

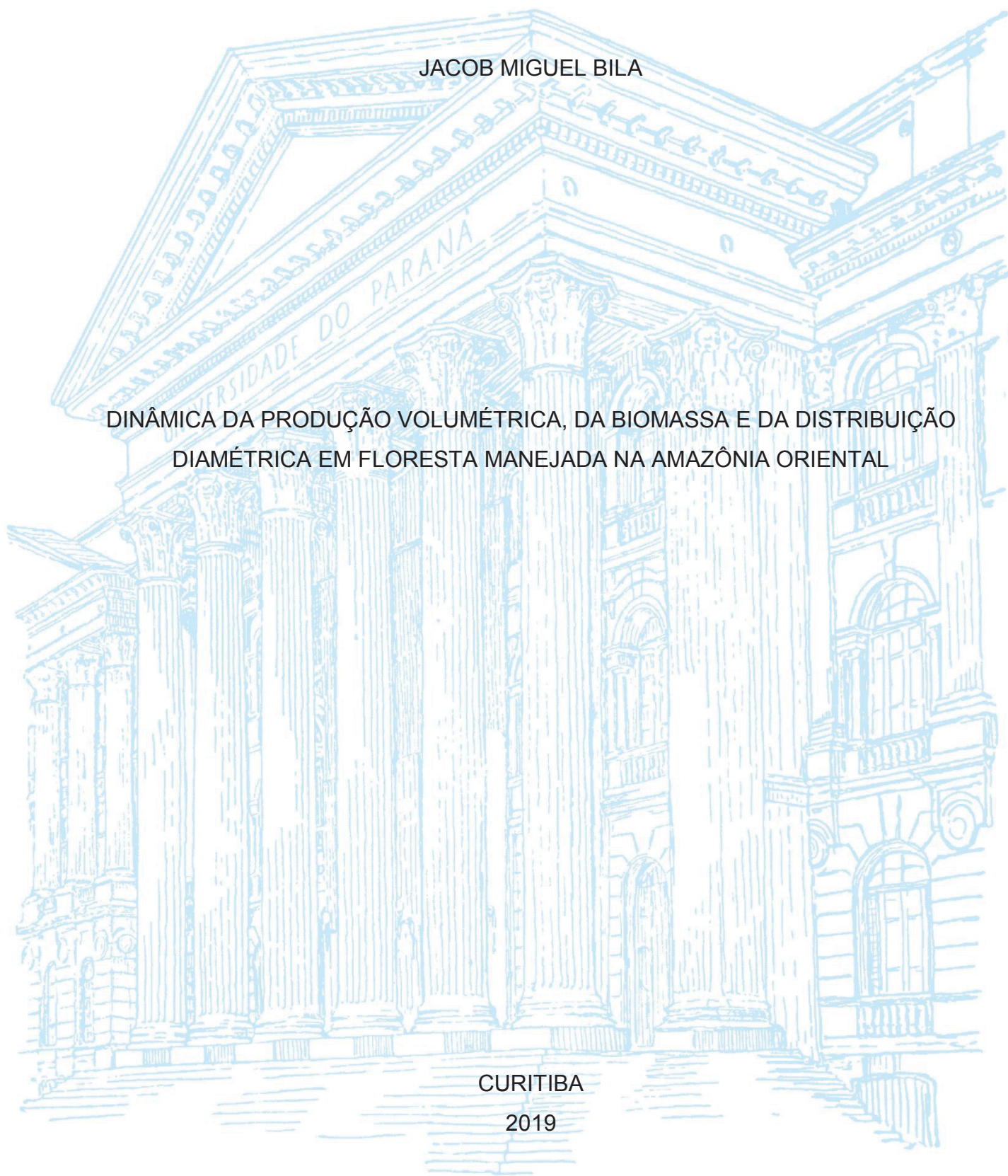
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JACOB MIGUEL BILA

DINÂMICA DA PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA, DA BIOMASSA E DA DISTRIBUIÇÃO
DIAMÉTRICA EM FLORESTA MANEJADA NA AMAZÔNIA ORIENTAL

CURITIBA

2019



JACOB MIGUEL BILA

DINÂMICA DA PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA, DA BIOMASSA E DA DISTRIBUIÇÃO
DIAMÉTRICA EM FLORESTA MANEJADA NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de “Doutor em Ciências Florestais”

Orientador
Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta

Coorientadores:
Prof^a. Dr^a. Ana Paula Dalla Corte
Dr. Lucas José Mazzei de Freitas

CURITIBA

2019

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Bila, Jacob Miguel

Dinâmica da produção volumétrica, da biomassa e da distribuição
diamétrica em floresta manejada na Amazônia Oriental / Jacob Miguel Bila.
- Curitiba, 2019.

121 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta

Coorientadores: Profa. Dra. Ana Paula Dalla Corte

Dr. Lucas José Mazzei de Freitas

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências
Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.

Defesa: Curitiba, 19/12/2019. Área de concentração: Manejo Florestal.

1. Florestas - Medição - Amazônia. 2. Dendrometria. 3. Florestas -
Manejo. 4. Biomassa. 5. Sistemas silviculturais. 6. Teses. I. Sanquetta,
Carlos Roberto. II. Dalla Corte, Ana Paula. III. Freitas, Lucas José Mazzei
de. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V.
Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.524(811)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA
FLORESTAL - 40001016015P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **JACOB MIGUEL BILA** intitulada: **DINÂMICA DA PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA, DA BIOMASSA E DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA EM FLORESTA MANEJADA NA AMAZÔNIA ORIENTAL**, sob orientação do Prof. Dr. CARLOS ROBERTO SANQUETTA, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa. A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 19 de Dezembro de 2019.

CARLOS ROBERTO SANQUETTA
Presidente da Banca Examinadora

EVALDO MUÑOZ BRAZ
Avaliador Externo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA
AGROPECUÁRIA)

ALLAN LIBANIO PELISSARI
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

SYLVIO PÉLLICO NETTO
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

NELSON CARLOS ROSOT
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Miguel Jorge Bila (*in Memoriam*) e Teresinha José Quive, à minha esposa Megui Alzira Sitole Chipa Bila e ao meu filho querido Herson Miguel Jacob Bila.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Orientador Professor Carlos Roberto Sanquetta, pela dedicação, interesse e sempre com pronta disponibilidade na orientação deste trabalho.

Aos Coorientadores Professora Ana Paula Dalla Corte e Doutor Lucas José Mazzei de Freitas, pelas suas contribuições e sugestões apresentadas.

Aos professores Júlio Eduardo Arce, Alexandre Behling e Sylvio Péllico Netto pela amizade, contribuição e ajuda na realização deste trabalho.

Aos colegas Miguel Muguio, Narciso Fernando Bila, Nocy Bila, Mateus Manharange, Cardenito Colher, Marcelino Xavier e Gemusse Satar.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de aprimoramento técnico-científico através da realização deste curso.

À Embrapa Amazônia Oriental pela disponibilização de dados para esta pesquisa.

Ao MCTESTP-Moçambique pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores, funcionários do Programa de Engenharia Florestal da UFPR e a todos os colaboradores do Biofix.

Aos meus amigos em Moçambique Casimiro Alfredo Panguane, Faruku Bijal Bică, Francisco Adriano dos Santos, pelo apoio moral para que este trabalho seja uma realidade.

RESUMO GERAL

Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento em volume e biomassa e suas relações com algumas variáveis da estrutura florestal, bem como avaliar a dinâmica da distribuição diamétrica com uso da função de Weibull e da Matriz de Transição. Para tal, foram utilizados dados de 40 parcelas permanentes de um hectare de área provenientes de floresta nativa manejada no município de Vitória do Jari, Estado do Amapá. Os tratamentos silviculturais foram estabelecidos combinando os níveis de exploração e desbastes com 0%, 15%, 25%, 30% e 0%, 30%, 50%, 70% respectivamente. Deste modo, foi avaliado o efeito destes tratamentos silviculturais nos incrementos periódicos anuais de volume e de biomassa. Analisaram-se as tendências dos incrementos em volume e biomassa em função da G (área basal), $N.ha^{-1}$ (número de árvores por hectare), índice PV50 (indica a porcentagem do volume acumulado por 50% das árvores de menor diâmetro) e o índice de Shannon. Ajustaram-se as distribuições diamétricas observadas dos anos 1984, 1990 e 2011 usando a função de Weibull e comparadas com distribuições estimadas entre 1984 e 1990 assim como entre 1984 e 2011, pelo método de Qui-quadrado. Foi projetada a distribuição diamétrica para o ano de 2012, a partir de dados de 1994 e 2004 em cada tratamento analisado, usando a Matriz de Transição. Os resultados mostraram que os tratamentos silviculturais tiveram influência no incremento periódico anual em volume, biomassa, G e $N.ha^{-1}$, tendo se destacado o tratamento T11 como o mais produtivo. O incremento em volume e em biomassa apresentaram tendência diretamente proporcional com a G , $N.ha^{-1}$ e ao índice de Shannon bem como inversamente proporcional ao índice PV50. A função Weibull foi aderente pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ($p \geq 0,05$). A comparação das distribuições diamétricas entre os anos 1984 e 2011 mostrou que existem diferenças significantes dependendo dos níveis de intervenções e do tempo de recuperação da floresta. Com o uso da matriz de transição a distribuição diamétrica observada em 2011 e projetada para 2012 no tratamento T0 apresentou diferenças não significativas e nos tratamentos T7 e T11 a comparação foi significativa estatisticamente. De forma geral, as diferentes intensidades de intervenções de manejo na Floresta Amazônica influenciaram no crescimento em volume e biomassa, assim como na distribuição diamétrica.

Palavras-chave: Tratamentos silviculturais. incremento periódico anual. Fitossociologia. Matriz de transição.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the growth in volume and biomass and their relationships with some forest structure variables, as well as to evaluate the dynamics of the diameter distribution using the Weibull function and the transition matrix. For this, data from 40 permanent plots of one hectare of area from Vitória do Jari were used. Silvicultural treatments were established by combining logging and thinning levels of 0%, 15%, 25%, 30% and 0%, 30%, 50%, 70% respectively. Thus, the effect of these silvicultural treatments on annual periodic volume and biomass increments was evaluated. The trends of volume and biomass increments as a function of G , $N.ha^{-1}$, PV50 index (indicates the percentage of volume accumulated by 50% of the smallest diameter trees) and Shannon index were analyzed. The diameter distributions of the years 1984, 1990 and 2011 were adjusted using the Weibull function and the estimated distributions between 1984 and 1990 were compared, as well as between 1984 and 2011, using the Chi-square method. The diameter distribution was projected to the year 2012 from 1994 and 2004 data on each treatment analyzed using the Transition Matrix. The results showed that the silvicultural treatments had an influence on the annual periodic increment of volume, biomass, G and $N.ha^{-1}$, being T11 the best treatment. Increments in volume and biomass tend to be directly proportional to G , $N.ha^{-1}$ and Shannon index and inversely proportional to PV50 index. Weibull function was adherent by the Kolmogorov-Smirnov test ($p \geq 0.05$). Comparison of diameter distributions between 1984 and 2011 showed that there are significant differences depending on intervention levels and forest recovery time. Using the Transition Matrix, the diameter distribution observed in 2011 and projected to 2012 in treatment T0 were non-significant different and in treatments T7 and T11 the comparison was statistically significant. In general, the different intensities of management interventions in the Amazon Rainforest of Vitória do Jari Municipality in Amapá State influenced the growth in volume and biomass as well as in the diameter distribution.

Keyword: Silvicultural treatments. annual periodic increment. phytosociology, transition matrix.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA FLORESTA EM ESTUDO LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DO JARI - AP	28
FIGURA 2.1 - PORCENTAGEM DE PRODUTIVIDADE VOLUMÉTRICA ($\text{M}^3.\text{HA}^{-1}.\text{ANO}^{-1}$) PARA CADA TRATAMENTO	48
FIGURA 2.2 - INCREMENTO PERIÓDICO ANUAL EM VOLUME ($\text{M}^3.\text{HA}^{-1}.\text{ANO}^{-1}$) NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE, ÁREA BASAL ($\text{M}^2.\text{HA}^{-1}$) E BIOMASSA ENTRE OS PERÍODOS 1984 A 1994	49
FIGURA 2.3 - INCREMENTO PERIÓDICO ANUAL EM VOLUME ($\text{M}^3.\text{HA}^{-1}.\text{ANO}^{-1}$), NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE, ÁREA BASAL ($\text{M}^2.\text{HA}^{-1}$) E BIOMASSA ENTRE OS PERÍODOS 1996 A 2011	50
FIGURA 2.4 - ANÁLISES GRÁFICAS DA PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA EM FUNÇÃO DA ÁREA BASAL ($\text{M}^2.\text{HA}^{-1}$), NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE, ÍNDICE PV50, ÍNDICE DE SHANNON NO PERÍODO 1984 A 1994	53
FIGURA 2.5 - ANÁLISES GRÁFICAS DA PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA EM FUNÇÃO DA ÁREA BASAL ($\text{M}^2.\text{HA}^{-1}$), NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE, ÍNDICE PV50, ÍNDICE DE SHANNON	55
FIGURA 2.6 - ANÁLISES GRÁFICAS DA PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM FUNÇÃO DA ÁREA BASAL ($\text{M}^2.\text{HA}^{-1}$), NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE, ÍNDICE PV50, ÍNDICE DE SHANNON	56
FIGURA 2.7 - ANÁLISES GRÁFICAS DA PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM FUNÇÃO DA ÁREA BASAL ($\text{M}^2.\text{HA}^{-1}$), NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE, ÍNDICE PV50, ÍNDICE DE SHANNON NO PERÍODO 1996 A 2011	57
FIGURA 2.8 - ANÁLISE GRÁFICA DA VARIÁVEL DUMMY SOBRE A PRODUÇÃO EM VOLUME ($\text{M}^3.\text{HA}^{-1}.\text{ANO}^{-1}$) EM FUNÇÃO DA ÁREA BASAL ($\text{M}^2.\text{HA}^{-1}$), NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE, ÍNDICE PV50, ÍNDICE DE SHANNON	60
FIGURA 2.9 - ANÁLISE GRÁFICA DA VARIÁVEL DUMMY SOBRE A PRODUÇÃO DE BIOMASSA ($\text{KG}.\text{HA}^{-1}.\text{ANO}^{-1}$) EM FUNÇÃO ENTRE DA ÁREA BASAL ($\text{M}^2.\text{HA}^{-1}$), NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE, ÍNDICE PV50, ÍNDICE DE SHANNON ..	61
FIGURA 3.1 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADA E O HISTOGRAMA DE FUNÇÃO WEIBULL 3P PARA OS 3 TRATAMENTOS NOS PERÍODOS DE 1984, 1990 E 2011	77

