25°27'33"S e 49°14'16" e 49°14'33"W, a aproximadamente 900 m de altitude acima do nível do mar (FIGURA 1).

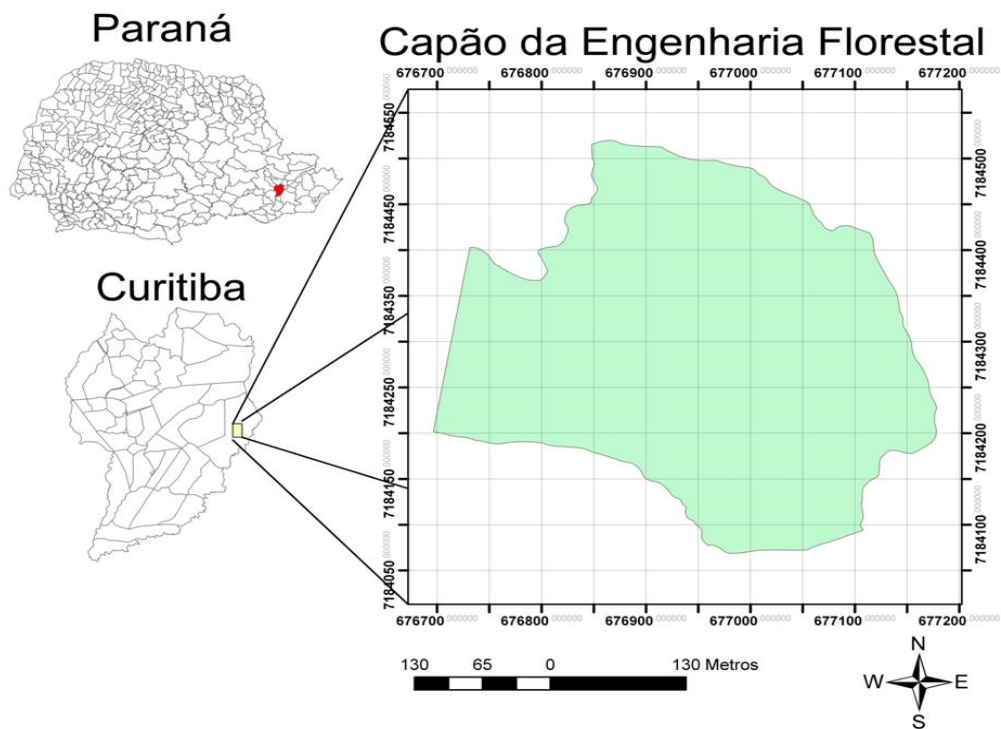


FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO E DELIMITAÇÃO DO FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA DENOMINADO CAPÃO DA ENGENHARIA FLORESTAL

Segundo classificação de Koppén, o clima é classificado como Cfb: subtropical úmido mesotérmico de verões frescos, inverno com geadas frequentes, sem estação seca. As temperaturas médias anuais nos meses quentes e frios são inferiores a 22 e 18°C, respectivamente, sendo a temperatura média anual de 17°C. Segundo dados do SIMEPAR, as médias de umidade relativa do ar e precipitação



dos últimos três anos nesta região foram iguais a 80% e 1250 mm, respectivamente. Verificou-se a existência de Gleissolos próximos aos canais de drenagem e de Cambissolos e Argissolos nas regiões mais drenadas.

A área total desse remanescente é de aproximadamente 15 hectares, sendo 12,96 ha ocupados por Floresta Ombrófila Mista. Por se tratar de uma área urbana, observa-se um alto nível de antropização, principalmente nas bordaduras do capão, onde prevalecem capoeiras e capoeirões, com presença marcante de taquarais, em uma área de aproximadamente 2,28 ha.

#### 4.2 BASE DE DADOS

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos por meio de inventário 100% ou censo, realizado no fragmento de floresta pelo Laboratório de Dendrometria (LADEN) da UFPR, nos anos de 2007, 2010 e 2013.

Para realização do censo a área foi dividida em blocos de 50 x 50 m, onde cada bloco foi subdividido em faixas de 10 x 50 m para facilitar a mensuração. Todas as árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) acima de 10 cm foram medidas, identificadas, plaqueteadas e georreferenciadas a partir do norte de uma quadrícula da região, como exemplificado na Figura 2.

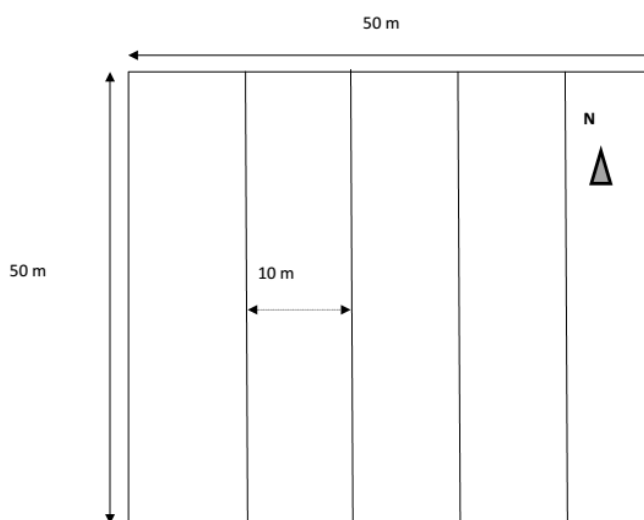


FIGURA 2 – SUBDIVISÃO DA ÁREA DE ESTUDO PARA MENSURAÇÃO.  
FONTE: ALLAN LESSA DERCI AUGUSTYNCZIK (2011).

### 4.3 DINÂMICA FLORESTAL

#### 4.3.1 Ingresso

Foram consideradas como ingressos todas as árvores que atingiram DAP maior ou igual a 10 cm no segundo período de medição (2010). A taxa de ingresso foi computada de forma absoluta e também de forma relativa utilizando a fórmula (1):

$$I\% = \frac{N_{In}}{N_i} * 100 \quad (1)$$

onde:

$N_{In}$  = número de árvores ingressas.

$N_i$  = número de árvores em 2007.

#### 4.3.2 Mortalidade

A mortalidade foi obtida de forma absoluta através da contagem das árvores que morreram durante o período de medições (2007 e 2010) e ainda de forma relativa através da fórmula (2):

$$M\% = \frac{N_m}{N_i} * 100 \quad (2)$$

onde:

$N_m$  = número de árvores mortas.

$N_i$  = número de árvores em 2007.

#### 4.4 AVALIAÇÃO DA PROGNOSE COM MATRIZ DE TRANSIÇÃO

A partir das projeções da distribuição diamétrica aderentes oriundas da matriz de transição efetuou-se a comparação da estrutura diamétrica estimada para 2013 com a estrutura diamétrica observada a partir dos dados coletados em 2013. Para isso, foi empregado o teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Este teste visa avaliar a concordância de duas distribuições cumulativas, no caso a distribuição diamétrica observada em 2013 e a projetada para 2013. Se duas distribuições cumulativas amostrais estão muito longe em qualquer ponto, isso sugere que as amostras vêm de populações diferentes. O teste é focado na maior diferença em módulo entre duas distribuições. A fórmula (3) a seguir é utilizada para medir as possíveis discrepâncias entre proporções observadas e esperadas:

$$D = \sup * |F_{o(x)} - F_{e(x)}| \quad (3)$$

em que:

$F_{o(x)}$  = frequência observada acumulada para cada classe;

$F_{e(x)}$  = frequência estimada acumulada para cada classe.

D = o ponto de maior divergência é o valor D de K-S, sendo que o menor D entre distribuições, indicará o melhor ajuste.

A significância do teste é dada pela fórmula (4):

$$D_{calc} = \frac{D}{N} \quad (4)$$

em que:

D = valor de maior divergência da distribuição

N = número total de árvores.

- Se  $D_{calc}$  for  $\geq D_n$ : Rejeita-se  $H_0$  (distribuições estatisticamente não aderentes).
- Se  $D_{calc}$  for  $< D_n$ : Aceita-se  $H_0$  (distribuições estatisticamente aderentes).

O valor de  $D_n$  é tabelar a nível  $\alpha$  de probabilidade para  $N$  indivíduos.

## 4.5 PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA

### 4.5.1 Matriz de transição

Os dados provenientes das parcelas permanentes foram organizados, classificados e processados utilizando o aplicativo Microsoft EXCEL. A escolha da amplitude de classe diamétrica ocorreu de acordo com os resultados das simulações realizadas. Assim, foi estabelecida a distribuição diamétrica de amplitude constante, com intervalos de 10 cm para cada classe, para as árvores com DAP maior ou igual a 10 cm, sendo a primeira classe considerada de 10 a 20cm e a última classe representada por árvores com DAP  $\geq 80$  cm.

Para a construção de cada matriz de transição, primeiramente, foi construída uma tabela de frequência absoluta das transições ocorridas durante o intervalo de tempo considerado (2007-2010). A dinâmica do sistema foi representada em cada intervalo de tempo de acordo com: mudança dos indivíduos para classes diamétricas superiores devido o incremento diamétrico; permanência dos indivíduos na mesma classe diamétrica; mortalidade e recrutamento.

A probabilidade de transição para cada intervalo de medição foi obtida dividindo-se o número de árvores que mudaram, permaneceram na mesma classe ou morreram pelo número de árvores naquela classe no início do período de crescimento. Desta forma, a distribuição diamétrica da população a ser projetada do tempo  $t$  para  $t+1$  pode ser determinada pela situação no tempo  $t$  e pelo ingresso ocorrido no intervalo de tempo do estudo. O modelo em sua forma matricial pode ser visualizado na fórmula (5):

$$G = \begin{matrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \\ \vdots \\ i_n \end{matrix} \begin{bmatrix} a_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ b_2 & a_2 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ c_3 & b_3 & a_3 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & c_4 & b_4 & a_4 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & c_5 & b_5 & a_5 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_n & b_n & a_n \\ m_1 & m_2 & m_3 & m_4 & m_5 & \dots & m_n \end{bmatrix} \quad (5)$$

em que:

$G$  = matriz de probabilidade de transição;

$a_i$  ,  $b_i$  ,  $c_i$  = São as probabilidades de uma árvore viva permanecer na mesma classe diamétrica( $a_i$ ), mudar para a classe diamétrica subsequente( $b_i$ ), ou ainda mudar duas classes( $c_i$ );

$m_i$  = Probabilidade das árvores que morreram no período estudado.

Segundo Arce et al. (1997) a matriz de transição é um método de simulação que considera as frequências diamétricas no ano de início da simulação ( $N_t$ ) e o recrutamento como vetores ( $R_t$ ). Segundo os autores a mortalidade pode ser considerada de duas maneiras: como um vetor de subtração ( $M_t$ ), ou incluída na matriz  $T_p$  na ultima linha e coluna.

A estrutura diamétrica da floresta no tempo futuro é o resultado da multiplicação da matriz de probabilidade de transição pelo número de árvores no período atual, somado ao número de árvores ingressas, como descrito na fórmula (6) a seguir (BUONGIORNO e MICHIE, 1980):

$$Y_t + D_t = G * Y_{it} + I_{it} \quad (6)$$

em que:

$Y_t + D_t$  = número de árvores projetadas;

$G$  = probabilidade de transição por classe diamétrica;

$Y_{it}$  = número de árvores por classe de diâmetro no período atual;

$I_{it}$  = número de árvores ingressas ou recrutadas;

A expressão anterior em sua forma matricial é descrita na fórmula (7) a seguir:

$$\begin{bmatrix} Y_{1t+\Delta t} \\ Y_{2t+\Delta t} \\ Y_{3t+\Delta t} \\ \vdots \\ \vdots \\ Y_{nt+\Delta t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ b_2 & a_2 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ c_3 & b_3 & a_3 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & c_4 & b_4 & a_4 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & c_5 & b_5 & a_5 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_n & b_n & a_n \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \\ Y_{3t} \\ \vdots \\ \vdots \\ Y_{nt} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} I_{1t} \\ I_{2t} \\ I_{3t} \\ \vdots \\ \vdots \\ I_{nt} \end{bmatrix} \quad (7)$$

A matriz foi estruturada considerando 10 estados, onde o primeiro estado foi denominado de classe R (Recrutamento); do 2° ao 8° estados correspondem às 7 classes diamétricas; o 9° estado corresponde aos indivíduos com DAP  $\geq$  80 cm, podendo variar de 80 cm até o maior diâmetro medido (última classe diamétrica); o 10° estado foi nomeado como classe M (mortalidade), composto pelas árvores que morreram durante o intervalo de tempo das medições.

Além das simulações efetuadas para cada área de borda, também foram efetuadas simulações para algumas espécies do fragmento. A escolha das espécies foi baseada em um trabalho publicado por Machado et al. (2013) acerca da mesma área de estudo. Nesse estudo, foi determinado o número verdadeiro de árvores da espécie por hectare (densidade absoluta) e o referente valor em percentagem (densidade relativa), a área basal por espécie por hectare (dominância absoluta) e também seu valor expresso em percentagem (dominância relativa). A obtenção desses resultados permitiu o cálculo do valor de cobertura (VC), que é a somatória de dominância relativa com densidade relativa.

De posse destes resultados, para o presente trabalho, foram escolhidas as três espécies com maiores índices de dominância relativa, sendo: Araucária (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze), Cafezeiro (*Casearia sylvestris* Sw.) e Açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart. Et Zucc.).

A prognose da distribuição diamétrica foi realizada para o período equivalente às medições realizadas, ou seja, três anos. Partindo-se dos dados de 2007 a 2010, projetou-se a distribuição diamétrica para 2013.

#### 4.6 EFEITO DE BORDA

Fontoura et al. (2006), utilizando parâmetros como riqueza, abundância, composição e estrutura da vegetação em uma área de transição entre floresta de Araucária e pasto estabeleceram uma extensão de borda de até 50 metros. Utilizando a temperatura como indicador em área ocupada por silvicultura, Saunders et al. (1998) encontraram um efeito de borda variando de 10 a 60 metros, dependendo do local, do período do dia e das condições do tempo, dentre outras variáveis.

Hansen & Clewenger (2005) estudaram o efeito de borda de estradas e ferrovias em fragmentos de floresta e campos abertos utilizando como indicador a presença de espécies invasoras. Eles observaram que ao longo dos 25 metros de extensão de efeitos de borda na floresta havia um gradiente de intensidade de manifestação dos indicadores do efeito, da borda para o centro do fragmento.

Pesquisadores que trabalham com métricas e ecologia da paisagem usam um tamanho pré-determinado de extensão de borda, usualmente entre 30 e 100 metros, de acordo com a análise do lugar (METZGER, 2001).

Desta forma, foram consideradas de maneira arbitrária como bordas faixas de zero, 5, 10, 15 e 20 metros de largura no entorno do fragmento. A escolha das larguras foi baseada na observação da área de estudo. Faixas com largura superior a 25 metros ocasionariam na separação da pequena área a esquerda do mapa do restante do fragmento e uma borda com 40 metros de largura ocasionaria a exclusão total desta pequena porção de área do remanescente (FIGURA 2A).