FIGURA 4.1 - DISTRIBUIÇÕES DIAMÉTRICAS OBSERVADAS 1996; 2004 E PROJETADA PARA 2012.....	101
FIGURA 4.2 - COMPARAÇÃO DOS VALORES OBSERVADOS E PROJETADOS PARA OS TRATAMENTOS T0, T7 E T11 PARA A ÁREA BASAL, VOLUME E BIOMASSA.....	104

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 - DISTRIBUIÇÃO DAS PARCELAS PERMANENTES E OS RESPECTIVOS TRATAMENTOS	29
TABELA 2.1 - VALORES MÉDIOS OBSERVADOS DAS VARIÁVEIS EM CADA PERÍODO DE MEDIÇÃO.....	46
TABELA 2.2 - PERCENTUAL DA REDUÇÃO DO VOLUME E ÁREA BASAL EM CADA TRATAMENTO POR PARCELA.....	47
TABELA 2.3 - ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS NO PERÍODO DE 1984 A 1994.....	58
TABELA 2.4 - ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS NO PERÍODO DE 1996 A 2011.....	59
TABELA 3.1 - ESTATÍSTICA E PARÂMETROS DAS DISTRIBUIÇÕES DE WEIBULL 3P EM CADA GRUPO NOS PERÍODOS 1984,1990 E 2011	76
TABELA 3.2 - TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV DA FUNÇÃO AJUSTADA EM CADA TRATAMENTO NOS PERÍODOS 1984,1990 E 2011	76
TABELA 3.3 - FREQUÊNCIAS OBSERVADAS E ESTIMADAS POR TRATAMENTO T0, 07 E NOS ANOS DE 1984,1990 E 2011	78
TABELA 3.4 - COMPARAÇÃO DA ESTRUTURA DIAMÉTRICA NOS PERÍODOS ANTES E DEPOIS DA EXPLORAÇÃO USANDO O TESTE DE QUI-QUADRADO ...	80
TABELA 4.1 - TRANSIÇÃO DO NÚMERO DE ÁRVORES EM CADA CLASSE DIAMÉTRICA EM DAP (cm), DURANTE O PERÍODO DE 1996 – 2012 PARA O TRATAMENTO T0.....	96
TABELA 4.2 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE PROBABILIDADE DE UM ESTADO PARA O OUTRO NO PERÍODO 1996-2004 NO TRATAMENTO T0.....	97
TABELA 4.3 - TRANSIÇÃO DO NÚMERO DE ÁRVORES EM CADA CLASSE DIAMÉTRICA EM DAP (cm), DURANTE O PERÍODO DE 1996 – 2012 PARA O TRATAMENTO 07.....	98
TABELA 4.4 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE PROBABILIDADE DE UM ESTADO PARA O OUTRO NO PERÍODO 1996 - 2004 NO TRATAMENTO T7	99
TABELA 4.5 - TRANSIÇÃO DO NÚMERO DE ÁRVORES EM CADA CLASSE DIAMÉTRICA EM DAP (cm), DURANTE O PERÍODO DE 1996 – 2012 PARA O TRATAMENTO 11.....	99

TABELA 4.6 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE PROBABILIDADE DE UM ESTADO PARA O OUTRO NO PERÍODO 1996 - 2004 NO TRATAMENTO T11	100
TABELA 4.7 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DA MORTALIDADE ABSOLUTA NAS PROJEÇÕES DE 1996 - 2004 NOS TRATAMENTOS T0, T7 E T11	102
TABELA 4.8 - COMPARAÇÃO DA MORTALIDADE OBSERVADA NAS PROJEÇÕES E NOS TRATAMENTOS T0, T7 E T11.....	103

LISTA DE ABREVIACÕES OU SIGLAS

IPA – Incremento periódico anual

IPAVol - Incremento periódico anual em volume ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)

IPABiom - Incremento periódico anual em biomassa acima do solo ($\text{Mg}.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)

G – Área basal ($\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$)

N – Número de árvores ($\text{árvores}.\text{ha}^{-1}$)

PV50 – Índice de uniformidade PV50

H' - Índice de Shannon

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	3
ABSTRACT	4
CAPÍTULO 1- ASPECTOS GERAIS DA PESQUISA	15
1.1 INTRODUÇÃO GERAL	16
1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
1.2.1 Tratamentos silviculturais	17
1.2.2 Estrutura florestal	18
1.2.3.1 Ingresso.....	19
1.2.3.2 Crescimento volumétrico	19
1.2.3.3 Mortalidade.....	20
1.2.4. Biomassa.....	21
1.2.5 Funções densidade de probabilidade.....	22
1.2.5.1 Distribuição de Weibull	23
1.2.5.2 Modelagem da distribuição diamétrica	23
1.2.6 Modelo de crescimento e produção.....	24
1.2.7 Prognose	25
1.2.8 Matriz de transição	26
1.3 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
1.3.1 Clima	27
1.3.2 Relevo e solos.....	27
1.3.3 Tipologia florestal	27
1.3.4 Implantação do experimento	27
1.3.5 Delineamento experimental.....	28
REFERÊNCIAS	30
CAPÍTULO 2 - DINÂMICA DA PRODUÇÃO EM VOLUME E BIOMASSA EM FLORESTA TROPICAL MANEJADA DURANTE NA AMAZÔNIA ORIENTAL	36
RESUMO.....	37
ABSTRACT.....	38
2.1 INTRODUÇÃO	39

2.1.1 HIPÓTESE	40
2.1.2 OBJETIVO.....	40
2.1.2.1 Objetivo geral	40
2.1.2.2 Objetivos específicos.....	40
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	40
2.2.1 Efeito dos tratamentos silviculturais	40
2.2.1.1 Aplicação do método gráfico	41
2.2.1.2 Aplicação da análise de variância	41
2.2.2 Estrutura horizontal da floresta.....	42
2.2.3 Índice de uniformidade	43
2.2.4 Índice de Shannon.....	43
2.2.5 Determinação da produção em volume e em biomassa.....	43
2.2.6 Determinação da intensidade de exploração	45
2.2.7 Análise das tendências da linha de regressão entre o incremento de produção volumétrica e de biomassa e as variáveis da estrutura da floresta	45
2.2.8 Análise de correlação entre as variáveis dendrométricas	45
2.3 RESULTADOS	45
2.3.1 Intensidades de exploração.....	46
2.3.2 Análise do efeito dos tratamentos silviculturais no incremento periódico anual	47
2.3.3.1 Análise de incremento no período 1984 a 1994	48
2.3.3.2. Análise de crescimento no período 1996 a 2011.....	49
2.3.3.3 Análise estatística do estoque e incremento periódico anual de volume e de biomassa	50
2.3.3.3.1 Análise de variância do estoque em volume e em biomassa em função dos tratamentos	51
2.3.3.3.2 Análise estatística do incremento periódico anual em volume e em biomassa nos períodos 1984 a 1994 e 1996 a 2011.....	51
2.3.4 Incremento periódico anual de volume e de biomassa em função da estrutura florestal.....	51
2.3.4.1 Análise de incremento periódico anual de volume em função da estrutura florestal no período 1984 a 1994.....	52
2.3.4.2 Análise de incremento periódico anual do Volume em função da estrutura florestal no período 1996 a 2011	53

2.3.4.3. Análise de incremento periódico anual de biomassa em função da estrutura florestal no período 1984 a 1994	55
2.3.4.4 Análise do incremento periódico anual de biomassa em função da estrutura florestal no período 1996 a 2011	56
2.3.5 Análises de correlação entre as variáveis	57
2.3.6 Análise da variável Dummy	59
2.4 DISCUSSÃO	61
2.5 CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS	66
 CAPÍTULO 3 - EFEITO DOS TRATAMENTOS SILVICULTURAIS NA DINÂMICA DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE UMA FLORESTA TROPICAL AMAZÔNICA	69
RESUMO	70
ABSTRACT	71
3.1 INTRODUÇÃO	72
3.1.1 HIPÓTESE	73
3.1.2 OBJETIVOS	73
3.1.2.1 Objetivo geral	73
3.1.2.2 Objetivos específicos.....	73
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	73
3.2.1 Distribuição diamétrica	73
3.2.2 Ajuste da função de Weibull	74
3.2.3 Comparação da distribuição diamétrica	74
3.3 RESULTADOS	76
3.3.1 Estatísticas de ajuste.....	76
3.3.2 Distribuição diamétrica de valores observados e estimados	77
3.3.3 Comparação das estruturas diamétricas antes e depois da exploração usando o teste Qui-quadrado.....	79
3.4 DISCUSSÃO	80
3.4.1 Importância teórica e prática do trabalho	82
3.5 CONCLUSÕES	83
REFERÊNCIAS	85

CAPÍTULO 4 - DINÂMICA DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE UMA FLORESTA TROPICAL AMAZÔNICA SUBMETIDA À EXPLORAÇÃO	87
RESUMO.....	88
ABSTRACT.....	89
4.1 INTRODUÇÃO	90
4.1.1 HIPÓTESE	91
4.1.2 OBJETIVOS	91
4.1.2.1 Objetivo geral	91
4.1.2.2 Objetivos específicos.....	91
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	91
4.2.1 Obtenção das variáveis dendrométricas	91
4.2.2 Determinação das probabilidades de transição.....	91
4.2.2.1 Matriz de transição	92
4.2.3 Simulação e projeção da distribuição diamétrica, área basal, volume e biomassa	94
4.2.4 Comparação das variáveis dendrométricas	94
4.2.5 Análise da mortalidade observada em cada tratamento.....	95
4.3 RESULTADOS.....	96
4.3.1 Projeções da distribuição diamétrica	96
4.3.1.1 Projeção de 1996 a 2004 do tratamento T0	96
4.3.1.2 Projeção 1996 a 2004 tratamento T07	97
4.3.1.3 Projeção de 1996 a 2004 para o tratamento T11	99
4.3.1.4 Análise da distribuição diamétrica projetada	100
4.3.2 Comparação das frequências observadas e projetadas.....	101
4.3.3 Análise da mortalidade	102
4.4 DISCUSSÃO	104
4.5 CONCLUSÕES	105
REFERÊNCIAS.....	106
5. DISCUSSÃO GERAL.....	108
6. CONCLUSÕES GERAIS	110

REFERÊNCIAS GERAIS111

CAPÍTULO 1- ASPECTOS GERAIS DA PESQUISA

1.1 INTRODUÇÃO GERAL

Segundo Martin (2015), as estimativas de cobertura de florestas tropicais por volta de 1800 era próxima dos cerca de 16 milhões de km². Nos dias de hoje (dados de 2010), menos da metade dessas florestas permanecem intacta e cerca de outro um quarto sobrevive como floresta fragmentada e degradada. As florestas tropicais úmidas podem ser classificadas em quatro blocos principais: A Floresta Africana - cobrindo aproximadamente 180 milhões de hectares; Floresta Americana - com cerca de 400 milhões de hectares; Floresta Indo-Malaia - com cerca de 250 milhões hectares, e as florestas existentes em ilhas do Oceano Índico (WHITMORE, 1984). A maior parte da Floresta Americana concentra-se na chamada Floresta Amazônica, a maior floresta tropical do mundo, que cobre 390 milhões de hectares, ou seja, 75,8% da área denominada formalmente de Amazônia (CARVALHO, 1982). A Floresta amazônica, para além da sua alta extensão territorial, possui uma altíssima biodiversidade e um enorme potencial econômico. Entretanto, ocorre uma rápida destruição de grandes áreas como consequência de diversos fatores antrópicos, o que torna a Floresta Amazônica muito importante no mundo (KIRBY, 2006).

A exploração florestal, causa um impacto negativo na estrutura da floresta remanescente, pode provocar danos irreversíveis, mesmo em áreas de manejo sustentáveis. Do mesmo modo, em manejo de impacto reduzido, em florestas tropicais pode não ser definido como sustentável se forem consideradas as alterações da composição e dinâmica florestal ao longo do tempo, para além da maior suscetibilidade das florestas exploradas com incêndios florestais. Estudos realizados por Richardson (2016) mostram que a derrubada de uma árvore grande pode causar por acidente a morte de 12 árvores pequenas ao seu redor. Nestes termos, para garantir a recomposição dessas árvores em concessões florestais, o ideal na opinião do mesmo autor, a segunda intervenção só deveria ocorrer após o fim do primeiro ciclo de corte, pois a recomposição de todas as espécies precisaria de no mínimo mais de 30 anos em pousio após a exploração.

Desta forma, a falta de conhecimento da dinâmica de florestas naturais dificulta a definição de estratégias de manejo, bem como a definição de planos de manejo sustentáveis. Deste modo, o conhecimento das taxas de crescimento, ingressos e mortalidade são de fundamental importância para o planejamento da produção e determinação dos ciclos de corte em áreas florestais (VATRAZ 2012).