A delimitação espacial das faixas de borda foi efetuada por meio da metodologia da distância euclidiana. Inicialmente, através de um gráfico de dispersão de coordenadas, todas as árvores pertencentes ao capão foram plotadas (FIGURA 2A) e em seguida, de forma manual, foram identificadas no entorno da área 512 árvores consideradas como limites (FIGURA 2B).

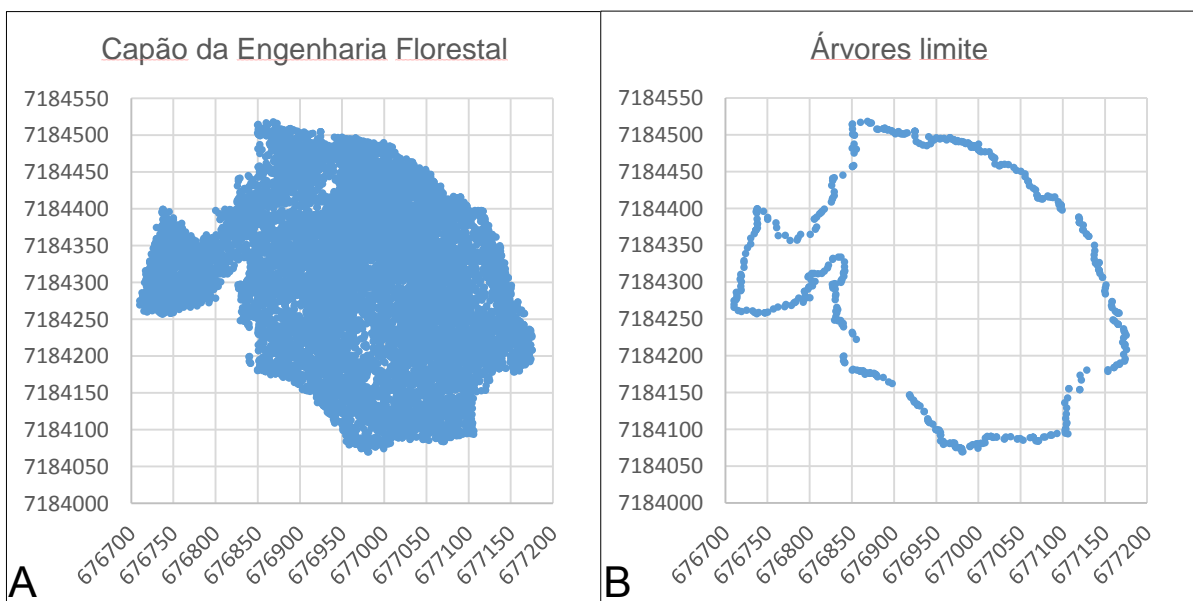


FIGURA 3 – (A) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE TODAS AS ÁRVORES PERTENCENTES AO FRAGMENTO DE FLORESTA ESTUDADO; (B) REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE TODAS AS ÁRVORES CONSIDERADAS COMO LIMITES DO FRAGMENTO.

Considerando o caso mais simples, no qual existem  $n$  indivíduos na área estudada, onde cada um possuem valores pareados de coordenadas geográficas, a distância euclidiana entre eles é obtida mediante o teorema de Pitágoras. Por exemplo, tomando como limite a borda de 5 metros, todas as árvores em que a distância a qualquer árvore limite foi um valor menor ou igual a 5 metros foram classificadas como árvores pertencentes a área de bordadura com 5 metros. Todos os cálculos foram efetuados através do programa computacional Microsoft Excel. A fórmula (8) utilizada para o cálculo da distância euclidiana é descrita a seguir:

$$D_{A,B} = \sqrt{(x_{a1} - x_{b1})^2 + (y_{a2} - y_{b2})^2} \quad (8)$$

em que:

$D_{A,B}$ : Distância euclidiana entre os pontos A e B;

$X_{a1}$ : Coordenada X do ponto A;

$X_{b1}$ : Coordenada X do ponto B;

$Y_{a2}$ : Coordenada Y do ponto A;

$Y_{b2}$ : Coordenada Y do ponto B.

Com os valores de distâncias obtidos, todos os indivíduos que eram considerados dentro da cada faixa de borda estipulada eram separados dos demais, originando um novo banco de dados e conseqüentemente uma nova matriz de transição.

De posse de todas as coordenadas geográficas para cada árvore denominada como limite, foram calculadas as áreas de cada borda utilizada no presente estudo com o programa ArcGis 10.1. Para tal, os valores de coordenadas foram sobrepostos sobre uma imagem do fragmento, originando um *buffer* sobreposto a imagem original. Em seguida, este *buffer* foi separado da imagem da área e por meio da ferramenta de cálculo de área disposta no programa, fez-se o cálculo de cada área específica. Além do cálculo das áreas esse método serviu para averiguar se os limites estipulados pela distância euclidiana eram válidos, fato atestado no final dos cálculos.



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA

Com base nas medições de 2007 e 2010, foram realizadas projeções para o ano de 2013, com o objetivo de comparar com as medições desse mesmo ano para cada matriz gerada neste trabalho. A seguir são demonstrados os resultados para cada matriz calculada de acordo com a área do capão delimitada, sendo: Área total, áreas com a retirada da borda de 5, 10, 15 e 20 metros de largura.

#### 5.1.1 Matriz de transição para área total

A Tabela 1 apresenta a matriz de transição do número de árvores absoluto, de um estado para outro, ocorrida durante o período de observação (2007 a 2010), usando os dados oriundos da área total do capão (12,96 ha).

TABELA 1 - VALORES DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PARA O PERÍODO DE 2007 A 2010 PARA A MATRIZ DE ÁREA TOTAL

CD	15	25	35	45	55	65	75	>80	M	Total 2010
R	672								0	672
15	6865	331							165	7361
25		1267	82						45	1394
35			412	30					10	452
45				162	25				3	190
55					131	25			1	157
65						77	13		0	90
75							20	5	0	25
>80								3	0	3
<b>Total 2007</b>	<b>7537</b>	<b>1598</b>	<b>494</b>	<b>192</b>	<b>156</b>	<b>102</b>	<b>33</b>	<b>8</b>	<b>224</b>	<b>10344</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.

Foi observado um recrutamento de 672 indivíduos, pertencendo todos eles à primeira classe de diâmetro (CD 15 cm). A mortalidade observada para o mesmo período foi de 224 indivíduos, os quais se distribuíram nas primeiras 5 classes diamétricas. Para o período de 3 anos, tomando novamente a classe um como exemplo, de sua totalidade de indivíduos, 331 conseguiram ingressar na classe dois (CD 25 cm).

A matriz  $p_{ij}$  montada a partir dos dados que foram apresentados na Tabela 1 é demonstrada na Tabela 2. Nela são apresentadas as probabilidades, ou também as chances de cada árvore em cada classe diamétrica, de permanecer na mesma classe, mudar para uma ou mais classes superiores ou sair do sistema por meio da mortalidade.

TABELA 2 - VALORES DE PROBABILIDADE DE TRANSIÇÃO EM CADA CLASSE DIAMÉTRICA, DURANTE O PERÍODO DE 2007 A 2010 (Matriz  $p_{ij}$ ).

CD	15	25	35	45	55	65	75	>80	M	Total 2010
R	1,000								0,000	1
15	0,933	0,045							0,022	1
25		0,909	0,059						0,032	1
35			0,912	0,066					0,022	1
45				0,853	0,132				0,016	1
55					0,834	0,159			0,006	1
65						0,856	0,144		0,000	1
75							0,850	0,150	0,000	1
>80								0,950	0,050	1
<b>Total 2007</b>	<b>1,933</b>	<b>0,954</b>	<b>0,970</b>	<b>0,919</b>	<b>0,966</b>	<b>1,015</b>	<b>1,044</b>	<b>1,000</b>	<b>1,349</b>	<b>10</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.

A projeção da distribuição para o ano de 2013 composta pela matriz  $p_{ij}$  elevada ao quadrado ( $p_{ij}^2$ ) é apresentada na Tabela 3. Na matriz  $p_{ij}^2$  pode-se observar, em geral, que as árvores têm maior probabilidade de permanecer na mesma classe diamétrica para o período avaliado. Assim, por exemplo, um indivíduo da primeira classe (CD 15 cm) possui uma probabilidade de 87% de permanecer na classe que se encontra, sendo esse valor comparativamente alto à probabilidade do mesmo indivíduo migrar para a segunda classe (8,3%).

TABELA 3 - VALORES DE PROBABILIDADE DE TRANSIÇÃO OBTIDOS EM CADA CLASSE DIAMÉTRICA PARA O PERÍODO DE 2010 A 2013 (pij2).

CD	15	25	35	45	55	65	75	>80	M	Total 2010
R	0,933	0,045							0,022	1
15	0,870	0,083	0,003						0,045	1
25		0,826	0,107	0,004					0,063	1
35			0,831	0,117	0,009				0,043	1
45				0,727	0,222	0,021			0,030	1
55					0,696	0,269	0,023		0,012	1
65						0,732	0,239	0,029	0	1
75							0,64	0,31	0,05	1
>80								0,5625	0,4375	1
<b>Total 2007</b>	<b>1,802</b>	<b>0,954</b>	<b>0,941</b>	<b>0,848</b>	<b>0,927</b>	<b>1,022</b>	<b>0,902</b>	<b>0,901</b>	<b>1,703</b>	<b>10</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.

Os dados absolutos da Tabela 4 demonstram os valores referentes a prognose da matriz para 2013. Em contrapartida, na Tabela 5 é possível observar os valores absolutos da distribuição diamétrica real do fragmento em 2013.

A taxa de mortalidade foi estimada em 462 árvores, valor inferior ao número de árvores recrutadas pelo sistema (657 indivíduos). Do total de árvores recrutadas, a matriz estimou que 93,3% entraria no sistema na classe de 10 a 20 cm, enquanto o restante entraria diretamente na segunda classe (CD 25 cm). De fato, ocorreram ingressos nas classes um e dois quando comparados aos valores observados no ano de 2013 (Tabela 5), entretanto, de um total de 593 árvores recrutadas, 99,7% ingressaram na classe um e somente 0,3% ingressaram diretamente na classe 2. A diferença entre o número de indivíduos observados e prognosticados atingiu a marca de 64 árvores para os recrutados nas classes 1 e 2, o que em termos relativos, resulta em um valor de superestimativa de 10,79%. Perante a prognose a matriz estimou que a grande maioria das árvores mortas estariam na primeira classe diamétrica (330 indivíduos), fato que realmente ocorreu (450 indivíduos), com valores certamente diferenciados, mas que do ponto de vista deste trabalho não compromete de forma significativa a informação gerada pela matriz, que apresentou um erro de aproximadamente 20% na estimativa da mortalidade, mas que apresentou apenas 3,4% de erro para o número de árvores total.

TABELA 4 - VALORES ABSOLUTOS DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PROGNOSTICADOS PARA O ANO DE 2013 PARA A ÁREA TOTAL.

CD	15	25	35	45	55	65	75	>80	M	Total 2013
R	627	30							15	672
15	6402	610	19						330	7361
25		1152	149	5					88	1394
35			376	53	4				20	452
45				138	42	4			6	190
55					109	42	4		2	157
65						66	22	3	0	90
75							16	8	1	25
>80								2	1	3
<b>Total 2010</b>	<b>7029</b>	<b>1791</b>	<b>544</b>	<b>196</b>	<b>155</b>	<b>112</b>	<b>41</b>	<b>12</b>	<b>462</b>	<b>10344</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.

TABELA 5 - VALORES ABSOLUTOS DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS NO ANO DE 2013 PARA ÁREA TOTAL.

CD	15	25	35	45	55	65	75	>80	M	Total 2013
R	591	2							0	593
15	6766	325							450	7541
25		1415	99						82	1596
35			417	42					32	491
45				154	36				4	194
55					130	24			2	156
65						85	16		0	101
75							29	2	2	33
>80								8	0	8
<b>Total 2010</b>	<b>7357</b>	<b>1742</b>	<b>516</b>	<b>196</b>	<b>166</b>	<b>109</b>	<b>45</b>	<b>10</b>	<b>572</b>	<b>10713</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.

Para 2013 o número total de árvores foi estimado em 10.344 indivíduos (mesmo número do banco de dados de 2007 -2010), incluindo recrutas e excluindo mortas, resultando em uma média de 798 árvores por hectare. Esta é uma evidência de uma das pequenas falhas da matriz de transição, que é “engessada” ao número de árvores do período utilizado como banco de dados para o estudo, mas que ainda apresenta boas estimativas já que, comparativamente, o levantamento diamétrico da área resultou um total de 10.713 árvores, ou 826 indivíduos por hectare.

### 5.1.2 Matriz de transição para borda de 5 metros

Para esse e demais casos a seguir com áreas de borda, o número de árvores total do sistema foi reduzido, devido a retirada da área de borda específica para cada matriz. Para a matriz com retirada de 5 metros de borda a redução no número total de indivíduos foi de 10,48%, ou 1085 indivíduos, passando a apresentar como número total 9259 árvores. Pode-se observar que grande parte das árvores retiradas com a borda de 5 metros, aproximadamente 60% delas, estavam na primeira classe diamétrica, agora com 6667 árvores.

Os dados absolutos presentes na Tabela 6 mostram os valores referentes a prognose da matriz para 2013. Em contrapartida, na Tabela 7 é possível observar os valores absolutos da distribuição diamétrica real do fragmento de floresta estudado.

A taxa de mortalidade foi estimada em 398 árvores, sendo inferior ao número de árvores recrutadas pelo sistema que foi de 554 indivíduos divididos nas duas primeiras classes diamétricas. Entretanto, os valores observados demonstraram que o número de árvores mortas foi superior ao número de árvores recrutadas, evidenciando uma diferença de 129 árvores (467 árvores mortas para 338 árvores recrutadas). Perante a prognose a matriz estimou que a grande maioria das árvores mortas estariam na primeira classe diamétrica, fato que realmente ocorreu, com valores certamente diferenciados e um erro de 22,5% em relação ao número de árvores observadas, mas que do ponto de vista deste trabalho não compromete de forma significativa a informação gerada pela matriz, que apresentou um erro de apenas 10 árvores na estimativa total.

TABELA 6 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PROGNOSTICADOS PARA O ANO DE 2013 PARA A MATRIZ DE BORDA 5 METROS.

CD	15	25	35	45	55	65	75	>80	M	Total 2013
R	529	25							12	566
15	5789	532	15						285	6621
25		1036	119	4					72	1232
35			337	44	3				18	402
45				126	40	4			6	176
55					103	40	4		2	149
65						61	21	3	0	85
75							16	8	1	25
>80								2	1	3
<b>Total 2010</b>	<b>6318</b>	<b>1593</b>	<b>471</b>	<b>174</b>	<b>147</b>	<b>105</b>	<b>41</b>	<b>12</b>	<b>398</b>	<b>9259</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.

TABELA 7 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS NO ANO DE 2013 PARA A MATRIZ DE BORDA 5 METROS.

CD	15	25	35	45	55	65	75	>80	M	Total 2013
R	338								0	338
15	6032	267							368	6667
25		1233	84						66	1383
35			364	36					26	426
45				138	32				3	173
55					123	22			2	147
65						80	14		0	94
75							29	2	2	33
>80								8	0	8
<b>Total 2010</b>	<b>6370</b>	<b>1500</b>	<b>448</b>	<b>174</b>	<b>155</b>	<b>102</b>	<b>43</b>	<b>10</b>	<b>467</b>	<b>9269</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.

### 5.1.3 Matriz de transição para borda de 10 metros

O capão com a retirada de 10 metros de borda teve uma redução no número total de 1923 indivíduos, ou 18,6%, passando a apresentar um número total de 8421 árvores. A maior parte das árvores que foram retiradas com a borda representam os indivíduos da primeira (63,1%) e segunda (16,3%) classe diamétrica.

Os dados absolutos da Tabela 8 demonstram os valores referentes a prognose da matriz para 2013 enquanto a Tabela 9 evidencia os valores absolutos da distribuição diamétrica real da área em questão.

A taxa de mortalidade foi estimada em 364 árvores, sendo inferior ao número de árvores recrutadas pelo sistema que totalizou 505 indivíduos divididos nas duas primeiras classes, das quais 11 mortas. Analisando a distribuição real observou-se que o número de árvores mortas foi superior ao número de árvores recrutadas, com uma diferença de 72 árvores (412 árvores mortas para 340 recrutadas). Mais uma vez a matriz estimou que grande parte das árvores mortas estariam na primeira classe diamétrica, e mesmo que com um erro de 12,8% em relação ao total de árvores observadas, o resultado é considerado satisfatório.

Pode-se observar que as estimativas por classe diamétrica são bastante próximas do valor real e que houve uma subestimativa de apenas 38 árvores para o número total de indivíduos do capão. De uma maneira geral, verificou-se que a matriz estima que algumas árvores podem avançar até duas classes diamétricas no intervalo de três anos entre as medições. Entretanto, a matriz com os dados reais (Tabela 9) evidencia que isso de fato não ocorre, já que nenhuma árvore avançou duas classes diamétricas. Dessa forma, percebe-se que a matriz apesar de ser simulada com probabilidades mesmo que pequenas para crescimento em até duas classes diamétricas, essa probabilidade não condiz com a realidade da dinâmica de crescimento do capão objeto deste estudo.

TABELA 8 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PROGNOSTICADOS PARA O ANO DE 2013 PARA A MATRIZ DE BORDA 10 METROS.

CD	15	25	35	45	55	65	75	>80	M	Total 2013
R	473	21							11	505
15	5318	471	13						258	6060
25		916	101	3					68	1089
35			308	37	3				18	366
45				117	34	3			6	160
55					94	37	4		2	136
65						55	22	2	0	79
75							17	6	1	24
>80								1	1	2
<b>Total 2010</b>	<b>5791</b>	<b>1408</b>	<b>422</b>	<b>157</b>	<b>131</b>	<b>95</b>	<b>43</b>	<b>9</b>	<b>364</b>	<b>8421</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.

TABELA 9 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS NO ANO DE 2013 PARA A MATRIZ DE BORDA 10 MÉTROS.

CD	15	25	35	45	55	65	75	>80	M	Total 2013
R	340								0	340
15	5535	240							320	6095
25		1091	72						60	1223
35			327	33					25	385
45				126	29				3	158
55					109	21			2	132
65						73	14		0	87
75							29	2	2	33
>80								6	0	6
<b>Total 2010</b>	<b>5875</b>	<b>1331</b>	<b>399</b>	<b>159</b>	<b>138</b>	<b>94</b>	<b>43</b>	<b>8</b>	<b>412</b>	<b>8459</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.

#### 5.1.4 Matriz de transição para borda de 15 metros

A matriz com retirada de 15 metros de borda apresentou uma redução em seu número total igual a 2722 indivíduos, ou 26,3%, passando a apresentar como número total 7622 árvores.

Na Tabela 10 são apresentados os dados absolutos referentes a prognose da matriz para 2013 e na Tabela 11 são demonstrados os valores absolutos da distribuição diamétrica real da área no ano de 2013. Pode-se observar que há uma subestimativa das árvores que permanecem na mesma classe, com exceção da classe de 75 cm de CL. Para a estimativa do número total de árvores verificou-se que houve uma diferença de apenas 63 árvores.

A taxa de recrutamento foi estimada em 439 árvores, sendo superior ao número de árvores que saíram do sistema que totalizou 319 indivíduos divididos principalmente nas três primeiras classes. A distribuição real demonstrou que o número de árvores mortas foi de 369 árvores contra 322 recrutas, evidenciando um erro na estimativa das árvores recrutas superior ao da mortalidade. Entretanto, a estimativa da matriz apresentou um erro inferior a 1% para o número total de árvores, sendo o maior erro evidenciado na classe diamétrica maior de 80 cm, com



subestimativa de cerca de 60% do valor real, fato ocorrido devido ao baixo número de indivíduos na classe.

TABELA 10 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PROGNOSTICADOS PARA O ANO DE 2013 PARA A MATRIZ DE BORDA 15 METROS.

CD	15	25	35	45	55	65	75	>80	M	Total 2013
R	421	18							9	448
15	4843	409	11						231	5494
25		825	93	2					57	977
35			285	29	2				12	328
45				106	30	3			6	145
55					88	35	4		2	128
65						53	22	2	0	77
75							16	6	1	23
>80								1	1	2
<b>Total 2010</b>	<b>5264</b>	<b>1252</b>	<b>389</b>	<b>137</b>	<b>120</b>	<b>91</b>	<b>42</b>	<b>9</b>	<b>319</b>	<b>7622</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.

TABELA 11 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS NO ANO DE 2013 PARA A MATRIZ DE BORDA 15 METROS.

CD	15	25	35	45	55	65	75	>80	M	Total 2013
R	322								0	322
15	5035	211							285	5531
25		980	66						53	1099
35			294	31					25	350
45				110	27				2	139
55					104	17			2	123
65						70	14		0	84
75							29	1	2	32
>80								5	0	5
<b>Total 2010</b>	<b>5357</b>	<b>1191</b>	<b>360</b>	<b>141</b>	<b>131</b>	<b>87</b>	<b>43</b>	<b>6</b>	<b>369</b>	<b>7685</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.

### 5.1.5 Matriz de transição para borda de 20 metros

Devido a retirada da faixa com 20 metros de borda, o número de árvores total da matriz foi reduzido em um total igual a 3382 indivíduos, ou 32,7%, passando a apresentar como número total 6962 árvores.

A Tabela 12 apresenta os valores obtidos através da prognose da matriz para 2013 e na Tabela 13 são mostrados os valores referentes a distribuição diamétrica real em 2013.

Nesse caso, já pode-se observar que árvores de todas as classes diamétricas foram retiradas, juntamente com a borda (Tabela 13), quando comparado com a Tabela 5, apesar de ainda o maior percentual pertencer as primeira e segunda classe. Outra observação importante, é que o número de árvores recrutadas e mortas reduz consideravelmente com a retirada da borda de 20 metros, passando de 593 para 314 recrutadas e de 572 para 331 mortas. Isso evidencia a dinâmica da área de borda, que representa mais de 40% do percentual total de ingressos e mortalidade de todo capão, auxiliando a compreender as melhores simulações obtidas com a retirada da borda, já que a estimativa da matriz neste caso apresentou o menor valor de erro (5,1%) quando comparada as demais matrizes com retirada de borda.

TABELA 12 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PROGNOSTICADOS PARA O ANO 2013 PARA A MATRIZ DE BORDA 20 METROS.

CD	15	25	35	45	55	65	75	>80	M	Total 2013
R	394	16							9	419
15	4441	363	10						213	5027
25		751	84	2					45	882
35			258	27	2				8	295
45				94	30	3			6	133
55					77	34	3		2	115
65						49	15	2	0	66
75							16	6	1	23
>80								1	1	2
<b>Total 2010</b>	<b>4835</b>	<b>1131</b>	<b>352</b>	<b>123</b>	<b>109</b>	<b>86</b>	<b>34</b>	<b>9</b>	<b>284</b>	<b>6962</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.

TABELA 13 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS NO ANO DE 2013 PARA A MATRIZ DE BORDA 20 METROS.

CD	15	25	35	45	55	65	75	>80	M	Total 2013
R	314								0	314
15	4640	191							255	5086
25		876	59						47	982
35			263	30					23	316
45				96	25				2	123
55					96	14			2	112
65						63	13		0	76
75							25	1	2	28
>80								5	0	5
<b>Total 2010</b>	<b>4954</b>	<b>1067</b>	<b>322</b>	<b>126</b>	<b>121</b>	<b>77</b>	<b>38</b>	<b>6</b>	<b>331</b>	<b>7042</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.

## 5.2 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DAS MATRIZES PARA ÁREA TOTAL E COM RETIRADA DE BORDAS ESPECÍFICAS

A avaliação de todas as prognoses foram feitas com a utilização do teste estatístico de Kolmogorov-Smirnov (K-S), onde foram comparadas a estrutura real da floresta no ano de 2013 com os valores projetados pela da matriz de transição para o mesmo período. O teste K-S detecta o ponto de maior divergência e compara-o com um valor tabelado a um dado nível de significância. Por exemplo, após o cálculo das diferenças entre os valores reais e observados, se adota a maior diferença, sendo ela negativa ou não, ou seja, em módulo. O  $D_{calc}$  será calculado a partir deste valor e o resultado será comparado a um valor tabelar pré estabelecido. Se o resultado do  $D_{calc}$  foi inferior ao valor tabelado ( $D_{tab}$ ) a um nível  $\alpha$  pré-estabelecido, aceita-se  $H_0$  e conseqüentemente a hipótese de que as distribuições são estatisticamente iguais a um dado nível de probabilidade.

Na Tabela 23 estão expressos os valores da estrutura diamétrica real e projetada para o ano de 2013 para a matriz que utilizou a área total e para as matrizes onde foram retiradas cada área de borda específica. Para melhor visualização, tais valores foram tabulados no (Gráfico 1). Através da análise gráfica, fica mais fácil compreender as mudanças acarretadas pelas subseqüentes retiradas das bordas para cada matriz calculada.

TABELA 14 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS E PROGNOSTICADOS EM NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE PARA O PERÍODO DE 2013 PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA.

CD	Total		B.5m		B.10m		B.15m		B.20m	
	Obs	Est	Obs	Est	Obs	Est	Obs	Est	Obs	Est
15	592,75	589,74	549,42	567,28	544,52	557,82	534,36	544,50	533,16	538,78
25	116,74	103,13	109,02	98,03	103,56	92,76	100,38	90,05	96,89	88,44
35	35,80	33,37	33,11	31,82	32,06	31,02	31,19	30,33	30,36	29,73
45	14,66	14,22	14,07	14,10	13,80	13,74	13,15	13,37	12,54	13,19
55	11,81	11,97	12,00	12,18	11,58	11,95	11,61	12,11	11,40	11,73
65	7,87	6,94	7,78	7,04	7,75	7,03	8,06	7,39	7,88	6,84
75	2,39	1,93	2,57	2,07	2,76	2,14	2,88	2,21	2,69	2,38
>80	0,62	0,23	0,66	0,25	0,53	0,18	0,48	0,19	0,52	0,21
<b>Total</b>	<b>782,64</b>	<b>761,53</b>	<b>728,64</b>	<b>732,75</b>	<b>716,56</b>	<b>716,64</b>	<b>702,11</b>	<b>700,15</b>	<b>695,44</b>	<b>691,30</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; B.: BORDA DE...; OBS: DADOS OBSERVADOS; EST: DADOS ESTIMADOS.

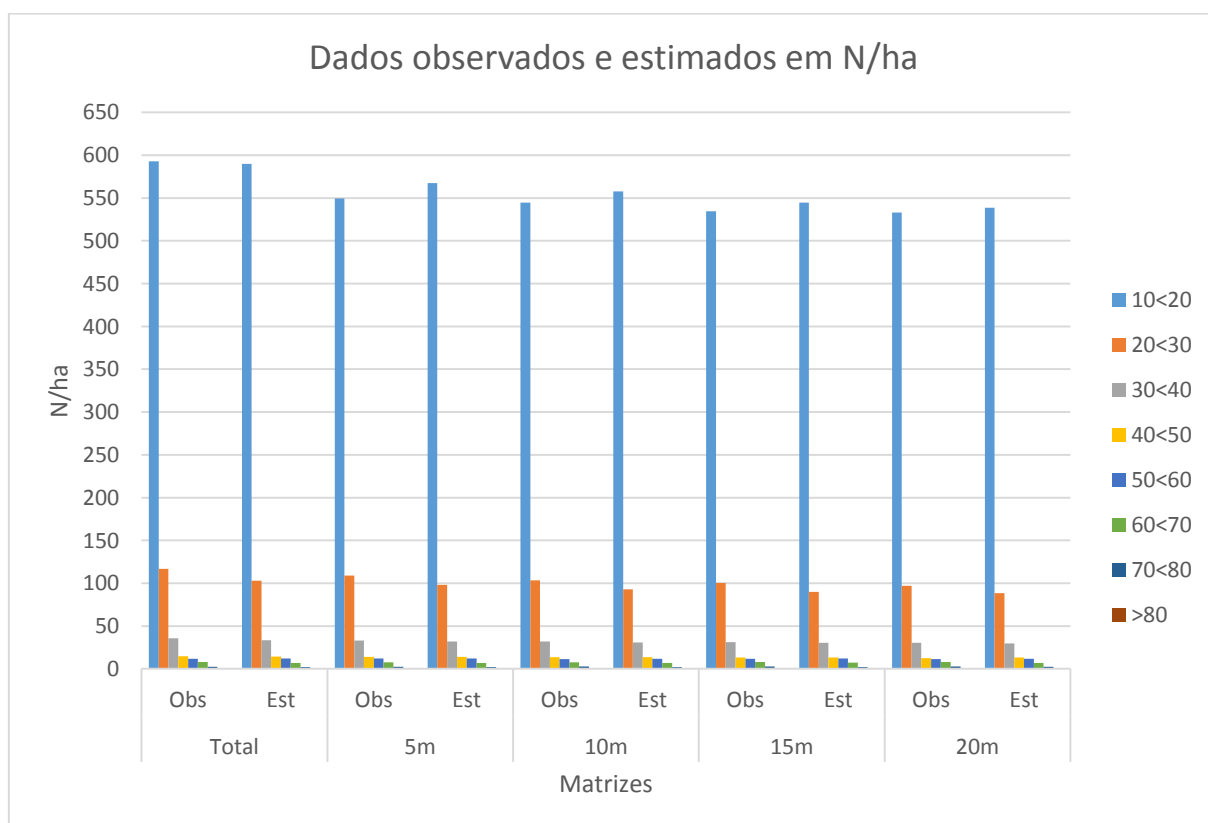


GRÁFICO 1 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS E PROGNOSTICADOS EM NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE PARA O PERÍODO DE 2013 PARA AS MATRIZES TOTAL E SEM AS BORDAS.