Este trabalho foi dividido em quatro capítulos, o primeiro consiste na apresentação dos aspectos gerais do trabalho, o segundo capítulo trata da dinâmica da produção em volume e biomassa em Floresta Tropical manejada na Amazônia oriental organizado em artigo científico, o terceiro capítulo também organizado em artigo refere-se ao estudo do efeito dos tratamentos silviculturais da dinâmica da distribuição diamétrica de uma Floresta Tropical Amazônica e o quarto capítulo que constitui o terceiro artigo, trata da dinâmica da distribuição diamétrica de Floresta Tropical Amazônica submetida à exploração.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Deste os tempos primitivos no mundo, os povos tiveram o seu desenvolvimento acelerado a partir do aproveitamento dos recursos naturais. Dentre eles, as áreas florestais foram e continuam a constituírem maiores reservas econômicas e sociais de diversos países (FINGER, 1995).

Apesar deste grande potencial que os países possuem, a exploração desordenada, ou a transformação de áreas florestais em outras atividades como a agropastoril, levaram à destruição de grandes áreas florestais causando altos níveis de desmatamento, desde os tempos remotos. Essas práticas forçaram as entidades governamentais nos séculos XVIII e XIX a partir da revolução industrial a definir regulamentos de exploração florestal. Na Áustria, desde os anos 1500, já tinham medidas de restrição de corte de árvores, permitindo apenas o corte de árvores mediante a apresentação da autorização oficial (SOUZA, 2005).

Dentre esses e outras medidas associadas à certeza da necessidade de madeira no futuro, Schneider e Finger (2000) afirmaram que um grande passo foi dado pelos engenheiros florestais no desenvolvimento da ideia de sustentabilidade no século XVI. Dessa forma, o entendimento da sustentabilidade florestal passa necessariamente em conhecer a estrutura, a dinâmica e o crescimento de áreas florestais.

1.2.1 Tratamentos silviculturais

Uma das práticas mais importantes para aumentar o crescimento de árvores na floresta, principalmente de interesse comercial, é o uso de tratamentos silviculturas após a colheita. A taxa de crescimento das espécies florestais é um dos fatores determinantes na recuperação do estoque volumétrico após a exploração

florestal. Desse modo, uma informação confiável do crescimento para distintos regimes de manejo e alternativas silviculturais é um pré-requisito para o manejo sustentável das florestas naturais (SILVA et al., 1995).

Depois da primeira colheita o incremento diamétrico das espécies comerciais é relativamente baixo nas florestas tropicais (DE GRAAFF et al., 1999). Uma das alternativas para incrementar as taxas de crescimento das árvores após a exploração florestal, principalmente das espécies remanescentes é aplicar tratamentos silviculturais (ROZENDAAL et al., 2010). Vários autores demonstraram que as condições de crescimento das árvores reservadas para a futura colheita depois da exploração melhoraram quando foram aplicados tratamentos silviculturais adicionais (KAMMESHEIDT et al., 2003; PENÃ-CLAROS et al., 2008; VILLEGAS et al., 2009; KRISNAWATI; WAHJONO, 2010). Quando aplicados, esses tratamentos podem aumentar a probabilidade de recuperação do estoque volumétrico (VILLEGAS et al., 2009; PUTZ et al., 2012) e reduzir o tempo do ciclo de corte (KRISNAWATI; WAHJONO, 2010).

Um dos sistemas silviculturais mais aplicado nas florestas manejadas na Amazônia é do tipo policíclico (SCHWARTZ et al., 2016), na qual parte ou todas as árvores comerciais que atingem o diâmetro mínimo de corte são retiradas. As árvores que ainda não atingiram o diâmetro mínimo de corte permanecem e passam a constituir o estoque do próximo corte (SILVA, 1989; SILVA, 1997). Para além do Brasil, outros países como Suriname (Sistema CELOS), Colômbia, Costa Rica, Guianas, Gana, Indonésia, Filipinas e Tailândia adotam o sistema policíclico.

1.2.2 Estrutura florestal

O conhecimento da composição florística e da estrutura da floresta permite o planejamento e estabelecimento de sistemas de manejo com produção sustentável, condução da floresta a uma estrutura balanceada, bem como a práticas silviculturais adequadas (SOUZA et al., 2006).

1.2.3 Dinâmica de florestas

O papel da dinâmica das espécies que se regeneram em clareiras nas florestas tropicais tem sido estudado por vários autores e as consideram como um importante fator na manutenção da alta diversidade das espécies (HARTSORN, 1989).

O conhecimento da dinâmica em Florestas Tropicais é muito importante, pois se torna uma ferramenta imprescindível para o silvicultor no momento de decidir sobre as práticas silviculturais a serem aplicadas na floresta. A avaliação do crescimento, mortalidade e recrutamento em florestas tropicais pode ser feita por meio do inventário contínuo, que é uma prática mais usada para se observar as mudanças que ocorrem ao longo do tempo em áreas florestais (CASTRO et al., 2008).

1.2.3.1 Ingresso

Por ingresso ou recrutamento entende-se como sendo árvores que atingiram ou ultrapassaram o diâmetro mínimo pretendido, isso é, são árvores que numa idade anterior não foram medidas por não terem alcançado diâmetro mínimo predeterminado. O ingresso é expresso em volume, área basal ou frequência por hectare e também só pode ser medido a partir de medições periódicas em um inventário contínuo (CAMPOS et al., 2013).

A composição das espécies é um fator importante que influencia a quantidade de ingresso numa floresta, assim como o grau de perturbação no dossel (SILVA, 1989). A queda de uma árvore ou galho, isto é, pequenas perturbações, não levam ao aparecimento de grande número de novos indivíduos de recrutamento, pois o espaço da clareira é de pequeno tamanho e as espécies de crescimento lento e tolerante à sombra ocupam a clareira com maior facilidade. Quando se trata de perturbações pesadas, tais como a exploração florestal, geralmente resultam em germinação e crescimento de grande número de espécies pioneiras de rápido crescimento, que logo crescem até o mínimo tamanho de medição (SILVA, 1989).

1.2.3.2 Crescimento volumétrico

A maioria dos estudos sobre o crescimento de árvores em florestas tropicais descobriu que a grande maioria das árvores cresce muito lentamente. As taxas de crescimento de espécies individuais na floresta tropicais variam consideravelmente, em geral as taxas médias de crescimento em diâmetro variam entre 0,5 a 0,6 cm.ano⁻¹, com taxas máximas de 1,5 cm.ano⁻¹ (TURNER, 2004).

Em termos volumétricos, Azevedo (2006) em sua pesquisa sobre crescimento e incremento de Florestas Tropicais Úmidas obteve um incremento que se situa entre 1 e 3 m³.ha⁻¹.ano⁻¹, como médias para o Sudeste Asiático; 2 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ para

as florestas da Nigéria e de 2,9 a 4,3 $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ nas florestas de Dipterocarpaceas das Filipinas.

Silva et al. (1996) observaram, no Estado do Pará região de Santarém, que o crescimento e a produção numa floresta de terra-firme em quatro áreas distintas: floresta primária (testemunha), duas áreas exploradas seletivamente 7 e 13 anos antes da avaliação, e uma floresta secundária de 50 anos de idade. Nessas áreas os incrementos periódicos de produção de madeira variaram de 1,6 $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, em floresta primária não explorada, a até 4,8 $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, em floresta manejada.

O termo curva de crescimento remete às curvas sigmoidais que representam o comportamento que as dimensões medidas têm no tempo. Nesta curva podem ser observadas três fases de desenvolvimento do povoamento; fase juvenil, que vai até o ponto de inflexão da curva; fase de maturidade, do ponto de inflexão até o ponto de máxima tangência; e fase de senescência, que vai do ponto tangência em diante (ASSAMANN, 1970; FINGER, 1992; ZEIDE, 1989).

1.2.3.3 Mortalidade

Segundo Gomide (1997), em florestas tropicais os modelos de mortalidade no tempo e espaço são altamente relacionados com a máxima longevidade das árvores, à sua distribuição nas classes de tamanho, à abundância relativa das espécies, e ao tamanho e número de clareiras. Perdas de árvores influenciam as condições do microambiente e, conseqüentemente, a taxa de crescimento de árvores vizinhas; a morte de uma árvore pode aumentar ou decrescer a probabilidade da morte de outras.

Nas florestas tropicais não perturbadas, as causas mais frequentes da morte de árvores é o vento, contudo verifica-se também a morte de árvores em pé, como resultado de fungos patogênicos, herbívoros, senescência, déficit hídrico ou supressão, ou a combinação destes fatores (GOMIDE, 1997). Estes ecossistemas mostram-se mais estáveis em relação à mortalidade e ao ingresso de novos indivíduos. Higuchi et al. (1997) observaram taxas anuais de mortalidade de 1,03% \pm 0,38%, para florestas tropicais úmidas de terra firme na Amazônia brasileira. Peralta et al. (1987) estimaram taxas anuais de mortalidade entre 1,8% e 2,25% para a Selva, Costa Rica. Carey et al. (1994) encontraram taxas anuais variando entre 0,5 e 3,3% em florestas tropicais da Venezuela. Lieberman et al. (1987) tiveram na sua pesquisa, uma taxa anual de 1,9%, para Costa Rica. Swaine et al. (1987),

analisando as florestas tropicais de Gana, observaram uma mortalidade de 1,32% para árvores com $DAP \geq 10\text{cm}$.

1.2.4. Biomassa

A biomassa florestal é definida como sendo a quantidade constituída por organismos no ecossistema florestal em termos de massa (ALEMDAG, 1980).

Segundo Martinelli et al. (1994), a biomassa é definida como a quantidade expressa em massa, do material vegetal disponível em uma determinada área florestal.

Por sua vez, as florestas podem ser definidas como sendo um conjunto de árvores existentes numa determinada área e formando um ecossistema juntamente com muitos outros organismos vivos e mortos em um meio inorgânico incluindo o solo mineral e a atmosfera. As florestas são caracterizadas pela acumulação de biomassa e inclui-se os ecossistemas terrestres que possuem a maior biomassa por unidade de área (SATO, 1982).

As florestas tropicais úmidas caracterizam-se pela sua biodiversidade e alta taxa de produtividade biológica com grande estoque de biomassa e carbono (SANTOS et al., 2004). Nesses termos, as florestas desempenham um papel importantíssimo no meio ambiente, através do sequestro de carbono da atmosfera, contribuindo, desta forma, na redução da concentração de dióxido de carbono (CO_2). Como o carbono representa 50% da biomassa seca de uma árvore, estimativas de biomassa na floresta tropical são importantes para entender a dinâmica do estoque de nutrientes e a contribuição de reflorestamentos na redução das emissões de gás carbônico na atmosfera (SHIMAMOTO, 2012).

Vários estudos foram realizados para determinar o estoque de carbono nos ecossistemas florestais, como, por exemplo, Carim (2018) no seu estudo sobre estimativa de biomassa lenhosa no estado do Amapá, obteve valores médios de biomassa acima do solo de $198,56 \text{ Mg.ha}^{-1}$ e $198,06 \text{ Mg.ha}^{-1}$ em dois ambientes diferentes, de Várzea e Igapó respectivamente. Lima (2007) determinou o estoque de biomassa recuperado, após dez anos da formação da capoeira e obteve um estoque médio de $56,2 \text{ Mg.ha}^{-1}$.

1.2.5 Funções densidade de probabilidade

A densidade, do ponto de vista estatístico, é uma medida de concentração de alguma característica de interesse na população ou de que forma esta característica está distribuída (FERREIRA, 2005). A forma de representação ou quantificação desta densidade em função da característica em questão é conseguida com o uso das funções densidade de probabilidade.

Seja x uma variável aleatória contínua com distribuição $f(x)$ definida dentro de um domínio específico D . Esta função $f(x)$ denomina-se função de densidade probabilidade de x se, e somente se, satisfizer as condições (PRODAN et al., 1997; CAMPOS e LEITE, 2002):

$$f(X) \geq 0 \forall X$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(X) dX$$

$$f(X)$$

Em que $f(x)$ mede não probabilidade, mas a densidade da probabilidade e então, para se obter a probabilidade, deve-se recorrer a função de distribuição acumulada. A função de distribuição acumulada, dada por $F(x)$, corresponde a integral de $f(x)$ e estima a probabilidade que a variável x assume um valor menor ou igual a x , desde a origem:

$$F(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx \quad (1.1)$$

Desse modo, a probabilidade de que x esteja no intervalo entre a e b é calculada por (PRODAN et al., 1997):

$$P(a \leq x < b) = F(b) - F(a) \text{ para } a \leq b$$

$$(1.2)$$

Tendo em conta a complexidade matemática destas funções, ou da existência de algoritmos e recursos computacionais disponíveis, desenvolveram-se diversos métodos para cálculo de seus parâmetros. Dentre estes, os mais usados são o

método da máxima verossimilhança, o método dos mínimos quadrados, o método dos momentos e o método dos percentis (PRODAN et al., 1997).

1.2.5.1 Distribuição de Weibull

A distribuição de Weibull foi proposta inicialmente por Fisher e Tippett em 1928, no estudo de valores extremos. Mais tarde, foi também desenvolvida de modo independente por Waloddi Weibull em 1939 em seus estudos sobre a resistência dos materiais. Após o fim da II Guerra Mundial, as pesquisas no período pós-guerra deram ênfase às análises de resistência dos materiais, o que resultou na associação do nome de Waloddi Weibull a esta distribuição (BAILEY e DELL, 1973).

A distribuição de Weibull foi inicialmente empregada no meio florestal como modelo de distribuição diamétrica por Bailey em 1972. Bailey e Dell (1973) demonstraram as propriedades favoráveis da função de Weibull neste tipo de estudo por meio de sua aplicação a diferentes exemplos de estruturas diamétrica e espécies. Desde esse momento, vários outros autores têm utilizado, com sucesso, esta distribuição na área florestal.