A primeira expressão a ser observada é a redução gradativa para as duas primeiras classes diamétricas para todas as matrizes. Utilizando a análise tabular (Tabela 23), fica evidente que as classes 3 e 4 também sofrem reduções gradativas ao longo da retirada da borda. Da classe 5 em diante, os valores reais praticamente não sofrem alterações. Isso pode ser explicado basicamente pelo princípio de que as árvores nas classes diamétricas maiores estão bem estabelecidas no interior do fragmento, ou seja, indivíduos maiores não ocorrem com grande frequência na bordadura do capão, sendo assim, não são retirados por não estarem dentro da faixa de bordadura e conseqüentemente somando valores nestas classes para todas as matrizes.

Stepka et al. (2008), avaliou em seu trabalho que a FLONA de Irati possuía a distribuição diamétrica na forma de J invertido característica de florestas mistas, constatando-se a existência de poucas árvores com DAP acima de 60cm, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho para o fragmento estudado. Longhi (1980) afirmou que este tipo de distribuição diamétrica garante que o processo dinâmico da floresta se perpetue, pois a súbita ausência de indivíduos dominantes (maiores dimensões), geralmente ocasionada por morte natural, dará lugar para o desenvolvimento das árvores chamadas de recrutas, representadas pela elevada taxa de ingresso na primeira classe diamétrica.

Schaaf (2006), estudando a distribuição diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista (9 ha) entre os anos de 1979 e 2000, também concluiu que a floresta estudada apresentou a típica distribuição J-invertido nos dois levantamentos efetuados. O autor descreve que além da distribuição, a floresta no ano 2000 teve um aumento considerável na frequência das classes diamétricas acima dos 50 cm, consideração que não corrobora com o presente estudo.

A Tabela 24 foi montada utilizando a diferença dos valores apresentados na Tabela 23, bem como foram calculados os valores relativos destas diferenças em função do total observado para cada classe diamétrica em cada matriz calculada.

Para a matriz de área total é possível observar que as maiores diferenças encontram-se nas 3 primeiras classes de diâmetro. Observa-se que o ponto de maior divergência para a matriz da área total do fragmento foi na classe 2 (20 <30), com valor de 13,62. Para a matriz com a retirada da borda de 5 metros as maiores diferenças ocorreram nas duas primeiras classes sendo que para o teste K-S o ponto de maior divergência ocorreu na classe 1, com valor de -16,64. Com a retirada

da borda de 10 metros a maior diferença também ocorreu na primeira classe (-11,52). Retirando 15 metros de borda o ponto de maior divergência ocorreu na classe 2, com valor de 8,30. Por último, com a retirada da borda de 20 metros, a maior diferença ocorreu também na classe 2, com valor de 6,29.

TABELA 15 - DIFERENÇA ABSOLUTA E RELATIVA ENTRE OS VALORES DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS E PROGNOSTICADOS EM NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE PARA O PERÍODO DE 2013 PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA.

CD	Total		B.5m		B.10m		B.15m		B.20m	
	Obs - Est	e (%)	Obs - Est	e (%)	Obs - Est	e (%)	Obs - Est	e (%)	Obs - Est	e (%)
15	3,00	0,507	-16,64	-3,25	-11,52	-2,44	-8,16	-1,90	-4,18	-1,05
25	13,62	11,66	10,25	10,09	9,36	10,43	8,30	10,30	6,29	8,73
35	2,44	6,81	1,21	3,92	0,90	3,24	0,69	2,75	0,47	2,08
45	0,44	3,01	-0,02	-0,18	0,06	0,46	-0,18	-1,67	-0,49	-5,22
55	-0,17	-1,41	-0,17	-1,49	-0,32	-3,21	-0,40	-4,27	-0,24	-2,89
65	0,93	11,76	0,69	9,57	0,62	9,19	0,54	8,33	0,77	13,16
75	0,46	19,35	0,46	19,35	0,54	22,58	0,54	23,33	0,23	11,54
>80	0,39	62,50	0,39	62,50	0,31	66,67	0,23	60,00	0,23	60,00
<b>Total</b>	<b>21,11</b>	<b>2,697</b>	<b>-3,83</b>	<b>-0,564</b>	<b>-0,06</b>	<b>-0,010</b>	<b>1,57</b>	<b>0,279</b>	<b>3,0796</b>	<b>0,59</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; B.: BORDA DE...; OBS: DADOS OBSERVADOS; EST: DADOS ESTIMADOS.

A Tabela 25 resume de forma concisa os resultados obtidos através dos cálculos dos índices de Kolmogorov-Smirnov efetuados com os dados descritos no parágrafo anterior.

TABELA 16 - VALORES TABELADOS E RESULTANTES DOS TESTES DE ADERÊNCIA DE KOMOGOROV-SMIRNOF PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA.

ÁREA	K - S	
	CALCULADO	TABELADO
<b>TOTAL</b>	0,0174*	0,0582
<b>B.5M</b>	0,0245*	0,0603
<b>B.10M</b>	0,0186*	0,0608
<b>B.15M</b>	0,0147*	0,0615
<b>B.20M</b>	0,0122*	0,0618

B.: BORDA DE...; \*NÃO SIGNIFICATIVO A  $\alpha=0,01$

Todas as matrizes construídas levaram a valores de  $D_{Calc}$  inferiores aos de  $D_{Tab}$ . Sendo assim, o teste de Komogorov-Smirnof indica que todas as distribuições projetadas são estatisticamente iguais as observadas no ano de 2013 para um  $\alpha$  igual a 0,01.

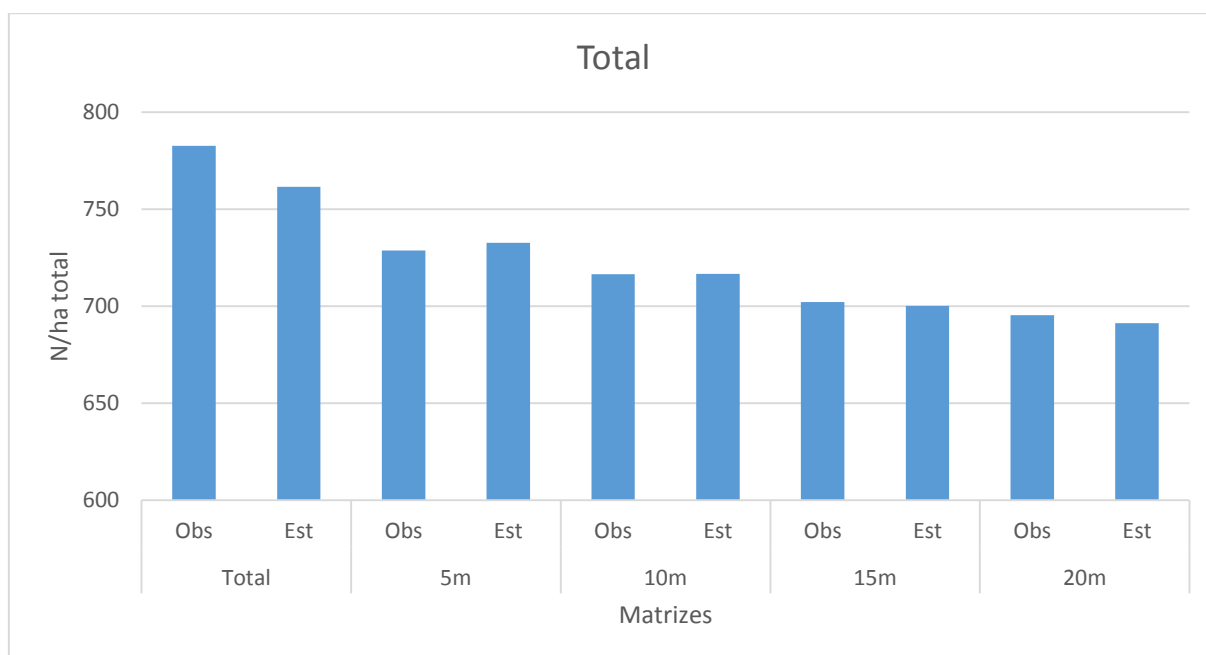


GRÁFICO 2 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS E ESTIMADOS EM NÚMERO TOTAL DE ÁRVORES POR HECTARE PARA O PERÍODO DE 2013 PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA.

É perceptível novamente que a retirada de frações da área delimitada como bordas primeiramente afeta de forma direta o número de árvores total, resultado totalmente esperado. Em compensação, o erro relativo da estimativa para o total demonstrou um comportamento que não era esperado, como é demonstrado no Gráfico 3. Nele é possível observar que a matriz calculada a partir da área total foi a que mais acumulou erro neste trabalho. Este fato evidencia a questão da influência da borda dentro da matriz de transição que posteriormente afeta diretamente o cálculo do número de árvores por hectare.

Uma mudança abrupta no comportamento do erro relativo para o total de cada matriz é notada a partir da retirada de 5 metros de borda (Gráfico3). Com a retirada dessa porção de área o modelo passa de um estado de subestimativa para superestimativa. Com a continuação da retirada da borda o erro regride e

posteriormente para as matrizes de borda 15 e 20 metros, demonstra uma tendência de novamente voltar a subestimar os valores reais observados na área.

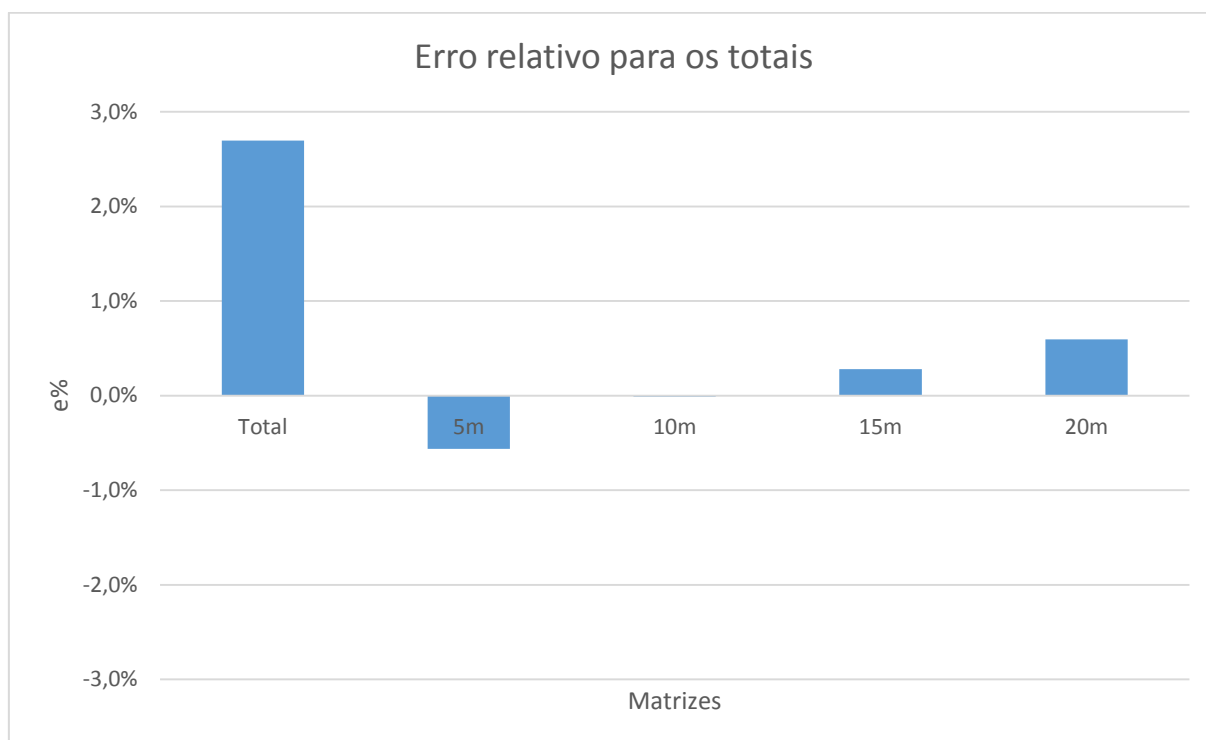


GRÁFICO 3 - VALORES RELATIVOS DO ERRO RELATIVO DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA ESTIMADA EM RELAÇÃO AO NÚMERO TOTAL DE ÁRVORES POR HECTARE PARA O PERÍODO DE 2013 PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA.

A largura de borda tem sido muito discutida entre os estudiosos, sem resultados conclusivos até o momento. Entretanto, os pesquisadores concordam com o fato de que a borda é uma zona na qual as alterações acontecem de forma brusca, alterando fluxos ecológicos (WIENS et al., 1985). Trabalhos recentes citam que os efeitos afetam a uma distância fixa de borda. Murcia (1995), afirma que os efeitos de borda tendem a desaparecer a partir da distância de 50 metros. Kapos (1989) verificou aumentos de temperatura e déficit de pressão de vapor em faixa de borda de pelo menos 60 metros de largura de fragmento florestal na Amazônia.

De acordo com Queiroga e Rodrigues (2000), os estudos do efeitos de borda foram particularmente desenvolvidos em áreas florestais densas, como a Floresta Amazônica e a Floresta Semidecidual, além de alguns poucos estudos voltados para a vegetação dos cerrados. Primack e Rodrigues (2010) relatam, para a Floresta



Estacional Semidecidual no Paraná, alterações em déficit de pressão de vapor e em composição florística em largura de 35 metros da borda.

Com o aumento do efeito de borda tem-se a diminuição da área nuclear do fragmento, o que em curto, médio ou longo espaço de tempo irá influenciar na qualidade da estrutura desses ecossistemas (VALENTE, 2001). Buscando elucidar a relação da área com o efeito de borda, Ewers et al. (2007) assumiram que os processos dentro dos ecossistemas são muito mais complexos do que se costuma considerar a partir da aplicação das metodologias comumente empregadas na maioria dos estudos.

Na Tabela 26 pode-se observar que a área basal por hectare tende a estabilizar a partir da retirada da borda de 10 metros. Isso evidencia que a borda da floresta altera as características da floresta, aumentando a área basal média devido à grande quantidade de indivíduos de menores diâmetros nesse local, como pode ser evidenciado na Tabela 23, onde pode-se observar o N/ha por classe diamétrica. Dessa forma, esses dados permitem verificar que a retirada da borda dá à floresta características mais homogêneas, gerando uma simulação da dinâmica mais precisa, evidenciando que quando se retira bordas a partir de 10 metros os valores da área basal pouco se alteram.

TABELA 17 - ÁREA BASAL OBSERVADA EM M<sup>2</sup> POR HECTARE PARA OS 3 ANOS MENSURADOS PARA AS MATRIZES DE ÁREA TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA.

<b>G/ha (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Total</b>	<b>B. 5m</b>	<b>B. 10m</b>	<b>B. 15m</b>	<b>B.20m</b>
<b>2007</b>	25,155	24,567	23,986	23,670	23,198
<b>2010</b>	27,400	26,656	25,968	25,630	25,139
<b>2013</b>	29,029	27,667	26,980	26,589	26,018

G/ha: ÁREA BASAL POR HECTARE EM METROS QUADRADOS; B.: BORDA DE...