A distribuição de Weibull pode ser ajustada de duas formas, com dois ou três parâmetros, usualmente chamadas de Weibull 2P e Weibull 3P, respectivamente, sendo a o parâmetro de locação, b o parâmetro de escala e c o parâmetro de forma (VALLEJOS, 2003; VALLEJOS et al., 2004; KNOEBEL et al., 1988; FEDUCCIA et al., 1979).

1.2.5.2 Modelagem da distribuição diamétrica

A modelagem de distribuição diamétrica permite obter a probabilidade das árvores ocorrerem dentro de determinados intervalos de diâmetros (MACHADO et al., 2010).

Em florestas nativas a distribuição diamétrica é de extrema importância, pois mostra a amplitude dos diâmetros, onde acontece maior concentração do número de árvores, servindo para distinguir diferentes tipos florestais, grau de ocupação dos indivíduos e intensidade da regeneração natural que consideram a dinâmica da população florestal (SCOLFORO, 2006). Segundo Machado et al. (2009), a melhor forma de descrever a estrutura diamétrica de uma floresta é por meio do emprego de funções de densidade probabilística (FDP).

No manejo florestal é imprescindível dominar uma metodologia que estime com precisão esses intervalos, para fins de determinação de sortimentos de madeira, estoque, prognose e avaliação econômica. A caracterização da produção por classe diamétrica permite ainda avaliar o comportamento do povoamento em função da aplicação das prescrições de manejo (SCHNEIDER et al., 2008).

A modelagem da distribuição diamétrica é processada utilizando-se uma função densidade de probabilidade. A precisão das estimativas por classe diamétrica é influenciada pela escolha da função densidade de probabilidade que melhor descreva os dados observados e seus parâmetros em idades futuras (BINOTI et al. 2013). A função densidade de probabilidade deve apresentar boa aderência à estrutura diamétrica, e correlação significativa com os parâmetros do povoamento (BINOTI et al., 2015). Devido à sua flexibilidade e grau de associação entre seus parâmetros e atributos dos povoamentos, a função densidade de probabilidade de Weibull é a mais utilizada no setor florestal (MIGUEL et al., 2010; CAMPOS e LEITE, 2013).

A análise da distribuição diamétrica ao longo do tempo, pode subsidiar decisões silviculturais como intensidade e ciclo de corte em florestas manejadas, em nível de comunidade e/ou por espécie, permitindo o uso sustentável em diferentes cenários de colheita (REIS et al., 2014). Portanto, modelar a distribuição diamétrica, projetando-a ao longo do ciclo de corte, é essencial para o conhecimento mais detalhado da estrutura da floresta e sua produtividade (NORD-LARSEN e CAO, 2006).

1.2.6 Modelo de crescimento e produção

A predição do crescimento e da produção de formações florestais manejadas e não manejadas desempenha um papel importante para a elaboração de planos de Manejo Sustentável, uma vez que as decisões de manejo são baseadas na taxa de crescimento e na produção que essas formações podem alcançar num determinado período (FERREIRA, 1997).

De uma forma geral, o crescimento é expresso em termos de diâmetro (VANCLAY, 1991) ou área basal. O diâmetro à altura do peito é a principal característica determinante da área basal e, além de ser fortemente relacionado ao volume, é relativamente fácil de medir, o que justifica a preferência de expressar o crescimento ou em termos de diâmetro ou de área basal.

O monitoramento da vegetação a longo prazo deve ser levado em consideração quando se pretende avaliar a sustentabilidade de uma ação silvicultural ou de outra forma de distúrbio, natural ou antropogênico.

No caso das formações tropicais, os registros atualmente disponíveis são baseados em um intervalo de tempo relativamente curto para ser usada diretamente o que dificulta a definição de Planos de Manejo. Deste modo, a utilização de técnicas de modelagem nos permite contornar esta dificuldade. Um modelo consiste em uma síntese do conhecimento, em um dado ponto no tempo. Ele é baseado em um certo número de suposições, que seria uma representação simplificada da realidade. Esta representação, que pode ser esquemática ou matemática, permite simular o comportamento futuro da vegetação ao longo do tempo, dado o estado presente e as condições locais e, certamente, será uma ferramenta útil tanto para pesquisa quanto para o manejo (VANCLAY, 1994a, 1995).

1.2.7 Prognose

A prognose ou predição da produção é geralmente feita mediante o emprego de modelos de crescimento e produção que se fundamentam em dados de crescimento obtidos a partir do monitoramento de parcelas permanentes ou através de análise de tronco, isto é, estes modelos são ajustados com base nos dados obtidos de inventário contínuo (SOUZA; SOARES, 2013).

Ainda, segundo o mesmo autor, os principais objetivos da prognose são:

- Prognosticar a estrutura e a produção da floresta;
- Avaliar a sustentabilidade ambiental e econômica do manejo da floresta;
- Definir necessidade, época e intensidade de aplicação de tratamentos silviculturais à floresta;
- Avaliar efeitos de alternativas de manejo da floresta;
- Predizer o ciclo de colheita ou de corte;
- Fazer estudos de crescimento.

Os modelos de prognose de crescimento e da produção florestal podem ser classificados em modelos globais para o povoamento, modelos por classe diamétrica e modelos para árvores individuais (ABREU et al., 2002). Segundo Vanclay (1995), os modelos de prognose são frequentemente desenvolvidos, confiando mais na calibração dos dados do que na dinâmica das variáveis biológica dos povoamentos, sendo esses modelos predominantemente empíricos.

1.2.8 Matriz de transição

A Cadeia de Markov ou matriz de transição é uma técnica muito empregada em florestas inequidâneas, usada para descrever os processos de sucessão florestal (PENG et al, 2010), obtendo resultados que seguem a tendência das distribuições diamétricas típicas das Florestas Tropicais da Amazônia (TEIXEIRA et al., 2007; VASCONCELOS et al., 2009; SOUZA et al., 2014) por considerar o ingresso, a mortalidade e a transição inicial de árvores entre as classes diamétricas. Entretanto, essa técnica não considera as mudanças da mortalidade ao longo do tempo e a passagem de árvores entre as classes fica restrita ao período considerado na construção da matriz (SPATHELF et al., 2001).

Segundo Higuchi (1987), essa técnica parte do princípio de que uma árvore pode ser considerada no inventário como ingressante, pertencente a alguma classe diamétrica ou morta, ou seja, em que estado se encontra. Portanto, parte-se do princípio de que uma árvore integrando um estado pode permanecer, ou mover-se para outro estado, dependendo de seu metabolismo e dinâmica dentro de um povoamento florestal. Esta técnica tem vantagens por ser muito prática para obtenção de probabilidades de transição em n ciclos ou passos.

Schneider (2008a) afirma que as projeções não devem ser feitas usando períodos de tempo longo, pois as condições do desempenho de um modelo dependem de dois pontos básicos. O primeiro considera que o incremento periódico em diâmetro das árvores da floresta, obtido a partir do inventário contínuo, tem comportamento idêntico no futuro, obtido por ocasião das avaliações realizadas nas parcelas permanentes. O segundo ponto básico é que a projeção da estrutura diamétrica depende apenas do estado atual, não sofrendo efeito do desenvolvimento passado da floresta. Esta característica ou propriedade do modelo considerado é definida como propriedade Markoviana.

Segundo o mesmo autor, o método trará melhores resultados se a floresta for mantida em condições semelhantes, isto é, floresta sem manejo próximo ao clímax ou florestas regularmente manejadas para uma área basal especificada.

1.3 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área do ensaio está localizada no município de Vitória do Jari, Estado do Amapá, foi estabelecido pela Embrapa Amazônia Oriental na antiga Companhia

Florestal Monte Dourado, com longitude de 52°20"W e latitude de 00°55"S, numa altitude de aproximadamente 150 m (GOMIDE, 1997).

1.3.1 Clima

O clima é do tipo Ami, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 25,8°C. De acordo com Azevedo (2006), a precipitação média anual é de 2.234 mm, com período chuvoso entre Dezembro e Maio e período seco entre Junho e Setembro com precipitação que chega a ser inferior a 8% do volume anual de chuvas.

1.3.2 Relevo e solos

O relevo da área é plano e o solo é do tipo Latossolo Amarelo Álico textura muito argilosa, associado com Latossolo Vermelho-Amarelo Álico textura muito argilosa (AZEVEDO et al., 2008).

1.3.3 Tipologia florestal

A vegetação é do tipo Floresta Tropical Densa de Terra Firme ou Floresta Ombrófila Densa (VELOSO et al., 1991).

1.3.4 Implantação do experimento

Os dados foram obtidos a partir de 40 parcelas permanentes de 1 hectare de área estabelecidas em 1984 no experimento denominação “**Determinação da intensidade ideal de exploração para fins de manejo policíclico da floresta úmida densa**”, do Projeto Técnicas de Manejo para Florestas Tropicais Úmidas da Amazônia, visando Rendimento Sustentado, atualmente Projeto Bom Manejo (Embrapa/CIFOR/ITTO) – Manejo sustentável de florestas de produção em escala comercial na Amazônia Brasileira, desenvolvido pela Embrapa Amazônia Oriental. Para o levantamento de dados, foi usado o diâmetro mínimo de 20 cm de DAP.

FIGURA 1.1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA FLORESTA EM ESTUDO LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DO JARI - AP



Fonte: Adaptado de Azevedo de (2006).

1.3.5 Delineamento experimental

Numa área de 400 hectares foram estabelecidos três blocos de 48 ha, totalizando uma área amostral de 144 ha. Todos os blocos têm bordaduras e foram deixadas faixas entre um bloco e outro e, entre os blocos e as estradas permanentes. Os 100 hectares restantes foram mantidos como testemunha (AZEVEDO, 2006).

As alternativas de manejo testadas foram as combinações de intensidades de exploração com intensidade de desbastes. As intensidades de exploração foram definidas a partir da percentagem do volume extraído em relação ao volume total da floresta para árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) superiores ou igual a 60 cm. Em 1985 foi realizada a exploração aplicando as intensidades de 15% (intensidade leve), 25% (intensidade intermediário) e 35% (intensidade pesada). Essas intensidades foram combinadas com níveis de desbaste. Em 1994 foram estabelecidos 4 tratamentos silviculturais diferentes, aplicando-se desbaste nas árvores a partir de 15 cm de DAP, sendo de 0%, 30%, 50% e desbaste nas concorrentes às árvores futuro de intensidade de 70% da área basal não comercial.

O desbaste de 0%, 30%, 50% consistiu em eliminar as árvores não comerciais a partir de um diâmetro mínimo selecionado até atingir a redução de área

basal planejada e o desbaste pesado de 70% consistiu em remover árvores de espécies não-comerciais cujas copas estavam competindo por luz com as copas das árvores promissoras para a próxima colheita. A primeira remedição após a aplicação dos tratamentos silviculturais foi feita em 1996, e foi feita nesse período a análise das árvores aneladas por meio de visitas de campo e verificação da mortalidade. (COSTA et al., 2001).

A combinação dessas operações silviculturais (exploração e desbaste) permitiu o estabelecimento de 13 tratamentos experimentais, incluindo a testemunha, conduzidos em parcelas sub-subdivididas no tempo, conforme apresentado na (TABELA 1.1

TABELA 1.1 - DISTRIBUIÇÃO DAS PARCELAS PERMANENTES E OS RESPECTIVOS TRATAMENTOS

Tratamento	Intensidade dos fatores		Replicações	Número das parcelas
	Exploração (%)	Desbaste (%)		
T0	0	0	4	1, 2, 3 e 4
T1	15	0	3	106, 201 e 308
T2	15	30	3	103, 207 e 307
T3	15	50	3	109, 204 e 306
T4	15	70	3	112, 210 e 305
T5	25	0	3	107, 209 e 311
T6	25	30	3	101, 206 e 312
T7	25	50	3	104, 203 e 309
T8	25	70	3	110, 212 e 310
T9	35	0	3	111, 205 e 303
T10	35	30	3	102, 202 e 302
T11	35	50	3	108, 211 e 304
T12	35	70	3	105, 208 e 301

Fonte: O autor (2019).

REFERÊNCIAS

- ABREU, E. C. R.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. de; MELLO, J. M. de; KANEGAE JÚNIOR, H. Modelagem para prognose do volume por classe diamétrica para *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 61, p. 86-102, 2002.
- ALEMDAG, I S. **Manual of data collection and processing for the development of forest biomass relationships**. Minister of Supply and Services Canada. Canada: 1980.
- AZEVEDO, C. P. de. **Dinâmica de florestas submetidas a manejo na Amazônia Oriental: experimentação e simulação**, 2006. 236 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- AZEVEDO, C. P.; SANQUETTA, C. R.; SILVA, J. N. M.; MACHADO, S. A.; SOUZA, C. R.; OLIVER, M. M. de. Simulação de estratégias de manejo florestal na Amazônia com o uso do modelo SYMFOR. **Acta Amazonica, Amazônia**, Manaus, v. 38, n. 1, p. 51-70, 2008.
- BAILEY, R.; DELL, T. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. **Forest Science**, Bethesda, v. 19, n. 2. 97-104 p. 1973.
- BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. S.; LEITE, H. G. Modelagem da distribuição diamétrica de povoamentos equiâneos de eucalipto utilizando a função logística generalizada. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 707-711, 2015.
- BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. S.; LEITE, H. G.; SILVA, A. Modelos de distribuição de diâmetros utilizando a função log gama. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.33, n.73, p.103-107, 2013.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: Perguntas e respostas. 4.ed.** Viçosa: UFV, 2013.
- CAMPOS, J. C. C; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: Perguntas e Respostas. 1 ed.**, Viçosa, MG, 2002.
- CAREY, E. V.; BROWN, S.; GILLESPIE, A. J. R.; LUGO, A. E. Tree Mortality in Mature Lowland Tropical Moist and Tropical Lower Montane Moist Forests of Venezuela. **Biotropica**, Gainesville, v. 26, n. 3, p. 255-265, 1994.
- CARIM, M. J. V.; WITTMANN, F. K.; PIEDADE, M. T. F.; GUIMARÃES, J. R. DA S.; TOSTES, L. C. L. Estimativa de biomassa lenhosa acima do solo ao longo do gradiente inundável de várzea e igapó na Amazônia oriental, Estado do Amapá, **Biota Amazônia**, Amapá, v. 8, n. 1, p. 29-33, 2018.
- CASTRO, T. C.; CARVALHO, J. O. P. Dinâmica das populações de *Abius* em área sob manejo na floresta nacional do Tapajós, PA: Estudos desenvolvidos pelo Projeto PETECO. 2008. Trabalho apresentado no VI Seminário de Iniciação Científica da UFRA e XII Seminário de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Oriental, Amazônia.