Em estudo de fragmentos de floresta rodeada por matriz de pastagem na Nova Zelândia, Ewers e Didham (2006) consideraram a extensão do efeito de borda usando como indicadores a diversidade e abundância de classes de insetos. Eles consideraram não só a borda, mas toda a área de ecótono, fazendo transecções de 1.024 metros para dentro da floresta e para dentro da matriz. Os autores

constatarem que os diferentes grupos de insetos respondem de maneira diversa aos efeitos de borda, tanto em extensão quanto em intensidade.

### 5.2.1 Recrutamento e mortalidade

Na Tabela 27 são apresentados os valores de recrutamento real e projetado para o ano de 2013 para todas as matrizes. Os valores tabulados foram repassados no (Gráfico 4) para fins de análise gráfica, visando exibir quais foram as mudanças acarretadas em cada classe diamétrica pelas subseqüentes retiradas das bordas para cada matriz calculada.

Para a matriz de área total os dados observados (reais) demonstram que todas as árvores recrutadas pelo sistema se encontram na classe 1 ( $10 < 20$ ), não ocorrendo recrutamento nas demais classes superiores. Comparativamente a matriz estimou um recrutamento com um número total de 17 indivíduos, valor 12% maior do que o real, sendo esses distribuídos nas duas primeiras classes com 16 (94% do total de recrutas) na primeira e 1 (6%) na segunda, valores muito próximos aos observados.

TABELA 18 - VALORES ABSOLUTOS DE RECRUTAMENTO OBSERVADOS E PROGNOSTICADOS PARA O ANO DE 2013 EM NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE POR ANO PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA.

CD	Total		B.5m		B.10m		B.15m		B.20m	
	Obs	Est	Obs	Est	Obs	Est	Obs	Est	Obs	Est
15	15	16	9	14	9	12	8	11	8	10
25	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	15	17	9	15	9	13	8	11	8	10

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; B.: BORDA DE...; OBS: DADOS OBSERVADOS; EST: DADOS ESTIMADOS.



GRÁFICO 4 - VALORES RECRUTAMENTO POR CLASSE DIAMÉTRICA EM NÚMERO TOTAL DE ÁRVORES POR HECTARE PARA O PERÍODO DE 2013 PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA.

Com a retirada de 5 metros de borda os dados observados demonstram que todas as árvores recrutadas pelo sistema se encontram na classe 1 ( $10 < 20$ ), não ocorrendo recrutamento nas demais classes superiores. Comparativamente a matriz estimou um recrutamento com um número maior absoluto de 15 indivíduos, distribuídos nas primeiras duas classes com 14 (93,3%) na primeira e 1 (6,7%) na segunda.

Para a área de 10 metros de borda os valores reais evidenciam que todas as árvores recrutadas pelo sistema também se encontram exclusivamente na classe 1 ( $10 < 20$ ), totalizando 9 indivíduos recrutados. Comparativamente a matriz estimou um recrutamento total de 13 indivíduos, superestimando em 44% o valor total de árvores que entraram no sistema nessa matriz, sendo esses divididos entre a primeira e segunda classes com 12 (92,3%) e 1 (7,7%) indivíduos na classe um e dois, respectivamente.

A matriz estipulada com a retirada de 15 metros de borda evidenciou também que todas as árvores recrutadas pelo sistema se encontram na classe 1 ( $10 < 20$ ). Comparativamente a matriz estimou um recrutamento com um número maior absoluto de 11 indivíduos recrutados exclusivamente na primeira classe diamétrica.

Para a área de 20 metros de borda os valores reais demonstram que todas as árvores recrutadas se encontram na classe 1 ( $10 < 20$ ), totalizando 8 indivíduos. Comparativamente a matriz estimou um recrutamento total de 10 indivíduos, superestimando em 25% o valor total de árvores que entraram no sistema somente na primeira classe de diâmetro.

Na sequência o (Gráfico 5) trabalha com os mesmo dados discutidos até o momento, só que com os valores totais. Uma informação relevante fornecida pelo gráfico total ao número total de árvores recrutadas pelo sistema a partir da borda de 5 metros. A partir da retirada da área com essa distância do sistema, o número de árvores ingressas observadas praticamente manteve-se constante, desta maneira, evidenciando a influência do efeito de borda no quesito recrutamento.

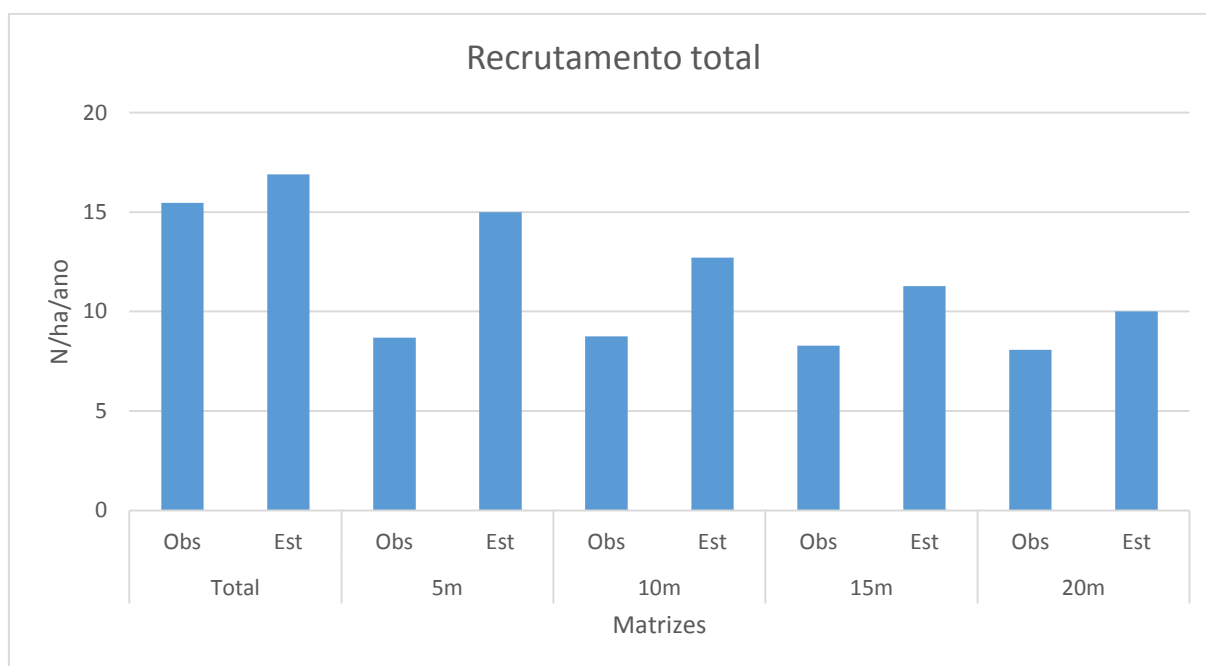


GRÁFICO 5 - VALORES TOTAIS DE RECRUTAMENTO EM NÚMERO TOTAL DE ÁRVORES POR HECTARE PARA O PERÍODO DE 2013 PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA.

Na Tabela 28 são exibidos os valores de mortalidade observados e estimados para todas as matrizes. Os valores tabulados foram repassados no (Gráfico 6) visando demonstrar quais foram as mudanças acarretadas em cada classe diamétrica pelas subseqüentes retiradas das bordas para cada matriz.

TABELA 19 - VALORES ABSOLUTOS DE MORTALIDADE OBSERVADOS E PROGNOSTICADOS PARA O ANO DE 2013 EM NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE POR ANO PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA.

CD	Total		B.5m		B.10m		B.15m		B.20m	
	Obs	Est	Obs	Est	Obs	Est	Obs	Est	Obs	Est
15	12	9	9	8	8	7	7	6	7	6
25	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
35	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	15	12	12	10	11	9	9	7	9	7

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; B.: BORDA DE...; OBS: DADOS OBSERVADOS; EST: DADOS ESTIMADOS.

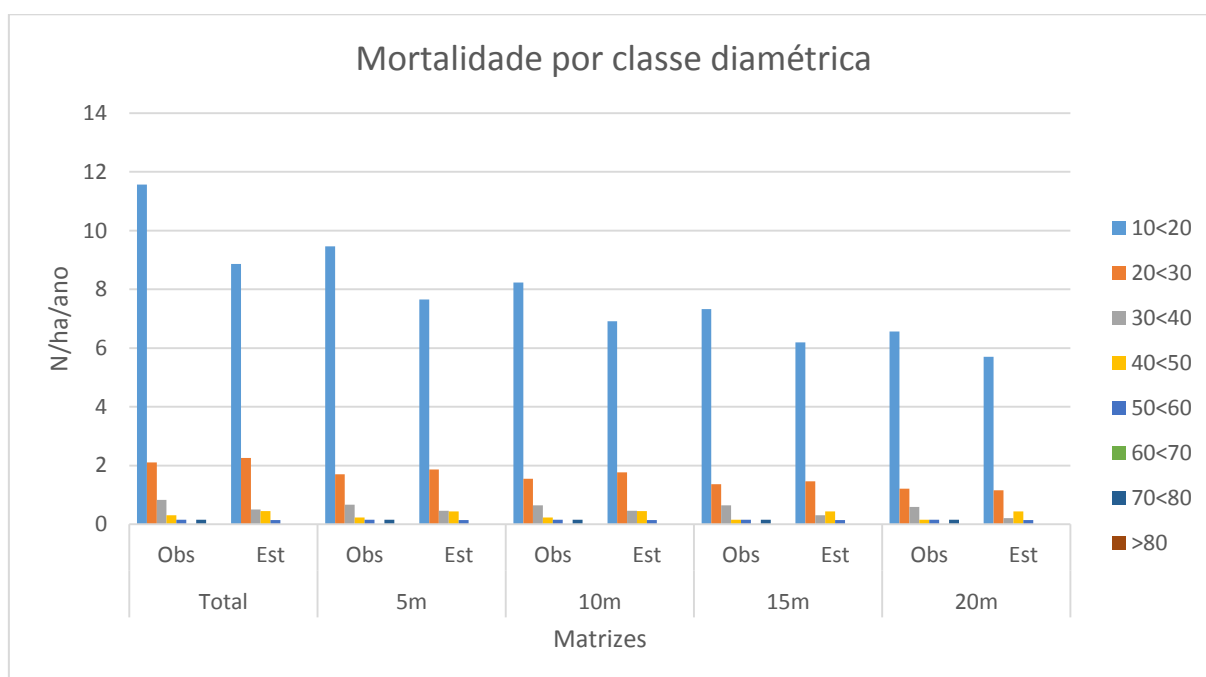


GRÁFICO 6 - VALORES MORTALIDADE POR CLASSE DIAMÉTRICA EM NÚMERO TOTAL DE ÁRVORES POR HECTARE PARA O PERÍODO DE 2013 PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA.

Para a matriz de área total a mortalidade dentro dos dados observados ficou distribuída entre as três primeiras classes diamétricas, com valores de 12, 2 e 1 indivíduos por hectare para as classes 1, 2 e 3, respectivamente. Para os dados

estimados os valores foram muito semelhantes aos seus respectivos, demonstrando uma boa estimativa obtida pelo método.

Para as demais matrizes com retirada de borda, o comportamento da taxa de mortalidade para todas foi o mesmo, sendo que a mortalidade ficou concentrada nas três primeiras classes diamétricas, com valores reais totais de indivíduos por hectare muito semelhantes aos seus respectivos em cada classe.

Logo em seguida, o Gráfico 7 trabalha com os mesmos dados da Tabela 25, só que com os valores totais. Diferente do recrutamento, a mortalidade não apresentou um valor constante a partir da área com borda de 5 metros. Na realidade o comportamento da mortalidade seguiu uma tendência de redução ao do aumento da área de borda, demonstrado também ter sua dinâmica influenciada pelo efeito de borda.

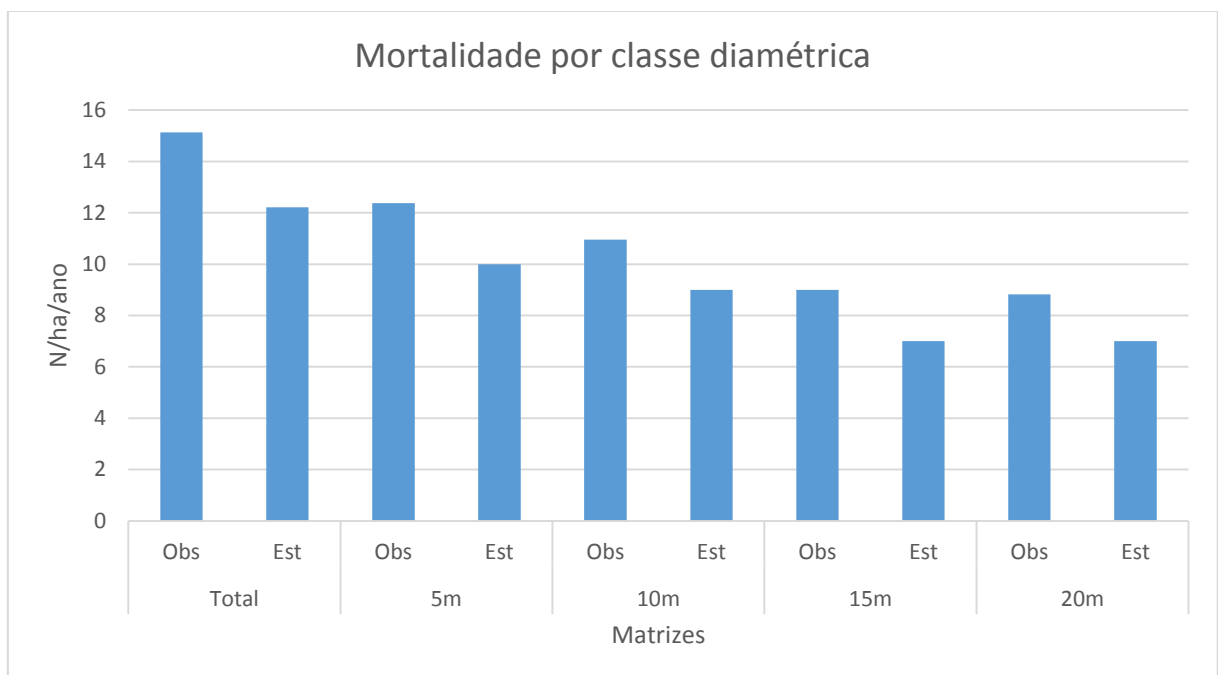


GRÁFICO 7 - VALORES TOTAIS DE MORTALIDADE EM NÚMERO TOTAL DE ÁRVORES POR HECTARE PARA O PERÍODO DE 2013 PARA AS MATRIZES TOTAL E COM A RETIRADA DE CADA BORDA ESPECÍFICA.

Menon et al. (2010) observaram que houve um ingresso significativo na primeira classe de diâmetro (10 a 20 cm), sendo essa classe responsável por mais de 80% do recrutamento no local estudado pelo autor.

Figueiredo Filho et al. (2010) encontraram resultados de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista localizado na FLONA de Irati, indicando que a mortalidade está entre 1 e 2% e que o ingresso tem sido um pouco maior, com uma média de quase 3%. O valor médio de mortalidade encontrado neste estudo (1,2%) está de acordo com o trabalho desenvolvido por esse pesquisador. Entretanto, o resultado obtido para as recrutadas (1%) não foi coincidente. Esses autores discutiram ainda que na Floresta Ombrófila Mista a mortalidade é mais frequente nas menores classes de diâmetro, afirmando que isso ocorre devido a competição. Já Moscovich (2006), assim como no presente trabalho, também encontrou taxas de mortalidade superiores às de ingresso, sendo de 7,4% e 3,05%, respectivamente.

Na Amazônia Mesquita et al. (1999) compararam a taxa de mortalidade de árvores em fragmentos rodeados por diferentes matrizes: pastagem, *Cecropia* e *Vismia*. Os autores marcaram todas as árvores inseridas nas parcelas e acompanharam as que morriam ao longo dos anos e observaram que em todos os casos o efeito de borda se manifestou com maior intensidade nos primeiros 20 metros. Para os autores a matriz formada por pasto protege menos a floresta do que as outras estudadas. Além disso, concluíram que a matriz composta por *Vismia*, devido à sua estrutura, protege mais a floresta do vento e luminosidade, a pesar de sua altura menor em relação à *Cecropia*.

Nas florestas de terra-firme da Amazônia central, um dos efeitos de borda mais proeminentes é o aumento na taxa de mortalidade de árvores (LAURANCE et al., 1998). Quando uma borda é criada, algumas árvores abortam suas folhas e morrem em pé, provavelmente por causa das mudanças repentinas e abruptas na temperatura do ar e na umidade do ar e do solo, mudanças estas que devem ultrapassar as tolerâncias fisiológicas destas plantas. Além disso, a área desmatada em torno dos fragmentos faz com que haja um aumento na velocidade dos ventos, e por causa disto muitas árvores da borda da floresta acabam sendo derrubadas pelo vento (FERREIRA E LAURANCE, 1997). Este aumento na taxa de mortalidade de árvores próximo à borda dos fragmentos aumenta a quantidade de clareiras e isto favorece as espécies de plantas pioneiras (que demandam muita luz para se estabelecer) em detrimento das espécies de árvores não-pioneiras, que são as espécies típicas de áreas não perturbadas (MICHALSKI et al., 2007).

### 5.3 PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PARA ESPÉCIES

Foram realizadas projeções com a matriz de transição para o ano de 2013 para as três espécies encontradas no fragmento estudado que possuem maior valor de cobertura segundo estudo realizado por Machado et al. (2013) nesse mesmo fragmento. A seguir são demonstrados os resultados para cada matriz de cada espécie escolhida, sendo essas: Araucária (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze), Cafezeiro (*Casearia sylvestris* Sw.) e Açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart. Et Zucc.).

#### 5.3.1 Araucária - *Araucaria angustifolia*

Na Tabela 14 é possível visualizar os valores obtidos através da prognose da matriz para 2013 e na Tabela 15 são apresentados os valores referentes a distribuição diamétrica real para o mesmo ano.

TABELA 20 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PROGNOSTICADOS PARA O ANO DE 2013 PARA A ARAUCÁRIA.

CD	15	25	35	45	55	65	75	>80	M	Total 2013
R									0	0
15	1								0	1
25		5	3						0	8
35			24	8	1				0	33
45				55	29	4			0	87
55					71	37	4		0	112
65						51	19	3	0	73
75							9	9	0	18
>80								3	0	3
<b>Total 2010</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>27</b>	<b>63</b>	<b>100</b>	<b>92</b>	<b>32</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>335</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.



TABELA 21 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS NO ANO DE 2013 PARA A ARAUCÁRIA.

CD	15	25	35	45	55	65	75	>80	M	Total 2013
R									0	
15	1								0	1
25		2	3						1	6
35			23	5					2	30
45				49	25				0	74
55					87	21			0	108
65						70	13		0	83
75							23	1	1	25
>80								8	0	8
<b>Total 2010</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>26</b>	<b>54</b>	<b>112</b>	<b>91</b>	<b>36</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>335</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.

A Araucária dentro da área de estudo não apresentou dados referentes a mortalidade e ingresso durante o período utilizado como banco de dados para a montagem da matriz de transição (2007 – 2010), conseqüentemente, perante a prognose para a espécie também não ocorreu nenhum evento de mortalidade ou recrutamento devido a probabilidade destes serem zero, apresentando somente valores para os eventos de transição entre classes. Com isso, evidenciou-se que eventos não registrados no banco de dados utilizados como base na matriz de transição não podem ser simulados, assim a Mortalidade registrada em 2013 não foi representada na matriz estimada (Tabela 14).

Fazendo a comparação dos dados estimados com os reais observa-se que perante a questão do recrutamento, não houve erro, ou seja, realmente nenhum indivíduo desta espécie foi recrutado durante todo os intervalos de tempo entre as três mensurações da área. Para a mortalidade a espécie apresentou três indivíduos mortos no total no ano de 2013. Vale salientar que essas saídas do sistema foram consideradas abruptas e não esperadas, ou seja, árvores sadias que devido um fenômeno natural (tempestade) foram derrubadas ou atingidas por outros indivíduos que caíram.

A transição entre classes apresentada pela espécie foi muito próxima aos valores estipulados pela matriz. Um quesito interessante a ser salientado é que para a prognose alguns indivíduos conseguiriam avançar duas classes acima da qual se

encontravam a partir da classe três, fato não confirmado pela distribuição real da espécie.

O número total de árvores estimado pela matriz não apresentou erro, visto que é igual ao valor real de araucárias presentes no capão em 2013 (Tabela 16). Nas classes diamétricas, pode-se observar que os erros variam de 3,7 a 62,5%, evidenciando que a matriz não apresenta resultados muito acurados para distribuições diamétrica unimodais, que é o caso da Araucária.

TABELA 22 - VALORES ABSOLUTOS TOTAIS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS E PROGNOSTICADOS PARA O PERÍODO DE 2013 PARA A ARAUCÁRIA PARA A ÁREA TOTAL.

CD	Obs	Est	e (%)
15	1	1	0,00
25	6	8	-33,33
35	30	33	-10,00
45	74	87	-17,57
55	108	112	-3,70
65	83	73	12,05
75	25	18	28,00
>80	8	3	62,50
<b>Total</b>	<b>335</b>	<b>335</b>	<b>0,00</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; OBS: DADOS OBSERVADOS; EST: DADOS ESTIMADOS.

### 5.3.2 Cafezeiro - *Casearia sylvestris*

Os dados das Tabelas 17 e 18, respectivamente, demonstram os valores obtidos por meio da prognose efetuada pela matriz e os referentes a distribuição diamétrica real do Cafezeiro.

A prognose para o Cafezeiro apresentou valor absoluto de recrutamento estimado no total de 133 árvores, com 97% destas entrando no sistema na classe 1, dado muito superior ao valor de árvores mortas estimadas (26 árvores). Comparando tais dados a estrutura real da espécie constata-se que a relação é verdadeira. Os dados observados de recrutamento e mortalidade foram de, respectivamente, 90 e 48 árvores, divergindo em termos relativos em 32,3% para o

recrutamento e 45,8% para a mortalidade, erros que não podem ser desconsiderados.

TABELA 23 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PROGNOSTICADOS PARA O ANO DE 2013 PARA O CAFEZEIRO.

<b>CD</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>35</b>	<b>M</b>	<b>Total 2013</b>
<b>R</b>	130	3		2	135
<b>15</b>	1242	51		23	1316
<b>25</b>		47		0	47
<b>35</b>			3	0	3
<b>Total 2010</b>	<b>1372</b>	<b>101</b>	<b>3</b>	<b>26</b>	<b>1501</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.

TABELA 24 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS NO ANO DE 2013 PARA O CAFEZEIRO.

<b>CD</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>35</b>	<b>M</b>	<b>Total 2013</b>
<b>R</b>	90				90
<b>15</b>	1358	22		45	1425
<b>25</b>		70		3	73
<b>35</b>			3		3
<b>Total 2010</b>	<b>1448</b>	<b>92</b>	<b>3</b>	<b>48</b>	<b>1591</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.

Esta espécie exibiu uma distribuição entre classes que não ultrapassou a classe de 30 a 40 cm, sendo que nessa última classe ocorreram somente três indivíduos. Os resultados de transição dos indivíduos entre classes não foram satisfatórios, com erro percentuais de 13,14% e 35,62% para a primeira e segunda classe, respectivamente (Tabela 19). O erro para o número total de árvores foi de 14,14%, evidenciando que a matriz ainda apresenta uma estimativa com erro inferior aos obtidos por inventário florestal que utilizam um limite de erro em média de 20%.

TABELA 25- VALORES ABSOLUTOS TOTAIS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS E PROGNOSTICADOS PARA O PERÍODO DE 2013 PARA O CAFEZEIRO.

CD	Obs	Est	e (%)
15	1515	1316	13,14
25	73	47	35,62
35	3	3	0,00
<b>Total</b>	<b>1591</b>	<b>1366</b>	<b>14,14</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; OBS: DADOS OBSERVADOS; EST: DADOS ESTIMADOS.

### 5.3.3 Açoita cavalo - *Luehea divaricata*

Os dados da Tabela 20 expressam os valores obtidos através da prognose da matriz para 2013 enquanto a Tabela 21 revela os valores referentes a distribuição diamétrica real do Açoita cavalo.

TABELA 26 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA PROGNOSTICADOS PARA O ANO DE 2013 PARA O AÇOITA CAVALO.

CD	15	25	35	45	55	65	75	M	Total 2013
R	28	1						0	29
15	542	52						6	601
25		57	2					2	61
35			28					2	30
45				20	2			2	24
55					24			2	26
65						9	0	0	9
75							4	0	4
<b>Total 2010</b>	<b>570</b>	<b>110</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>14</b>	<b>784</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.

Dentre as três espécies estudadas neste trabalho, o Açoita cavalo teve a matriz mais próxima em termos de composição quando comparada a estrutura do capão como um todo, apresentando valores de recrutamento, mortalidade e árvores

distribuídas ao longo de quase todas as classes diamétricas, ausente somente na última, composta por indivíduos com DAP superior a 80 centímetros.

TABELA 27 - VALORES ABSOLUTOS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS NO ANO DE 2013 PARA O AÇOITA CAVALO.

CD	15	25	35	45	55	65	75	M	Total
R	18							0	18
15	579	18						3	600
25		82	3					1	86
35			24	3				3	30
45				21	1			0	22
55					25			1	26
65						8	1	0	9
75							4	0	4
<b>Total</b>	<b>597</b>	<b>100</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>795</b>

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; R: RECRUTAMENTO; M: MORTALIDADE.

Para a espécie em questão o recrutamento foi estimado em 29 árvores contra a mortalidade de 14 indivíduos, valores balanceados se comparados de forma pareada, ou seja, a prognose estipulou que a relação de entrada e saída do sistema é de dois para um, duas árvores recrutadas para cada árvore morta. Em comparação com a estrutura real da espécie essa informação é verdadeira, visto que os valores de recrutamento e mortalidade são 18 e 8, respectivamente, confirmando a relação.

Os números absolutos de indivíduos prognosticados apontam que as probabilidades de transição, exceto para a classe CD 25, apresentam erros relativamente baixos. Da terceira classe em diante, os números apresentados são condizentes com os reais (Tabela 22), com isso o erro total da matriz foi de apenas 1,26%.

TABELA 28 - VALORES ABSOLUTOS TOTAIS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS E PROGNOSTICADOS PARA O PERÍODO DE 2013 PARA O AÇOITA CAVALO.

CD	Obs	Est	e (%)
15	618	628	-1,62
25	86	62	27,91
35	30	30	0,00
45	22	24	-9,09
55	26	26	0,00
65	9	9	0,00
75	4	4	0,00

<b>Total</b>	795	785	1,26
--------------	-----	-----	------

CD: CENTRO DE CLASSE DIAMÉTRICA; OBS: DADOS OBSERVADOS; EST: DADOS ESTIMADOS.

As boas estimativas obtidas nas últimas classes diamétricas do Açoita cavalo evidenciam o porquê a matriz de transição é considerada uma importante e eficiente ferramenta matemática na prognose de florestas nativas manejadas, visto que as classes que sofrem intervenção humana para fins comerciais apresentam números muito confiáveis.

## 5.4 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS PARA AS MATRIZES DAS ESPÉCIES

### 5.4.1 Recrutamento e mortalidade

A matriz de transição da espécie Araucária apresentou valores nulos de recrutamento e mortalidade. Esse fato ocorreu devido a uma situação muito simples: durante o período utilizado como banco de dados não ocorreram recrutamentos e nem mortalidades ligadas a espécie. Esta questão evidencia uma grande fragilidade do modelo. Apesar de robusta, a metodologia da Cadeia de Markov sofre com extrema facilidade devidos a tais incidentes do acaso. As probabilidades de transição entre classes da espécie não foram afetadas, mas um dos pontos mais importantes da matriz foi completamente anulado devido a espécie ter apresentado essa característica. Devido a matriz probabilidade não ter demonstrado recrutas e mortas, nem mesmo o valor total de indivíduos na matriz de transição foi alterado.

De acordo com a distribuição diamétrica da espécie (Gráfico 8), no momento dentro fragmento ela possui uma corte muito bem estabelecida entre as classes de  $40 < 50$  e  $50 < 60$  cm, não tornando alarmante esta posição de total ausência de recrutas. Por meio desta análise foi possível inferir que essa espécie sofreu algum tipo de perturbação no passado que vem prejudicando o desenvolvimento do banco de plântulas da espécie. Entretanto, segundo Lamprecht (1990) uma distribuição diamétrica regular (maior número de indivíduos nas classes inferiores) serve como

garantia de sobrevivência das espécies e, ao contrário, quando ocorre uma estrutura diamétrica irregular, as espécies tenderão a desaparecer com o tempo.