CARVALHO, J. O. P. de. **Análise estrutural da regeneração natural em floresta tropical densa na região do Tapajós no estado Pará.** 1982. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1982.

DE GRAAF, N. R.; POELS, R. L. H.; ROMPAEY, V. Effect of silvicultural treatment on growth and mortality of rainforest in Surinam over long periods. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 124, p. 123-135, 1999.

FEDUCCIA, D. P.; DELL, T. R; MANN JR, WF; CAMPBELL, T. E.; POLMER, B. H. **Yields of unthinned loblolly pine plantations on cutover sites in the West Gulf region.** US: Department of Agriculture, Forest Service, Research Paper SO-148, 1979.

FERREIRA, R. L. C. **Estrutura e dinâmica de uma floresta secundária de transição, Rio Vermelho e Serra Azul de Minas Gerais.** Viçosa, 1997. 208 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

FERREIRA, D.F. **Estatística básica.** Lavras: Ed. UFLA, 2005.

FINGER, C.A.G. Fundamentos de biometria florestal. Santa Maria: **CEPEF/FATEC**, 1992.

FINGER, C. A. G. O desafio da floresta. IN: BATISTA, L. M. R.; CAMPARELLI, S.; FINGER, C. A. G.; LUTZENBERGER, J.; PIMENTEL, R. **Magia das árvores:** Porto Alegre, CAO. v. 2. p. 22-49, 1995

GOMIDE, G. L. A **Estrutura e dinâmica de crescimento de florestas tropicais primária e secundária no estado do Amapá.** 1997. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

HARTSHORN, G. S. Gap-phase dynamics and tropical tree species richness. In: Holm-Nielsen, L. B. & Basev, h. (eds.). **Tropical forests. Botanical dynamics and speciation.** London: Academic Press, 1989. p. 65-73.

HIGUCHI, N. **Short-term growth of an undisturbed tropical moist forest in the Brazilian Amazon.** 1987. 129 f. Tese (Doutorado) - Michigan State University, Michigan, 1987.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; RIBEIRO, R. J.; FREITAS, J. V.; VIEIRA, G.; CÔIC, A.; MINETTE, L.J. **Crescimento e incremento de uma floresta Amazônica de terra-firme manejada experimentalmente.** In: **Workshop Bionte - Aspectos Silviculturais e ecológicos do Manejo Florestal.** Manaus: INPA, 1997.

KAMMESHEIDT, L.; DAGANG, A. A.; SCHWARZWALLER, W.; WEIDELT, H. Growth patterns of dipterocarps in treated and untreated plots. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 174, p.437-445, 2003.

KIRBY, K. R.; LAURANCE, W. F.; ALBERNAZ, ; SCHROTHD, G.; FEARNside, P. M.; BERGEN, S.; VENTICINQUE, E. M.; COSTA, C da. The future of deforestation in the Brazilian Amazon. **Elsevier**, Amsterdam, v. 38, n. 4, p. 432-453, 2006.

KNOEBEL, B. R.; BURKHART, H. E.; BECK, D. E. A growth and yield model for thinned stands of yellow-poplar. Forest Science Monograph 27, 1986, **Supplement to Forest Science**, Bethesda, v. 32, n. 2, 1988.

KRISNAWATI, H.; WAHJONO, D. Effect of post-logging silvicultural treatment on growth rates of residual stand in a tropical forest. **Journal of Forestry Research**, Switzerland, v. 7, n. 2, p. 112-124, 2010

LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. Forest tree growth and dynamics et La Selva, Costa Rica (1969-1982). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 3, n. 4, p. 347-358, 1987.

LIMA, A. J. N. TEIXEIRA, L. M.; CARNEIRO, V. M. C.; SANTOS, J. dos; HIGUCHI, N. Análise da estrutura e do estoque de fitomassa de uma floresta secundária da região de Manaus AM, dez anos após corte raso seguido de fogo. **Acta Amazonica, Amazônia**, Manaus, v. 37, n. 1, p. 49-54, 2007.

MACHADO, S. A.; AUGUSTYNICZIK, A. L. D.; NASCIMENTO, R. G. M.; TÉO, S. J.; MIGUEL, E. P.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R, da. 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. do A.; NASCIMENTO, R. G. M.; MIGUEL, E. P.; TÉO, S. J.; AUGUSTYNICZIK, A. L. D. Distribution of total height, transverse area and volume for *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Revista Cerne**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 12-21, 2010.

MARTIN, C. **On the Edge**. Canadá: A Report to the Club of Rome, 2015. Relatório técnico.

MARTINELLI, L. A. MOREIRA, M. Z.; BROWN, I. F.; VICTÓRIA, R. L. Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais. In: **Seminário emissão x sequestro de CO₂ - uma nova oportunidade de negócios para o brasil, 1994, rio de janeiro. Anais**. Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce, 1994. p. 197-221.

MIGUEL, E. P.; MACHADO, S. A.; FILHO, A. F.; ARCE, J. E. Using the Weibull function for prognosis of yield by diameter class in *Eucalyptus urophylla* stands. **Revista Cerne**, Lavras, v. 16, n.1, p. 94- 104, 2010.

NORD-LARSEN, T.; CAO, Q. V. A diameter distribution model for even-aged beech in Denmark. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 231, n. 1/3, 2006.

PEÑA-CLAROS, M.; FREDERICKSEN, T. S.; ALARCO'N, A.; BLATE, G. M.; CHOQUE, U.; LEAÑO, C.; LICONA, J. C.; MOSTACEDO, B.; PARIONA, W.; VILLEGAS, Z.; PUTZ, F. E. Beyond reduced-impact logging: silvicultural treatments to increase growth rates of tropical trees. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 256, n. 8, p. 1458-1467, 2008.

PENG, S. L.; HOU, Y. P.; CHEN, B. M. Establishment of Markov successional model and its application for forest restoration reference in Southern China. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 221, n. 9, p. 1317- 1324, 2010.

PERALTA, R. et al. Roseña de estudios a largo plazo sobre composición florística y dinámica del bosque tropical en La Selva, Costa Rica. In Clark, D.A.; Dirzo, R.; Fetcher, N. (eds) *Ecología y ecofisiología de plantas en los bosques mesoamericanos*. **Revista de Biología Tropical**, Costa Rica, v. 35, n. 1, p. 23-40, 1987.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F. REAL, P. **Mensura Forestal**. San Jose, Costa Rica: IICA/GTZ, 1997.

PUTZ, F. E.; ZUIDEMA, P. A.; SYNNOT, T.; PENÃ-CLAROS, M.; PINARD, M.A.; SHEIL, D.; VANCLAY, J.K.; SIST, P.; GOURLET-FLEURY, S.; GRISCOM, B.; PALMER, J.; ZAGT, R. Sustaining conservation values in selectively logged tropical forests: the attained and the attainable. **Conservation Letters**, New York, v. 5, p. 296–303, 2012.

REIS, L. P.; RUSCHEL, A. R.; SILVA, J. N. M.; REIS, P. C. M. DOS; CARVALHO, J. O. P. DE. SOARES, M. H. M. Dinâmica da distribuição diamétrica de algumas espécies de Sapotaceae após exploração florestal na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 57, p. 234-243, 2014.

RICHARDSON V. A, & PERES C. A. Temporal decay in timber species composition and value in Amazonian logging concessions. **Revista PLOS ONE**, United States, v. 11, n. 7, p. 22, 2016.

ROZENDAAL, D. M. A.; SOLIZ-GAMBOA, C. C.; ZUIDEMA, P. A. Timber yield projections for tropical tree species: the influence of fast juvenile growth on timber volume recovery. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v, 259, p. 2292–2300, 2010

SANTOS, S. R. M. DOS; MIRANDA, I, DE S.; TOURINHO, M. M. Estimativa de biomassa de sistemas agroflorestais das várzeas do rio juba, Cametá, Pará. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 34 n. 1, p. 1 - 8, 2004.

SATOO, T. **Forest Biomass**, Holanda: Kluwer Academic Publishers Group. Distribution Center, 1982.

SCHNEIDER, P. R. **Manejo Florestal: Planejamento de Produção Florestal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2008a.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P.S.P. **Introdução ao manejo florestal**. 2.ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008.

SCHWARTZ, G., BAIS, A. L. S., PEÑA-CLAROS, M.; HOOGSTRA-KLEIN, M.; MOHREN, G.M.J.; ARTS, B.J.M. Profitability of silvicultural treatments in logging gaps in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Forest Science**, Malaysia, v. 28, n. 1, p. 68–78, 2016.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal: Modelos de crescimento e produção florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006.

SHIMAMOTO, C. Y. **Estimativa do crescimento e acúmulo de biomassa em espécies arbóreas, como subsídio a projetos de restauração da Mata Atlântica**.

2012. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação). Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2012.

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J.O.P.; LOPES, J. DO C. A.; ALMEIDA, B. F. DE; COSTA, D.H.M.; OLIVEIRA, L.C. DE; VANCLAY, J. K.; SKOVSGAARD, J. P. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 71, n. 3, p. 267-274, 1995.

SILVA, A. L.; CARVALHO, J. O. P. de; LOPES, J. C. A.; OLIVEIRA, R. P.; OLIVEIRA, L. C. de. Growth and yield studies in the Tapajós region, Central Brazilian Amazon, **Commonwellth Forestry Review**, Oxford, v.75, n. 4, p. 325-329, 1996.

SILVA, J. N. M. Manejo de florestas de terra firme da Amazônia brasileira. In: Curso de Manejo Florestal Sustentável, 1997, Curitiba. **Tópicos em manejo florestal sustentável**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p. 59-95. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 34).

SILVA, J. N. M. **The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging**. 1989. 302 f. (Tese Doutorado), University of Oxford, Oxford, 1989.

SOUZA, A. L. de; SOARES, C. P. B.; **Florestas Nativas: estrutura, dinâmica e manejo**. Viçosa: UFV, 2013.

SOUZA, L. H. S.; **Incremento volumétrico de *Nectandra megapota mica* (Spreng.) Mez em Floresta Ombrófila Mista**. 2005. 78 f. (Dissertação de Mestrado), Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2005

SOUZA, D. R.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G.; YARED, J. A. Análise estrutural em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 75-87, 2006.

SOUZA, C. R, de; AZEVEDO, C. P. de; ROSSI, L. M. B.; SANTOS, J. dos; HIGUCHI, N. Projection of diametric distribution and carbon stock of a managed forest in Manaus. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 3, p. 525-534, 2014.

SPATHELF, P.; DURLO, M. A. Transition matrix for modeling the dynamics of a subtropical seminatural forest in southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 151, n. 1-3, p. 139-149, 2001.

SWAINE. M. D.; HALL, J. B.; ALEXANDER, I. J. Tree populations dynamics at Kade, Ghana (1968-1982). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.3, n.4, p. 331-345, 1987.

TEIXEIRA, L. M.; CHAMBERS, J. Q.; SILVA, A. R.; LIMA, A. J. N.; CARNEIRO, V.M.C.; SANTOS, J. DOS; HIGUCHI, N. Projeção da dinâmica da floresta natural de Terra-firme, região de Manaus-AM, com o uso da cadeia de transição probabilística de Markov. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 3, p. 377-384, 2007.

TURNER, I. M. **The Ecology of Trees in the Tropical Rain Forest**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

VALLEJOS, O. S. B. **Sistema de simulação de crescimento e produção de *Populus spp.*, no Chile (Sistema SALICA)**. 2003. 113 f. (Tese de Doutorado) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

VALLEJOS, O. S. B.; SANQUETTA, C.R.; ARCE, J.E.; MACHADO, S. do A.; DALLA CORTE, A.P. Proposta metodológica para o ajuste ótimo da distribuição diamétrica Weibull 3P. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 3, p. 387-393, 2004.

VANCLAY, J. K. Aggregating tree species to develop diameter increment equations for tropical rainforests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 42, p.143-168, 1991

VANCLAY, J. K. **Modelling forest growth and yield: applications to Mixed tropical forests**. Guildford: Biddies, 1994a.

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

VASCONCELOS, S. S.; HIGUCHI, N.; DOLIVEIRA, M. V. N. Projeção da distribuição diamétrica de uma floresta explorada seletivamente na Amazônia Ocidental. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 31, n. 1, p. 71-80, 2009.

VATRAZ, S.; CARVALHO, J. O. P, de; GOMES, J. M.; TAFFAREL, M.; ERREIRA, J. E. R. Efeitos de tratamentos silviculturais sobre o crescimento de *Laetia procera* (Poepp.) Eichler em Paragominas, PA, Brazil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 095-102, 2012.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991.

VILLEGAS, Z.; PEÑA-CLAROS, M.; MOSTACEDO, B.; ALARCÓN, A.; LICONA, J.C.; LEAÑO, C.; PARIONA, W.; CHOQUE, U. Silvicultural treatments enhance growth rates of future crop trees in a tropical dry forest. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v. 258, p. 971- 977, 2009.

WHITMORE, T. C. **Tropical rain forest of the Far East**. Oxford: Clarendon Press. 2a ed, 1984.