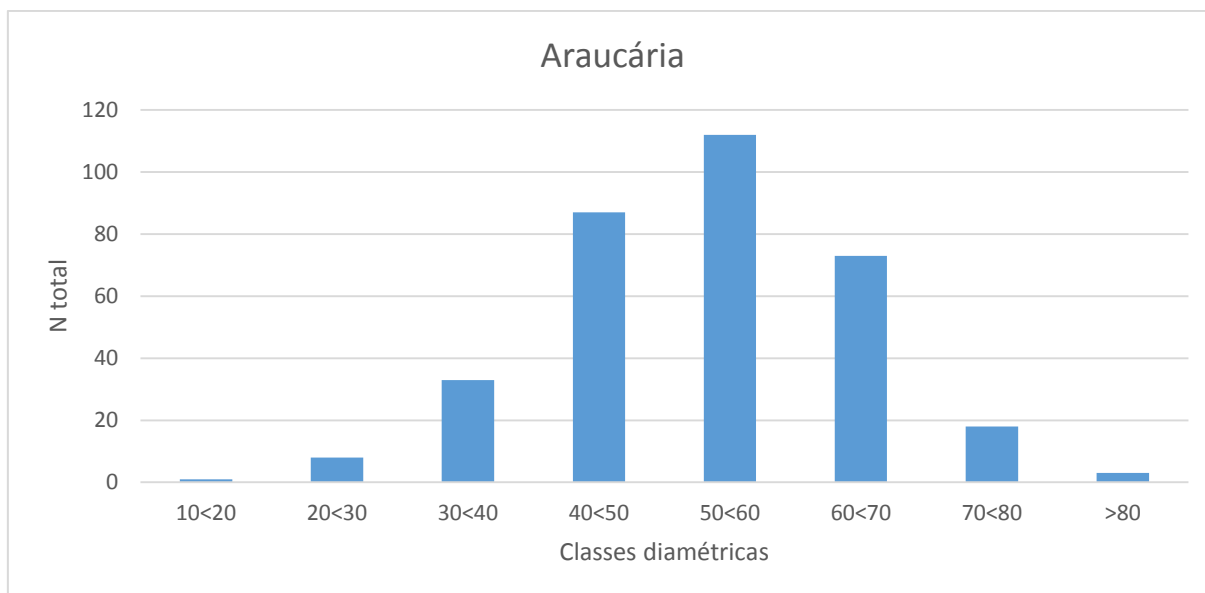


GRÁFICO 8 - VALORES TOTAIS DE DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADOS PARA O PERÍODO DE 2013 PARA A ESPÉCIE ARAUCÁRIA.

A matriz de transição para o Cafezeiro demonstra valores de recrutamento como esperado para qualquer espécie de uma floresta heterogênea, apesar da característica da espécie, que é a de não aparecer em classes diamétricas de médio a grande porte. Entretanto, do ponto de vista deste trabalho os dados estimados não são confiáveis como demonstrado no Gráfico 9, devido basicamente a discrepância dos valores estimados para com os reais e para com ele mesmo na transição entre classes.

Essa espécie tem como característica não ultrapassar os 50 cm de diâmetro. Esse fato também foi observado por Schaaf et al. (2006), analisando um grupo de espécies da Floresta Ombrófila Mista. Esses autores atribuíram esse fato a duas características intrínsecas da espécie que são seu tamanho limite e sua longevidade.

Seguindo a mesma linha de raciocínio, o mesmo ponto de vista é válido para os valores referente a mortalidade da espécie. Apesar da primeira classe confrontar valores muito semelhantes, a diferença ocasionada na segunda classe faz com que a modelagem seja descartada (Gráfico 10).

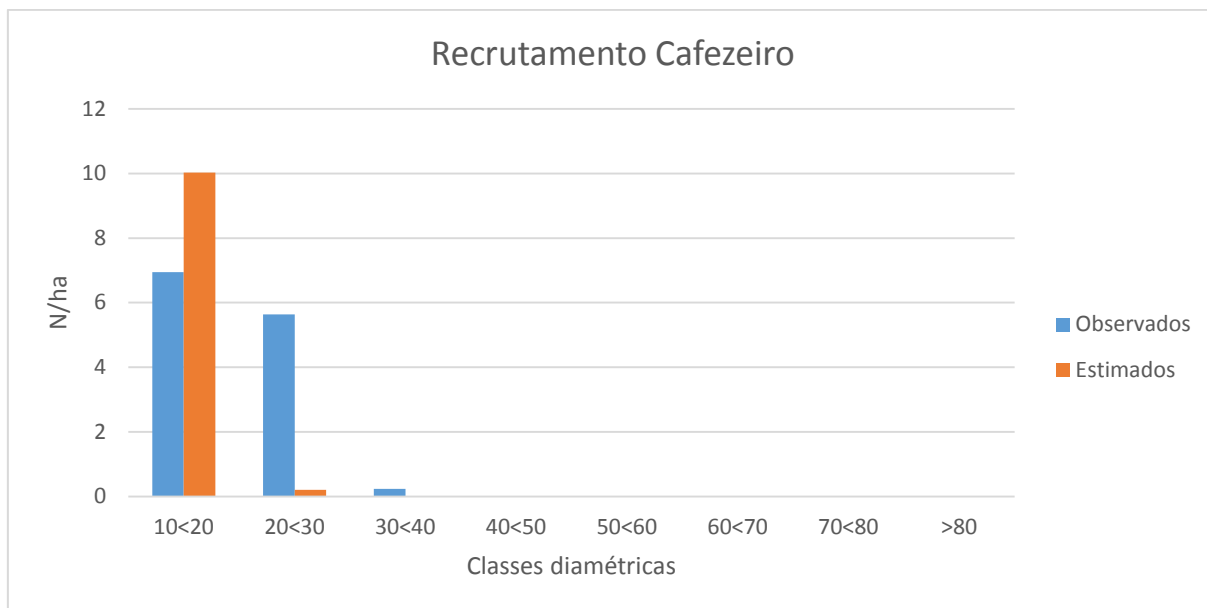


GRÁFICO 9 - VALORES DE RECRUTAMENTO EM NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE OBSERVADOS E ESTIMADOS PARA O PERÍODO DE 2013 PARA A ESPÉCIE CAFEZEIRO.

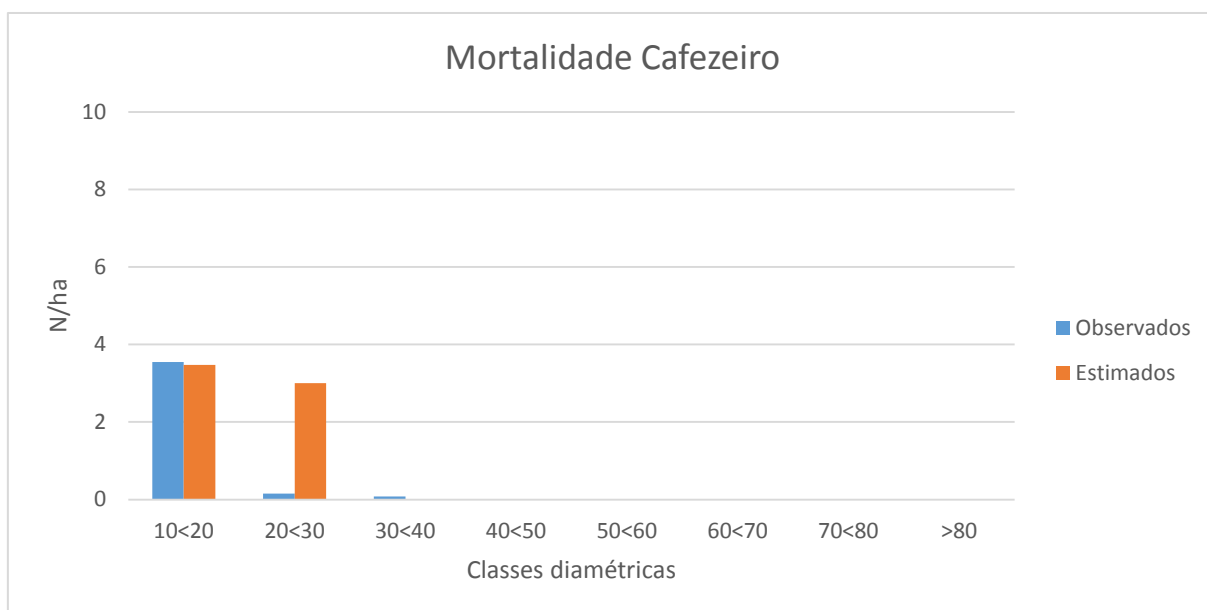


GRÁFICO 10 - VALORES DE RECRUTAMENTO EM NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE OBSERVADOS E ESTIMADOS PARA O PERÍODO DE 2013 PARA A ESPÉCIE CAFEZEIRO.

O mesmo demonstrado com o Cafezeiro ocorre para o Açõita cavalo. Dessa maneira, é demonstrado que independente da máxima classe à qual a espécie ocorre, os valores de recrutamento e mortalidade não são influenciados (Gráfico 11).



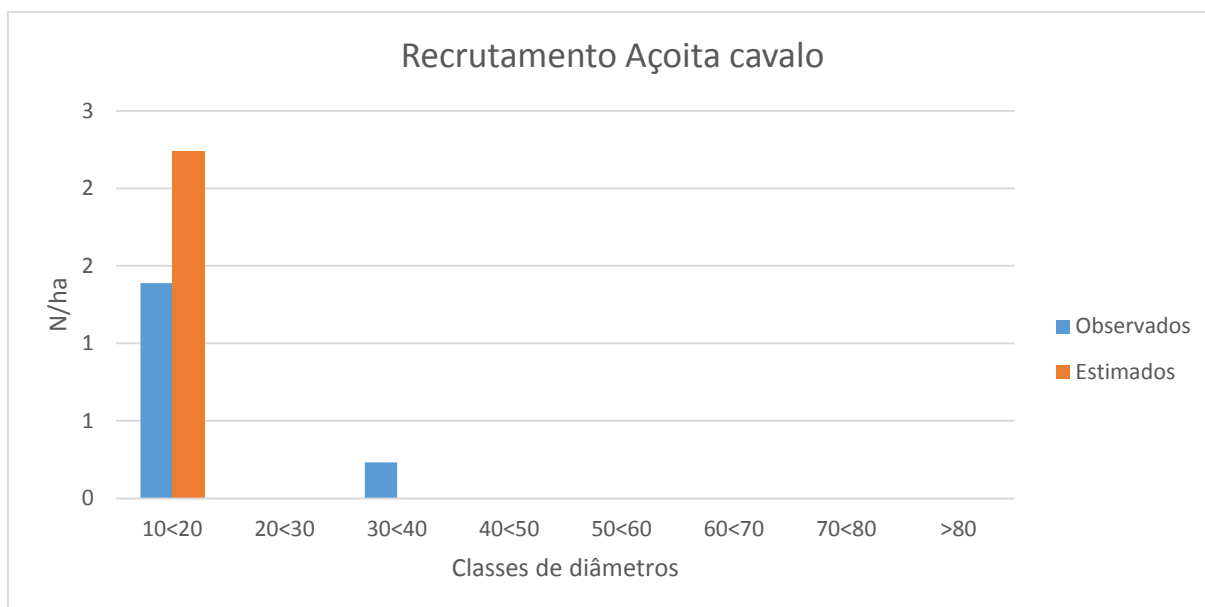


GRÁFICO 11 - VALORES DE RECRUTAMENTO EM NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE OBSERVADOS E ESTIMADOS PARA O PERÍODO DE 2013 PARA A ESPÉCIE AÇOITA CAVALO.

Apesar do Açoita cavalo ser um espécie que ocorre ao longo de toda a distribuição diamétrica, suas matrizes também retornaram valores não confiáveis a serem utilizados para fins de manejo, por exemplo, como demonstrados nos Gráficos 11e 12, com o valores de recrutamento e mortalidade, respectivamente para a espécie comentada.

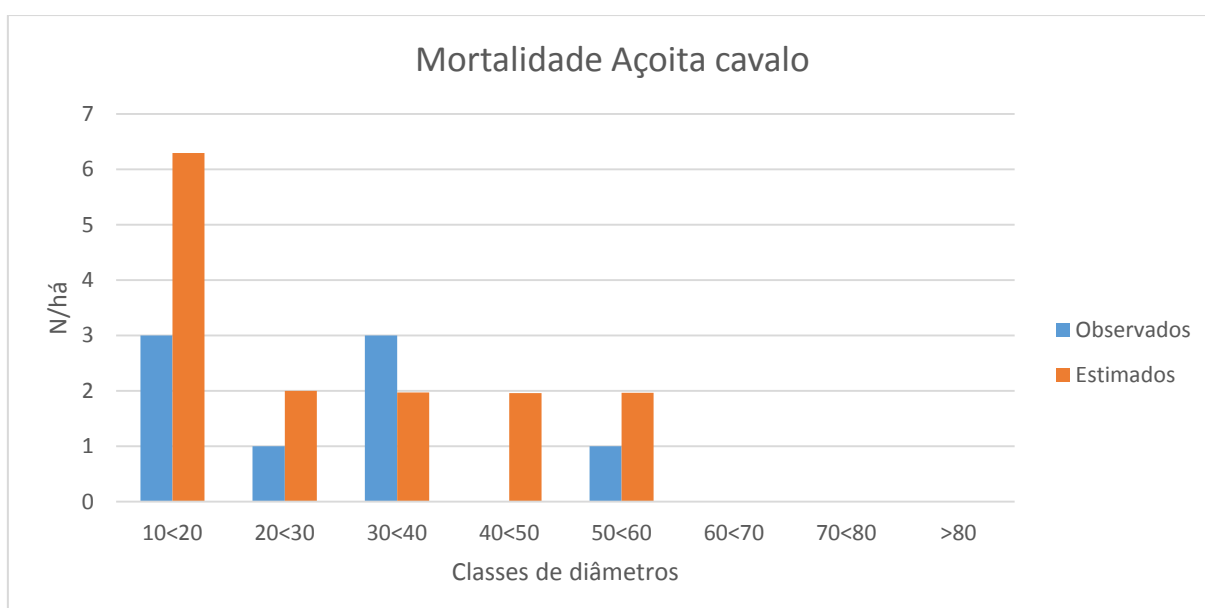


GRÁFICO 12 - VALORES DE MORTALIDADE EM NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE OBSERVADOS E ESTIMADOS PARA O PERÍODO DE 2013 PARA A ESPÉCIE AÇOITA CAVALO.

## 6. CONCLUSÕES

- Com os dados utilizados foi possível fazer uso da metodologia da Cadeia de Markov para cálculos de prognose diamétrica para o fragmento de Floresta Ombrófila Mista estudado.
- O fator efeito de borda se mostrou como um quesito importante perante a utilização de matriz de transição em pequenos fragmentos florestais.
- O recrutamento assim como a mortalidade demonstraram neste trabalho serem influenciadas pelo fator efeito de borda.
- Perante o número total de árvores por hectare, a matriz com a redução de área de 10 metros de bordadura foi a que mais se aproximou do valor real devido a homogeneização ocorrida no banco de dados.
- A retirada das bordas para todas as matrizes acarretou na redução acentuada e gradativa para as duas primeiras classes diamétricas. De maneira mais sutil, também influenciou as classes 3 e 4. Da quinta classe a frente os valores praticamente não sofreram alterações.
- A distribuição diamétrica da espécie *Araucaria angustifolia* gerou valores nulos de recrutamento e mortalidade, evidenciando uma das pequenas restrições do método e dificultando a discussão da matriz perante a espécie.
- Para a *Casearia sylvestris* a distribuição diamétrica ficou restrita até a terceira classe de diâmetro, fato influenciado basicamente pela característica da espécie.
- *Luehea divaricata* foi a espécie com distribuição diamétrica mais semelhante a distribuição do fragmento, com a prognose apresentando erros até a segunda classe e um erro no número total de árvores de 1,26%.
- Cada fragmento possui características próprias, e por isso, a aplicação dessa metodologia em novos fragmentos poderá apresentar dados que não corroborem com o presente estudo, sendo necessário testar o método para novos bancos de dados.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCE, J. A.; PIZATTO, W.; SANQUETTA, C. R.; WENDLING, J. L.G.; MAESTRI, R. Utilização das matrizes de transição na avaliação e simulação precoces do crescimento de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Revista Floresta**. V.27, n.1/2, p. 83-98. 1997.

ARCE, J. E.; GOMES, F. S.; SANQUETTA, C. R.; CRUZ, E. C. Utilização dos processos de difusão na avaliação e simulação precoces do crescimento de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Cerne**. v.4, n.1, p.154-170. 1998.

AUGUSTYNCZIK, A.L.D. **Avaliação do tamanho de parcelas e intensidades de amostragem para a estimativa de estoque e estrutura horizontal em um fragmento de floresta ombrófila mista**. 165p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – UFPR, Curitiba, 2011.

AUSTREGÉSILO, S.L. et al. Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Estacional Semidecidual secundária. **Revista Árvore**, v.28, n.2, p.227-232, 2004.

BACKES, A., NILSON, A. D., *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze, o pinheiro-brasileiro. **Iheringia: Série Botânica** 30, 85-96. 1983.

BIERREGAARD, R.O.; LOVEJOY, T.E.; KAPOV, V.; SANTOS, A.A.; HUTCHINGS, W. The Biological dynamics of tropical rain forest fragments. **BioScience**. V.42:859-866. 1992.

BOURLEGAT, C. A. L. A Fragmentação da Vegetação Natural e o Paradigma do Desenvolvimento Rural in: Fragmentação Florestal e Alternativas de Desenvolvimento Rural na Região Centro-Oeste. Reginaldo Brito da Costa (Org). Campo Grande: UCBD, 2003.

BUONGIORNO, J.; MICHIE, B. R. A Matrix Model of Uneven-Aged Forest Management. **Forest Science**, V. 26, N. 4, 1, p.609-625(17), 1980.

CAREY, E. V.; BROWN, S.; GILLESPIE, A. J. R.; LUGO, A. E. Tree mortality in mature lowland moist and tropical lower moist forests of Venezuela. **Biotropica**, [S.I.], v. 26, p. 255-265, 1994

CARVALHO, J.O.P. **Structure and dynamics of a logged over Brazilian Amazonian rain forest**. Tese. (Doutorado). Oxford Forestry Institute - Department of Plant Sciences-University of Oxford. Oxford, 1992. 215p.

CARVALHO, P, E, R. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. – **Colombo: EMBRAPA CNPF**; Brasília: EMBRAPA – SPI, p.640. 1994.

CASTELLA, P.R., BRITZ, R.M. A floresta com araucária no Paraná: conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais. **Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná**, p.233. ISBN 85-87166-60-3, 2004.

DAVIES-COLLEY, R.J.; PAYNE, G.W. e VAN ELSWIJK, M. Microclimate gradients across a forest edge. **New Zealand Journal of Ecology**. 24:111-121, 2000.

DIDHAM, R.K. e LAWTON, J.H. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. **Biotrópica**.31:17-30. 1999.

EBLING, A. A.; WATZLAWICK L. F.; RODRIGUES A. L.; LONGHI S. J.; LONGHI R. V.; ABRÃO S. F. Acuracidade da distribuição diamétrica entre métodos de projeção em Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.6, p.1020-1026, jun, 2012

ERIGHT, N.; OGDEM, J. Applications of transition matrix models in forest dynamics: *Araucaria* in Papua, New Guinea e *Nothofagus* in New Zealand. **Australian Journal of Ecology**, v. 4, p. 3-23, 1979.

EWERS, R. M.; DIDHAM, R. K. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. **Biological Reviews**, n. 81, p. 117-142, 2006.

EWERS R.M.: DIDHAM R.K. Habitat fragmentation: panchreston or paradigm? **Trends in Ecology & Evolution**, V.22, p.511-511. 2007.

FELFILI, J. M. Diversity, structure and dynamic of gallery forest in central Brazil. **Vegetatio**, [S.l.], v. 117, p. 1-15, 1995.

FERREIRA, L.V. & W.F. LAURANCE. Effects of forest fragmentation on mortality and damage of selected trees in central Amazonia. *Conservation Biology* 11:797-801. 1997.

FIGUEIREDO FILHO, A., NOGUEIRA DIAS, A., STEPKA, T. F., SAWCZUK, A. R. Crescimento, Mortalidade, Ingresso e Distribuição Diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Revista Floresta**, v. 40, n. 4, p. 763-776, 2010.

FONTOURA, S.B.; GANADE, G.; LAROCCHA, J. Changes in plant community diversity and composition across an edge between Araucária forest and pasture in South Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**. V. 29, p. 79-91, 2006.

FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. *Landscape Ecology*. **Wiley & Sons**. New York, p.619. 1986.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas: com Aplicações em Arena**. 2 ed. Florianópolis: Visual Books, p. 372. 2008.

FUPEF - FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ. Diagnóstico dos Remanescentes Florestais. In: Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - **PROBIO, Subprojeto Conservação do Bioma Floresta com Araucária. Relatório Final**, v. 1, 2001. 121p.

GERHARDT, E.J., FINGER, C.A.G., LONGHI, S.J., SCHUMACHER, M.V., Contribuição da análise multivariada na classificação de sítios em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, baseada nos fatores físicos e morfológicos do solo e no conteúdo de nutrientes da serapilheira. **Ciência Florestal** 11, 41-57, 2001.

HANSEN, M.J.; CLEVINGER, A.P. The influence of disturbance and habitat on the presence of non-native plant species along transport corridors. **Biological Conservation**. v. 123, p. 294-259, 2005.

HIGUSHI, N. **Short-term growth of an undisturbed tropical moist forest in the Brazilian Amazon**. Michigan, 129 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Michigan State University, 1987.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest Mensuration**. New York: John Wiley & Sons, 1972. 410 p.

KAPOS, V. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. **Journal of tropical ecology**. Cambridge, v.2, n.5, p.173-185. 1989.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; STURROCK, D. T. **Simulation with Arena**. Second Edition, McGraw-Hill, Boston, 2001.

KINDEL, A. **A fragmentação Real: Heterogeneidade de remanescentes florestais e valor indicador das formas de húmus**. Tese - (Doutorado em Geografia) - UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.

KLEIN, R. M. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. **Selowia**, Itajaí, n. 12, p. 17-44, 1960.

KOCH, Z., CORREA, M.C. **Araucária: a floresta do Brasil Meridional**. Curitiba, Olhar Brasileiro, p.148, 2002.

KOLLMANN, J.; BUSCHOR, M. Edge effects on seed predation by rodents in deciduous forests of northern Switzerland. **Plant Ecology**. 164:249-261. 2003.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**. Hamburg: GTZ, 343p.1990.

LANA, M. D. **Dinâmica e prognose do crescimento em um fragmento de floresta ombrófila mista no sul do Paraná**. 187p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – UFPR, Curitiba, 2013.

LAURANCE, W.F.; BIERREGAARD, R.O. Tropical forest remnants: ecology management and conservation of fragmented communities. Chicago: **University of Chicago Press**, p.351-365, 1997.

LAURANCE, W.F.; FERREIRA, L.V.; MERONA, J.M. R.; LAURANCE, S.G. 1998. Rain forest fragmentation and the dynamics of amazonian tree communities. **Ecology**, 79: 2032-2040.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. Simulation Modeling Analysis. **Third Edition, McGraw Hill**, 2000.

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

LONGHI, S.J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no sul do Brasil**. 198p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, 1980.

MACDOUGALL, A.; KELLMAN, M. The understorey light regime and patterns of tree seedlings in tropical riparian forest patches. **Journal of Biogeography**. 19:667-675. 1992.

MACHADO, S. A.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; NASCIMENTO, R. G. M.; TÉO, S. J.; MIGUEL, E. P.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R. Funções de distribuição diamétrica em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.8, p. 2428-2434, 2009.

MACHADO, S. A.; ZAMIN, N. T.; NASCIMENTO, R. G. M.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; MENEGAZZO, C.S. Comparação dos parâmetros fitossociológicos entre três estratos de um fragmento de floresta ombrófila mista. **Revista Cerne**. 2013, vol.19, n.3, pp. 365-372.

MELO, A, C, G. DURIGAN, G. GORENSTEIN M, R. Efeito do fogo sobre o banco de sementes em faixa de borda de Floresta Estacional Semidecidual, SP, Brasil. **Acta bot. bras.** 21(4): 927-934. Mar. 2007.

MENON, M.U; FIGUEIREDO FILHO, A.; WATZLAWICK, L. F. Matriz de transição para predição de distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista na FLONA de Irati (PR). **Ambiência**, v.6, n.2, p.271-280, 2010.

MESQUITA, R.C.G.; DELAMÔNICA, P.; LAURANCE, W.F. Effect of surrounding vegetation on edge-related tree mortality in Amazonian forest fragments. **Biological Conservation**. v. 91, p. 129-134, 1999.

METZGER, J. P. Tree functional group richness and landscape structure in Brazilian tropical fragmented landscape. **Ecological Applications**, v. 10, n. 4, p. 1147 - 1161. 2000.

METZGER, J.P. Effects of deforestation pattern and private nature reserves on the forest conservation in settlement areas of the Brazilian Amazon. **Biota Neotropica**. v.1. (1/2). p.14. 2001.

MICHALSKI, F.; NISHI, I.; PERES, C.A. Disturbance mediated drift in tree functional groups in amazonian forest fragments. **Biotropica**, 39: 691-701, 2007.

MISSIO, E. **Proposta conceitual de Zoneamento ecológico-econômico para o Município de Frederico Westphalen-RS**. 191p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, 2003.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Tree**, vol. 2, p. 58-62, 1995.

MOSCOVICH, F. A. **Dinâmica de crescimento de uma Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS**. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

NAPPO, M. E.; GRIFFITH J. J.; MARTINS S. V.; MARCO JÚNIOR P.; SOUZA A. L.; OLIVEIRA FILHO A. T. Dinâmica da estrutura diamétrica da regeneração natural de espécies arbóreas e arbustivas no sub-bosque de povoamento puro de *Mimosa scabrella* Bentham, em área minerada, em poços de caldas, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.35-46, 2005

NOGUEIRA, P. H.; GONÇALVES, W. Florestas urbanas: planejamento para melhoria da qualidade de vida. Viçosa, MG: **Aprenda Fácil**, 2002. 180 p.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia**. Thomson Learning, p.612, 2007.

PEREIRA, I.M.; ANDRADE, L.A.; COSTA, J.R.M.; DIAS, J.M. Regeneração natural em um remanescente de Caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no Agreste Paraibano. **Acta Botânica Brasílica** 15(3): 413-426, 2001.

POTT, A.; POTT, V. J. Espécies de Fragmentos Florestais em Mato Grosso do Sul in: **Fragmentação Florestal e Alternativas de Desenvolvimento Rural na Região Centro-Oeste**. Campo Grande: UCBD, p. 26-52. 2003.

PRIMACK, R.B; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. 10.ed. Londrina: Planta, 2010.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. **Mensura forestal**. San José, Costa Rica: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1997. 586p. (Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible).



PULZ, F. A.; SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Acuracidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta inequiânea com a matriz de transição. **Revista CERNE**, Lavras, v.5, n.1, p. 01-14, 1999.

QUEIROGA, J. C.; RODRIGUES, E. Efeitos de Borda em fragmentos de cerrado em áreas de agricultura do Maranhão. **5º Congresso de Ecologia**. Porto Alegre.2001.  
RECKHOW, K.H.; CHAPRA, S.C. Confirmation of water quality models. **Ecol. Modeling**, 20:113-133, 1983.

REDDING, T.E.; HOPE, G.D.; FORTIN, M.J.; SCHMIDT, M.G. e BAILEY, W.G. Spatial patterns of soil temperature and moisture across subalpine forest-clearcut edges in the southern interior of British Columbia. **Canadian Journal of Soil Science**.83:121-130. 2003.

RODERJAN, C. V., GALVÃO, F., KUNIYOSHI, Y. S., HATSCHBACH, G. G., As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, n. 24, p. 75-92, Jan/Jun. 2002.

SANQUETTA, C.R. et al. Predição da distribuição diamétrica, mortalidade e recrutamento de floresta natural com matriz Markoviana de potência. **Floresta**, v.24, n.1/2, p.23-26, 1995.

SANQUETTA, C. R. Perspectivas da recuperação e do manejo sustentável das florestas de araucária. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/2005/08/09.shtml>.

SARUKHÁN, J.; PINERO, D.; MATINEZ-RAMOS, M. Plant demography: a community-level interpretation. In: **HAPER, J. L. Studies on plant demography**. London: Academic, 1985. p.17-31.

SAUNDERS, S.C.; CHEN, J.; DRUMMER, T.D.; CROW, T.R. Modeling temperature gradients across edges over time in a managed landscape. **Forest Ecology and Management**. v. 117, p. 17- 31, 1999.

SCHAAF, L.B. et al. Alteração na estrutura diamétrica de uma floresta ombrófila mista no período entre 1979 e 2000. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.283-295, 2006.

SCHNEIDER. P. R.; FINGER, C. A. G. Manejo sustentado de florestas inequiâneas heterogêneas. **UFSM**, Santa Maria. P. 195, 2000.

SCOLFORO, J.R.S. Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas. **Lavras: UFLA/FAEPE**, p.443. 1998.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal: modelos de crescimento e produção florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 393p.2006.

STEPKA, T. F. **Modelagem da dinâmica e prognose da estrutura diamétrica de uma floresta ombrófila mista por meio de matriz de transição e razão de movimentação**. Paraná, 138 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati – PR, 2008

TABANEZ, A.A.J.; VIANA, V.M. e DIAS, A.S. Consequências da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de Floresta de Planalto de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia**. 57: 47-60, 1997.

USHER, M.B. A Matrix approach to the management of renewable resources, with special reference to selection forests. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 3, p. 355-367, 1966.

VALENTE, R. de O. A. **Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbataí, SP**. Piracicaba, 161p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2001.

VANCLAY, J.K. **Modelling forest growth and yield - applications to mixed tropical forests**. Wallingford: CAB International, 312p.1994.

VIANA, V.M. Biologia e manejo de fragmentos de florestas naturais. **Anais: VI Congresso Florestal Brasileiro**. SBS/SBEF, Campos do Jordão, SP. 1990.

WIENS, J. A., CRAWFORD, C. S.; GOSZ, J. R. Boundary dynamics: a conceptual framework for studying landscape ecosystems. **Oikos**, n.45, p.421-427. 1985.

ZAÚ, A.S. Fragmentação da Mata Atlântica: aspectos teóricos. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, Vol.5(1):160-170, jan/dez.1998.