ZEIDE, B. Accuracy of equations describing diameter growth. **Canadian Journal of Forest Research**, Canadá, v. 10, n. 19, p. 1283-1286, 1989.

CAPÍTULO 2 - DINÂMICA DA PRODUÇÃO EM VOLUME E BIOMASSA EM FLORESTA TROPICAL MANEJADA DURANTE NA AMAZÔNIA ORIENTAL

RESUMO

Aspectos ligados à produção volumétrica e de biomassa, bem como os fatores que influenciam no seu desenvolvimento, são de extrema importância para o manejo florestal. Este trabalho teve como hipóteses: 1) A exploração florestal e os tratamentos silviculturais influenciam no incremento periódico anual em volume, biomassa, número de árvores e em área basal; 2) Os incrementos periódicos anuais em volume e em biomassa estão relacionados com variáveis da estrutura florestal. Os tratamentos silviculturais foram estabelecidos combinando os níveis de exploração e desbastes com 0%, 15%, 25%, 30% e 0%, 30%, 50%, 70% respectivamente. Deste modo, foi avaliado o efeito dos tratamentos silviculturais nos parâmetros dendrométricos e analisada as tendências dos incrementos em volume e em biomassa em função da G, N, índice PV50 e o índice de Shannon. Todavia, o incremento em volume e em biomassa mostraram que existe uma tendência diretamente proporcional com a G, N, e o índice de Shannon nos períodos de 1996 a 2011, isto é, quanto maior forem os índices fitossociológicos, menores serão os incrementos em volume e em biomassa, tendo em conta que nesse período a floresta está em desenvolvimento. Uma relação inversamente proporcional entre os IPA em volume e em biomassa com o índice PV50 foi observada, o que significa que quanto maior for o índice PV50, maiores são os incrementos volumétricos e de biomassa. A análise de correlação, no período de 1984 a 1994, mostrou que a variável N teve uma correlação significativa ($p \geq 0,01$) com G, o incremento periódico anual em volume e o incremento periódico anual em biomassa e vice-versa, e no período de 1996 a 2011, a G teve uma correlação significativa com o N e o IPA em volume teve uma correlação altamente significativa com o IPA em volume. Dessa forma, pode se concluir que os diferentes níveis de intervenções silviculturais influenciaram no desenvolvimento em volume e em biomassa, G, N, índice PV50 e índice de Shannon, tendo se destacado o tratamento T11 (35% de exploração e 50% de desbastes) como o melhor dos demais tratamentos e foram identificadas as variáveis G, N, índice PV50 e o índice de Shannon como variáveis de estrutura que influenciam o IPA em volume e em biomassa.

Palavras-chave: incremento. índices fitossociológicos. intensidade de exploração.

ABSTRACT

Aspects related to volumetric and biomass production and the factors that influence its development are extremely important for forest management. This work had as hypotheses: The logging and the silvicultural treatments influence the annual periodic increment (PAI) in volume, biomass, number of trees and in basal area and the annual periodic increment in volume and biomass is related to forest structure variables. Silvicultural treatments were established by combining logging and thinning levels with 0%, 15%, 25%, 30% and 0%, 30%, 50%, 70% respectively. Thus, the effect of silvicultural treatments on the dendrometric parameters was evaluated and the trends of volume and biomass increments as a function of G, N, PV50 index and Shannon index were analyzed. However, the increase in volume and biomass showed that there is a trend directly proportional to G, N, and Shannon index in the periods 1996 to 2011, that is, the higher the phytosociological indices, the smaller the increases in volume and in biomass considering that in this period the forest is under development. An inversely proportional relationship was observed between the PAI in volume and biomass with the PV50 index, which means that the higher the PV50 index, the greater the volumetric and biomass increments. Correlation analysis in the period 1984 to 1994 showed that variable N had a significant correlation ($p \geq 0.01$) with G, the annual periodic increment in volume and the annual periodic increment in biomass and vice versa, and in the period 1996 to 2011, G had a significant correlation with N and volume PAI had a highly significant correlation with volume PAI. Thus, it can be concluded that the different levels of silvicultural interventions influenced the volume and biomass development, G, N, PV50 index and Shannon index; T11 treatment (35% exploration and 50% thinning) stood out as the best of the other treatments and the variables G, N, PV50 index and Shannon index were identified as structure variables that influence IPA in volume and in biomass.

Keyword: Increment. phytosociological indexes. harvesting intensity.

2.1 INTRODUÇÃO

O conhecimento da produção em volume e em biomassa, bem como dos fatores que influenciam no seu desenvolvimento, é de grande importância para o silvicultor, que pretende realizar atividades de administração e planejamento de produção, especialmente quando se vai manejar a floresta com finalidades de produção de madeira comercial para o abastecimento da indústria (COSTA et al., 2008).

A exploração florestal ilegal na maioria das florestas tropicais nativas da Amazônia tem aumentado nos últimos anos devido à demanda de produtos florestais madeireiros no mundo, conduzindo, deste modo, à perda da cobertura florestal e a degradação da biodiversidade deste recurso. Qualquer intervenção de exploração florestal em determinada área de floresta natural deve ser acompanhada por um inventário detalhado, que forneça estimativas fidedignas dos parâmetros: diversidade, frequência, densidade, dominância e as distribuições diamétrica e espacial das espécies, bem como os valores ecológico, econômico e social das espécies (SOUZA et al., 2006).

Para Souza (2003), a análise da estrutura das florestas nativas deve ser iniciada com uma abordagem da composição florística e das estruturas horizontal, vertical, interna e paramétrica, contemplando as estimativas de distribuição de diâmetros, área basal e volume. O conceito de estrutura se relaciona com o de diversidade, principalmente quando se procura uma explicação para o grande número de espécies existentes nas florestas tropicais naturais (BOURGERON, 1983).

Na Floresta Nativa Amazônica, até o ano de 1980, existia pouca informação sobre a sua dinâmica de crescimento; só a partir de 1981 a Embrapa Oriental iniciou com o estabelecimento de experimentos silviculturais com finalidades de conhecer a dinâmica e crescimento da floresta Amazônica (SILVA et al., 2001). Portanto, a informação sobre estudos de incremento florestal na Amazônia é pouco ou inexistente. Deste modo, no presente trabalho busca-se analisar os incrementos em volume e biomassa, considerando a variação de N, G, índice PV50 e o índice de Shannon, informação importante para as decisões de manejo florestal. O efeito dos tratamentos silviculturais no crescimento em volume e em biomassa está

estritamente relacionado com a estrutura florestal depois das intervenções silviculturais na Floresta Amazônica, Município de Vitória do Jari, estado do Amapá.

2.1.1 HIPÓTESE

O efeito dos tratamentos silviculturais no crescimento em volume e em biomassa está relacionado com a estrutura florestal após intervenções silviculturais na Floresta Amazônica no município de Vitória do Jari.

2.1.2 OBJETIVO

2.1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito dos tratamentos silviculturais no crescimento em volume e em biomassa e suas relações com a estrutura florestal após intervenções silviculturais na Floresta Amazônica, município de Vitória do Jari.

2.1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar o efeito de tratamentos silviculturais no incremento periódico anual em volume, número de árvores, área basal e em biomassa após a exploração florestal e tratamentos silviculturais;
- Determinar os índices fitossociológicos da floresta 27 anos após a exploração;
- Determinar o incremento de produção volumétrica e de biomassa nos diferentes períodos de monitoramento do ensaio;
- Determinar a intensidade de exploração em cada parcela;
- Analisar a correlação das variáveis de produtividade volumétrica e de biomassa entre as variáveis da estrutura da floresta.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Efeito dos tratamentos silviculturais

O efeito dos tratamentos foi analisado utilizando-se dois métodos: método gráfico e o método de análise de variância.

Antes da análise do efeito dos tratamentos silviculturais foram identificados os três tratamentos a serem usados na análise. Para essa identificação, foram selecionados tratamentos os tratamentos com intervenção pesada, intermediário e

intervenção leve. A partir de desses tratamentos foram calculadas as produtividades observadas nos períodos de 1984 a 2011. Para cada tratamento foi calculada a percentagem da diferença de produtividade acumulativa, considerando os períodos de monitoramento, para verificar qual dos tratamentos apresentaram maior percentagem de produção nesse período em análise.

A produtividade acumulativa adicionando o estoque do volume e mortalidade acumulativa em cada ano de monitoramento, nesse caso, no ano de zero que corresponde à primeira medição em 1984 e as medições subsequentes de 1986, 1988, 1990, 1994, 1996, 2004 e 2011.

2.2.1.1 Aplicação do método gráfico

Após a identificação dos tratamentos pesado, intermediário e o leve, analisou-se o efeito dos tratamentos usando método gráfico, para o incremento periódico anual em volume, biomassa, número de árvores por hectare, e a área basal para cada tratamento identificado. Esse processo foi feito em dois períodos temporais, nesse caso o momento antes e depois dos tratamentos silviculturais nomeadamente, 1984 a 1994 e 1996 a 2011.

2.2.1.2 Aplicação da análise de variância

Um dos pressupostos da aplicação da análise de variância é analisar a homogeneidade das variâncias usando o teste de Bartlett. De modo a não comprometer a significância da análise.

Para a determinação do efeito dos tratamentos silviculturais a partir da análise de variância em função da produção em volume, foi considerado o delineamento inteiramente casualizado. A análise de variância foi feita com base no pacote IBM SPSS Statistics 25. e posterior foi feito o Teste de Tukey de comparação de médias, a nível de probabilidade de 95%. A análise do experimento obedeceu ao seguinte modelo experimental:

$$X_i = \mu + T_i + \varepsilon(i)$$

T_i = tratamento i , $i = 1, \dots, p = 12$.

X_i = a observação correspondente ao i -ésimo tratamento

μ = média geral comum a todas as observações

$\varepsilon(i)$ = erro aleatório associado à observação X_i – fator aleatório

2.2.2 Estrutura horizontal da floresta

Os índices fitossociológicos foram analisados por meio da distribuição de todos os indivíduos em cada parcela, nos anos de 1884, 1986, 1988, 1990, 1994, 1996, 2004 e 2011. A estrutura horizontal de uma floresta natural pode ser definida a partir das informações: abundância e dominância. A estrutura horizontal é representada por aqueles parâmetros que indicam a ocupação do espaço horizontal da floresta pelas diferentes espécies (CURTIS; MCINTOSH, 1951). E para este estudo foi usada a abundância e dominância como elemento da estrutura.

Abundância é o número de indivíduos de cada espécie dentro de uma área florestal por uma unidade de área (ha) e quantifica a participação das diferentes espécies na composição da floresta, e é definida em termos absolutos e relativos. Enquanto a abundância absoluta é o número total de indivíduos por espécie presentes numa determinada área (ha), a abundância relativa é a representação percentual do número de árvores de cada espécie por unidade de área (ha). No que se refere às finalidades deste trabalho, usou a participação de todas as espécies na unidade de área (CURTIS; MCINTOSH, 1951).

$$Aba = \frac{n}{A} \quad (2.1)$$

Em que: Aba - abundância absoluta; n - número de indivíduos por hectare de cada espécie; A - Área amostrada (ha)

Dominância absoluta é a soma das áreas basais de uma mesma espécie, enquanto que a dominância relativa é a participação percentual da soma das áreas basais de cada espécie em relação à área basal de todas as espécies observadas numa determinada área. Para finalidades deste trabalho, usou-se a participação de todas as espécies por unidade de área de acordo com (CURTIS, MCINTOSH, 1951).

$$Dab = \sum_{i=1}^n G_i \quad (2.2)$$

Em que: Dab - Dominância absoluta; G_i – área seccional por cada indivíduo ($m^2 \cdot ha^{-1}$).

2.2.3 Índice de uniformidade

Para o presente estudo, foi utilizado o índice PV50, como uma das variáveis da estrutura florestal. Este índice foi proposto por Stape et al. (2006) e Hakamada et al. (2015). Este índice consiste na porcentagem de volume acumulado das 50% menores árvores do seu conjunto de dados, considerando as árvores mortas (HAKAMADA et al., 2015). A partir de árvores individuais foram organizadas em ordem crescente em cada parcela e posteriormente fez-se a soma de 50% de árvores menores e dividido pela soma de todas as árvores, A expressão do índice é dada da seguinte forma (HAKAMADA et al. 2015):

$$PV50 = \frac{\sum_{k=1}^{\frac{n}{2}} V_i}{\sum_{k=1}^n V_i} \quad (2.3)$$

Em que: PV50 = porcentagem volumétrica das 50% de árvores menores; V_{ij} = volume individual da árvore i ; n = número de total de árvores ordenadas, da menor para a maior em cada parcela; e $n/2$ = volume individual das 50% das menores árvores por parcela.

2.2.4 Índice de Shannon

O índice de Shannon foi proposto por Claudio Shannon em 1948. Este índice indica a biodiversidade encontrada num determinado habitat e é considerada máxima se somente cada espécie representada é composta pelo mesmo número de indivíduos. A expressão do índice é dada pela fórmula a seguir (SHANNON, 1948).

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \quad (2.4)$$

Em que: H' - índice de Shannon, s - número de táxons, n_i - número de indivíduos do táxon i e N - número total de indivíduos.

2.2.5 Determinação da produção em volume e em biomassa

Os valores das alturas, produção de volume e de biomassa, foram obtidos utilizando equações de regressão já desenvolvidas na área. Para as alturas totais em metros (m) utilizou-se a equação hipsométrica seguinte (NASCIMENTO, 2016):

$$h = 3,5668 + 4,2033 * \ln(d) \quad (2.5)$$

Em que: h - altura, Ln(d) - logaritmo natural do diâmetro à altura do peito

Na determinação de volumes individuais em metros cúbicos (m³), usaram - se as equações desenvolvidas na área de estudo por Nascimento (2016). Para árvores inferiores que 44,6 cm DAP, usou-se a equação a seguir (NASCIMENTO, 2016).

$$V = \frac{0,7252 * d^2 * h}{40000} \quad (2.6)$$

E para árvores superiores ou igual a 44,6 cm, usou se a equação de dupla entrada (NASCIMENTO, 2016).

$$V = 1,122 + 0,033 * d + 0,000049 * d^2 * h \quad (2.7)$$

Em que: V - volume individual em m³, d - diâmetro à altura do peito e h - altura total

Após a determinação de volumes individuais, determinou-se os volumes observados em cada parcela e em cada período de medição. Destes dados, foi calculado o incremento periódico anual em volume referente a cada período de medição, usando a equação do Incremento bruto do volume inicial (SOARES, 2011)

$$IB = V_2 + M + C - I - V_1 \quad (2.8)$$

Em que: IB – incremento bruto, V₂ – volume final, M – mortalidade, C – corte, I – Ingresso, V₁ – Volume inicial

Para a obtenção da biomassa total acima do solo de árvores individuais em quilogramas (kg) foi utilizada a equação Pantropical desenvolvida por (CHAVE et al., 2014).

$$B = 0,0673 * (\rho * d^2 * h)^{0,976} \quad (2.9)$$

Em que: B - Biomassa em kg, ρ - densidade básica das espécies (g.cm⁻³) e d - diâmetro à altura do peito (cm)

Da mesma forma, foi determinada a biomassa em cada período de medição e para cada parcela, destes dados, calculou-se o incremento da produtividade anual de biomassa. As densidades específicas das espécies amostradas foram obtidas com base na literatura, priorizando trabalhos em florestas úmidas. Para as espécies cujos dados não estão disponíveis na literatura, utilizou-se a média das densidades específicas encontradas para o mesmo gênero.

2.2.6 Determinação da intensidade de exploração

A intensidade de exploração foi determinada com base na percentagem de área basal e volume retirado na floresta em relação ao volume inicial para cada parcela. Esta variável foi usada como explicativa das diferenças observadas nos incrementos em volume e em biomassa em função da estrutura florestal.

2.2.7 Análise das tendências da linha de regressão entre o incremento de produção volumétrica e de biomassa e as variáveis da estrutura da floresta

As análises gráficas das tendências do incremento periódico anual em volume e em biomassa em função da estrutura florestal, (área basal por hectare, número de árvores por hectare, índice PV50 e o índice de Shannon), foram feitas considerando período antes e depois das intervenções silviculturais nomeadamente 1984 a 1994 e no período de 1996 a 2011.

2.2.8 Análise de correlação entre as variáveis dendrométricas

Neste trabalho foram feitas as análises de correlação entre as variáveis dendrométricas com finalidades de determinar o grau de associação entre uma ou mais variáveis. Para tal, foi utilizado o pacote estatístico IBM SPSS Statistics 25. Para entender a correlação entre as variáveis, volume, biomassa, área basal por hectare, número de árvores por hectare e o índice PV50.

2.3 RESULTADOS

Neste trabalho foram calculados, para todas as parcelas e todos os anos de medição, o incremento da produção volumétrica e de biomassa, e os índices fitossociológicos, nomeadamente área basal por hectare, número de árvores por hectare, índice PV50 e o índice de Shannon. As variações médias destas variáveis

foram de 4,24 m³.ha⁻¹.ano⁻¹, 3.497,46 kg.ha⁻¹.ano⁻¹, 178 árvores.ha⁻¹, 21,68 m².ha⁻¹, 5,17 e 4,01, respectivamente (TABELA 2.1).

TABELA 2.1 - VALORES MÉDIOS OBSERVADOS DAS VARIÁVEIS EM CADA PERÍODO DE MEDIÇÃO

Período de Incremento	IPAVol (m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	IPABiom (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	G. (m ² .ha ⁻¹)	Nº. arv.ha ⁻¹	Índice PV50(%)	Índice Shannon
84-86	3,18	2.819,03	23,30	180,26	4,80	3,98
86-88	4,45	3.371,05	22,24	177,69	4,87	4,00
88-90	5,45	3.862,12	20,91	171,75	5,41	3,96
90-94	3,40	3.780,21	21,25	174,86	5,40	3,98
94-96	4,44	3.633,22	21,54	178,74	5,42	4,01
96-2004	4,25	3.568,45	21,19	179,28	5,60	4,03
2004-11	4,48	3.448,35	21,32	182,59	4,71	4,11
Média	4,24	3.497,49	21,68	177,88	5,17	4,01

Fonte: O autor (2019). Em que: IPAVol – Incremento periódico anual em volume, IPABiom – Incremento periódico anual em biomassa, G – área basal, Nº de arv.ha⁻¹ – número de árvores por hectare.

2.3.1 Intensidades de exploração

Observando a área basal entre os tratamentos, verificou-se que existem grandes diferenças na intensidade de exploração aplicadas no campo. Quando se observa a intensidade de exploração planejada (teórica) do tratamento 7 de 25% e a intensidade de exploração teórica do tratamento 10 de 35%, nota-se que não existem diferenças entre as percentagens da redução de volume e a percentagem da redução da área basal, apresentando 27% e 24% respectivamente para tratamento 7 na parcela 104 e para o tratamento 10 na parcela 202, e de 28% e 25% da percentagem de redução do volume e da área basal. Dentro de tratamentos observou-se também grandes diferenças das intensidades de exploração como, por exemplo, no tratamento 7 observou-se na parcela 104 27% e 24% das percentagens de redução do volume e área basal e na parcela 309 do mesmo tratamento observou-se intensidade de exploração de 16% e 13%. Isso significa que as atividades de campo não mantiveram as intensidades de exploração em cada tratamento (TABELA 2.2).

TABELA 2.2 - PERCENTUAL DA REDUÇÃO DO VOLUME E ÁREA BASAL EM CADA TRATAMENTO POR PARCELA

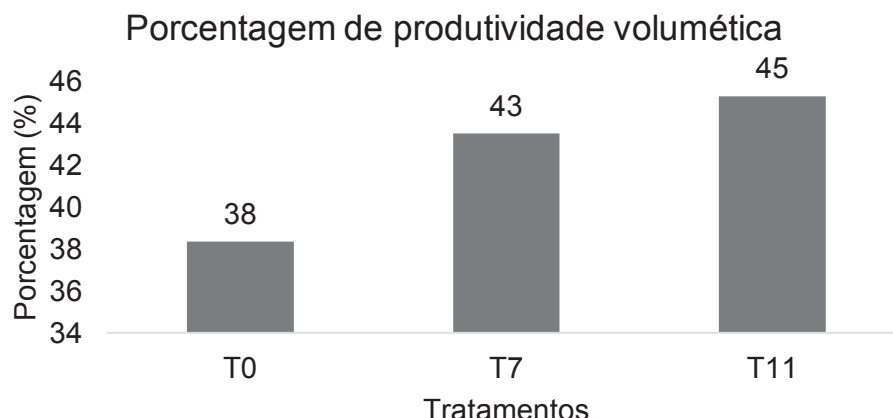
Nº.Tra	% Exp. T.	%R. V.	% Des.T	%R. G.	Nº. P.	Nº.Tra	% Exp. T.	%R. V	% Des.T.	%R. G	Nº. P.
0	0	-1	0	2	1	6	25	7	30	6	206
0	0	-2	0	0	2	6	25	19	30	15	312
0	0	-2	0	1	3	7	25	27	50	24	104
0	0	0	0	2	4	7	25	19	50	18	203
1	15	12	0	12	106	7	25	16	50	13	309
1	15	8	0	8	201	8	25	21	70	18	110
1	15	16	0	13	308	8	25	26	70	22	212
2	15	10	30	10	103	8	25	35	70	28	310
2	15	30	30	22	207	9	35	20	0	16	111
2	15	9	30	10	307	9	35	30	0	25	205
3	15	4	50	6	109	9	35	22	0	17	303
3	15	16	50	14	204	10	35	39	30	34	102
3	15	6	50	6	306	10	35	28	30	24	202
4	15	10	70	10	112	10	35	24	30	21	302
4	15	5	70	5	210	11	35	21	50	19	108
4	15	4	70	4	305	11	35	17	50	16	211
5	25	16	0	15	107	11	35	30	50	24	304
5	25	33	0	27	209	12	35	28	70	26	105
5	25	15	0	13	311	12	35	24	70	20	208
6	25	19	30	18	101	12	35	23	70	19	301

Fonte: O autor (2019). Em que: Nº.Tra - número dos tratamentos, Nº. P. - Número das parcelas, % Exp. T.- percentagem de exploração teórica, % Des.T.- percentagem de desbaste teórica, %R. V - percentagem de redução de volume, %R. G - percentagem de redução da área basal.

2.3.2 Análise do efeito dos tratamentos silviculturais no incremento periódico anual

Para a análise de crescimento, foi feita a identificação dos tratamentos a serem usados na análise de crescimento. Segundo a análise feita, o tratamento T0 além de resultar em maiores médias de estoque, é também tratamento controle, onde não foi feito qualquer intervenção. O tratamento T7, com um estoque aproximadamente mediano, exprime nível de exploração médio e nível de desbaste médio. O tratamento T11, resulta em menor estoque em volume devido ao alto nível de exploração e nível médio de desbaste. Contudo, apesar de baixo valor médio de estoque em volume observado no tratamento T11 em relação aos tratamentos T7 e T0, o valor porcentual de produtividade foi maior de 45,27%, 43,49% e 38,32% respectivamente (FIGURA 2.1).

FIGURA 2.1 - PORCENTAGEM DE PRODUTIVIDADE VOLUMÉTRICA ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) PARA CADA TRATAMENTO



Fonte: O autor 2019.

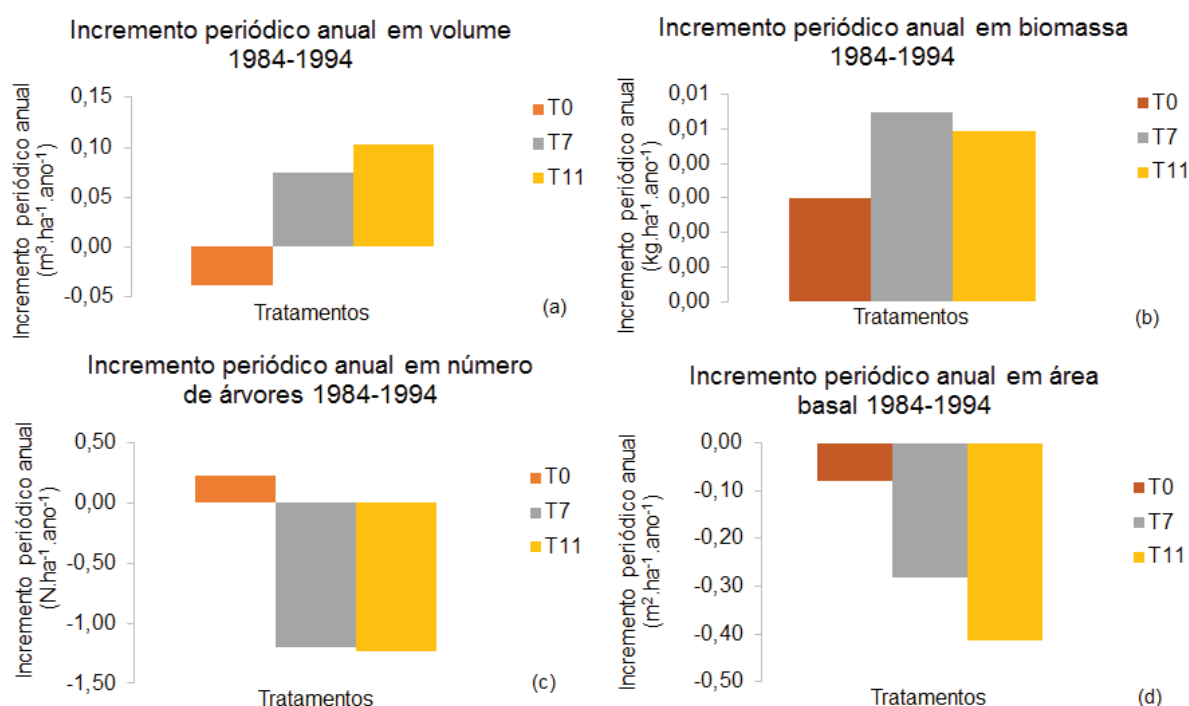
2.3.3 Análise de incremento volumétrico e em biomassa em função dos tratamentos silviculturais

A análise de crescimento foi feita em dois períodos temporais 1984 a 1994 e de 1996 a 2011 para o IPAVol ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), biomassa ($\text{kg}.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), número de árvores. ha^{-1} e área basal ($\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$).

2.3.3.1 Análise de incremento no período 1984 a 1994

Para o primeiro período, verificou-se a redução do volume devido às intervenções de exploração e desbastes em 1985 e 1994 respectivamente. Deste modo, o volume aumentou de -0,0381 para 0,0747 e para 0,01023 de T0, T7 e T11 respectivamente (FIGURA 2.2a). Neste caso, a exploração realizada em 1985, favoreceu o incremento periódico anual das árvores remanescentes. O mesmo aconteceu com a biomassa que apresentou um ligeiro aumento em incremento de 0,0025 de T0 para T7 e de 0,0020 (FIGURA 2.2b). No que se refere ao número de árvores por hectare verificou-se uma redução do incremento de 0,2250 para -1,200 e para 1,2333 de tratamento T0 T7 e T11 respectivamente no período de 1984 a 1994 (FIGURA 2.2c). O que acontece também com a redução do incremento da área basal de -0,0790 para -0,2823 e para -0,4145 de T0, T7 e T11 respectivamente no período em análise (FIGURA 2.2d).

FIGURA 2.2 - INCREMENTO PERIÓDICO ANUAL EM VOLUME ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE, ÁREA BASAL ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) E BIOMASSA ENTRE OS PERÍODOS 1984 A 1994



Fonte: O autor (2019). Em que: T0 – Tratamento 0, T7 – Tratamento 7, T11 – Tratamento 11.

2.3.3.2. Análise de crescimento no período 1996 a 2011

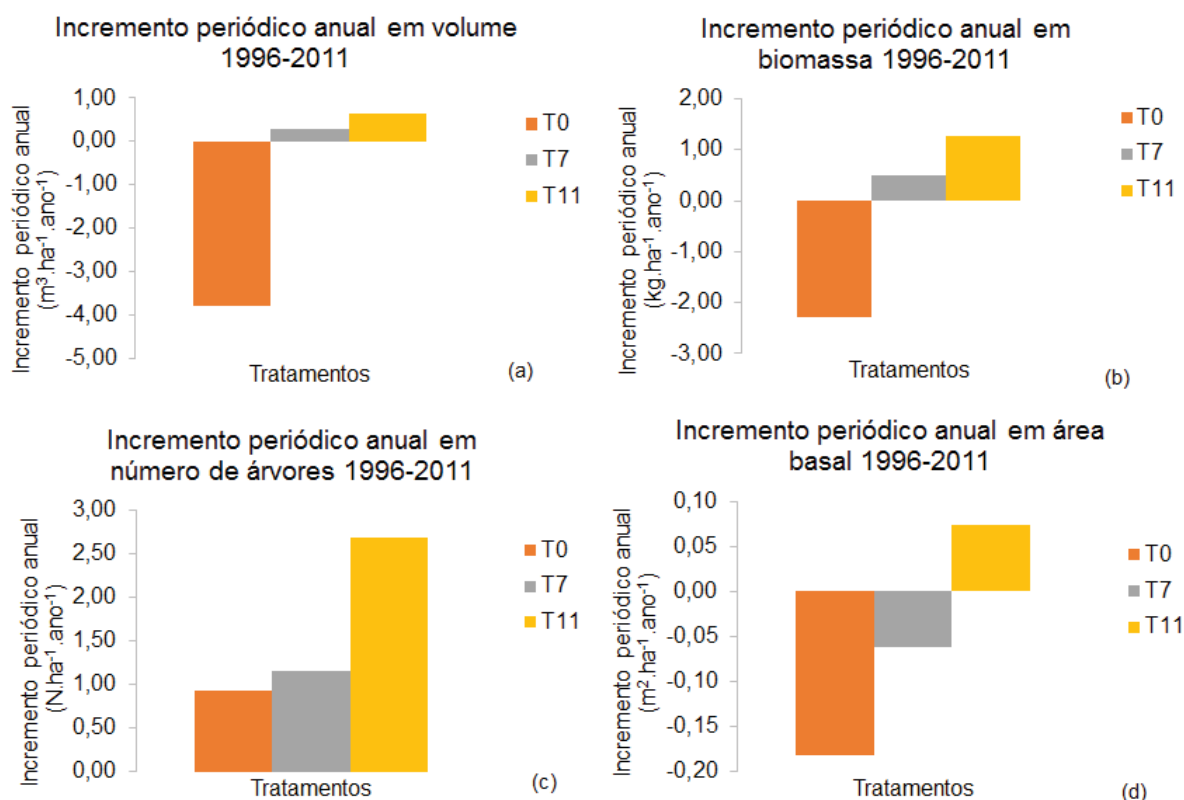
No que se refere ao segundo período de 1996 a 2011, o incremento periódico anual em volume aumentou do tratamento T0 com a combinação de 0% de exploração e 0% de desbaste de -3,7900 para 0,2900 este, correspondente ao tratamento T7 com a combinação de 25% de exploração e 50% de desbaste. E subiu ainda para 0,6600 de incremento volumétrico o correspondente ao tratamento 11 (FIGURA 2.3a).

No que se refere ao incremento periódico da biomassa, as tendências do efeito dos tratamentos silviculturais no período 1996 a 2011 foram análogas às tendências observadas na análise do incremento em volume. No tratamento T0, no qual não houve qualquer intervenção silvicultural, o incremento em biomassa foi de -2,2799, e subiu no tratamento T7 para 0,4900 à medida que se aumenta a intensidade de desbaste de 0% a 70%, no tratamento T11, vai se notando uma subida do incremento periódico anual (FIGURA 2.3b).

O número de árvores por hectare e a área basal, neste período verificou-se uma subida tanto do número de árvores em função dos tratamentos aplicados,

assim como da área basal, isto porque a redução do número de árvores por hectare e, conseqüentemente, redução da área basal como resultado das intervenções realizadas no ensaio favoreceram o crescimento das árvores remanescentes (FIGURA 2.3c, FIGURA 2.3d).

FIGURA 2.3 - INCREMENTO PERIÓDICO ANUAL EM VOLUME ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$), NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE, ÁREA BASAL ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) E BIOMASSA ENTRE OS PERÍODOS 1996 A 2011



Fonte: O autor (2019). Em que: T0 – Tratamento 0, T7 – Tratamento 7 e T11 – Tratamento 11.

2.3.3.3 Análise estatística do estoque e incremento periódico anual de volume e de biomassa

Com a análise estatística foi possível comprovar, a existência das diferenças significativas entre os tratamentos aplicados no estoque em volume e em biomassa, tendo sido considerado os dois períodos de 1984 a 1994, e 1996 a 2011. Para tal, foi utilizado o teste estatístico da análise de variância, pelo qual se assumiu os anos de medição como sendo as repetições do ensaio e os tratamentos foram aqueles selecionados na epígrafe 2.3.2. O primeiro período teve como tamanho do ensaio, 3 tratamentos e 5 repetições e o segundo período teve 3 tratamentos e 3 repetições.

2.3.3.3.1 Análise de variância do estoque em volume e em biomassa em função dos tratamentos

Tendo em conta que uma das premissas para a análise de variância é testar a homogeneidade das variâncias, foi aplicado o teste de Bartlett para os dados de volume e biomassa nos dois períodos 1984 a 1994 e 1996 a 2011, veja o Capítulo 2. Seção 2.2.1. Os resultados deste teste mostraram que as variâncias são homogêneas o que nos permite realizar a análise de variância com significância de 0.277, 0.326, 0.100 e 0.112 para as variáveis de volume 84-94, biomassa 84-94, volume 96-2011 e biomassa 96-2011 respectivamente. Sendo assim, as análises estatísticas feitas, para as duas variáveis nos dois momentos temporais, mostraram que há evidências suficientes para se afirmar que as médias dos tratamentos são diferentes estatisticamente a 5% de probabilidade.

2.3.3.3.2 Análise estatística do incremento periódico anual em volume e em biomassa nos períodos 1984 a 1994 e 1996 a 2011

Neste caso da análise de variância do incremento periódico anual em volume e em biomassa, foi testada também a homogeneidade das variâncias com a aplicação do teste de Bartlett. Nesta análise foi encontrado que as variâncias são homogêneas com significância de 0,180, 0,180, 0.130 e 0.210 para as variáveis de incremento em volume 84-94, incremento em biomassa 84-94, incremento em volume 96-2011 e incremento em biomassa 96-2011 respectivamente.

Após comprovada a homogeneidade das variâncias, seguiu-se para a análise de variância do incremento periódico anual em volume e em biomassa nos períodos de 1984 a 1994 e 1996 a 2011, onde verificou-se que em termos de incremento periódico anual não existe evidências suficientes para afirmar que as médias dos tratamentos são diferentes a 95% de probabilidade com significância de 0,930, 0,920, 0.930 e 0.800 para o incremento em volume 84-94, incremento em biomassa 84-94, incremento em volume 96-2011 e incremento em biomassa 96-2011 respectivamente.

2.3.4 Incremento periódico anual de volume e de biomassa em função da estrutura florestal

A análise de produção volumétrica e de biomassa foi feita em função da estrutura da floresta, considerando como variáveis principais a área basal (G),

número de árvores por hectare (N), índice PV50, e o índice de Shannon (H') em dois períodos antes e depois das intervenções silviculturais, concretamente nos períodos de 1984 a 1994 e 1996 a 2011.

2.3.4.1 Análise de incremento periódico anual de volume em função da estrutura florestal no período 1984 a 1994

Neste período 1984 a 1994, as análises mostram que o Incremento Periódico Volumétrica Anual (IPAVol.) em função da área basal resultou uma relação diretamente proporcional se for observada a linha de tendência apresentada na Figura 2.4. Desta forma, pode-se notar que a diminuição da área basal interferiu na diminuição do incremento anual em volume, pois foi neste período do ano de 1994 que se realizou as intervenções silviculturais (FIGURA 2.4b).

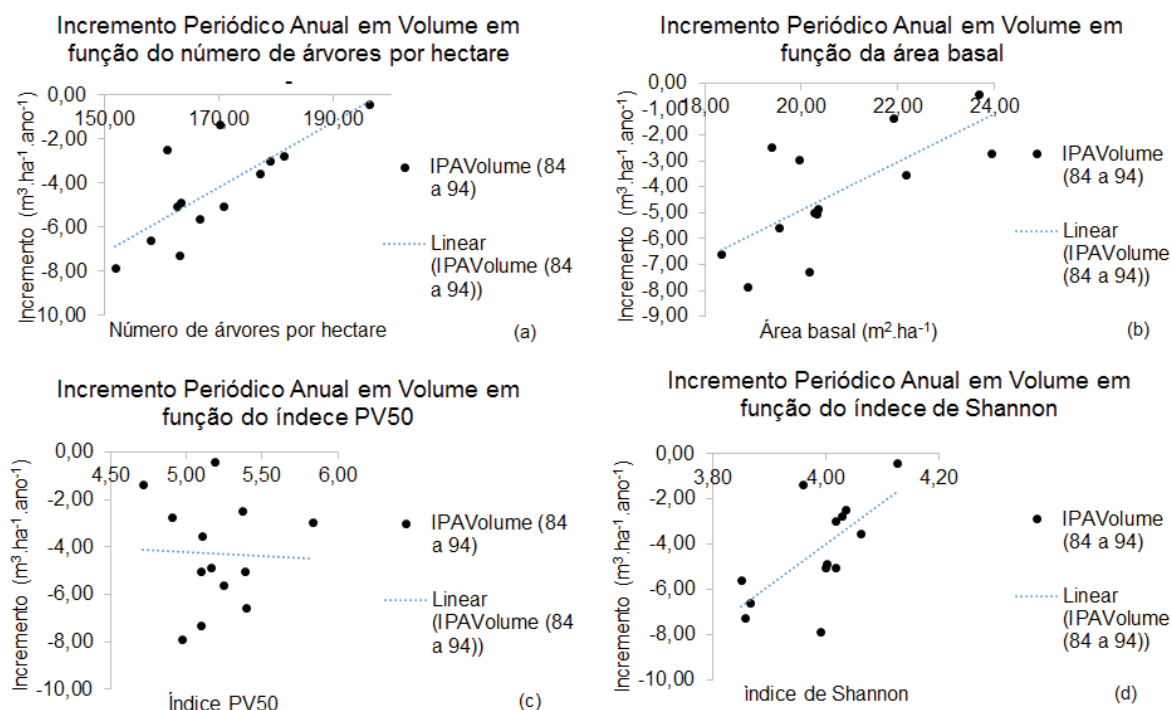
Em relação ao IPAVol. em função ao número de árvores por hectare no período em análise, a linha de tendência mostra também uma relação diretamente proporcional, isto é, diminuindo o número de árvores por hectare o incremento periódico anual diminui. Portanto, neste período a floresta ainda não teve tempo suficiente para reagir às intervenções feitas, considerando, ainda, que a diminuição do estoque interfere significativamente no balaço do volume antes e depois de 1994, o momento em que ocorreram as intervenções silviculturais (FIGURA 2.4a).

O índice PV50 indica a variabilidade do estoque e o gráfico da linha de tendência neste período em análise mostra que o IPAVol. em função do índice PV50, apresenta uma tendência inversamente proporcional, o que significa que, quanto menor for o índice PV50, maior é o Incremento Volumétrico anual. Neste caso, quando menor o índice PV50, a floresta é composta por árvores de maior volume de árvores superiores que influenciam no balanço do incremento periódico anual nesse período em análise de 1984 a 1994 (FIGURA 2.4c).

O índice de Shannon indica a biodiversidade encontrada num determinado habitat, ela é máxima se e somente se cada espécie representada é composta pelo mesmo número de indivíduos. Analisando a linha de tendência do IPAVol. em função do índice de Shannon, este apresenta uma variação diretamente proporcional, como acontece com a área basal e o número de árvores por hectare. Isto acontece devido às intervenções realizadas.

Neste período de 1984 a 1994 poucas conclusões podem ser tiradas em relação ao incremento periódico anual de volume em função da estrutura florestal, uma vez que o volume antes das intervenções no ano de 1984 é superior ao volume no período de 1994, o que torna o balanço volumétrico negativo (FIGURA 2.4d).

FIGURA 2.4 - ANÁLISES GRÁFICAS DA PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA EM FUNÇÃO DA ÁREA BASAL ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$), NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE, ÍNDICE PV50, ÍNDICE DE SHANNON NO PERÍODO 1984 A 199



Fonte: O autor (2019).

2.3.4.2 Análise de incremento periódico anual do Volume em função da estrutura florestal no período 1996 a 2011

Para a análise da produção volumétrica em função da estrutura, foi feita relacionando o incremento periódico volumétrico em metros cúbicos por ano com a área basal, número de árvores por ha, índice PV50 e o índice de Shannon. Neste período foi observado claramente que o balanço do volume antes e depois, é positivo pois neste, a floresta está em desenvolvimento.

As avaliações feitas no período 1996 a 2011 mostram que o Incremento Periódico Volumétrica Anual (IPAVol.) em função da área basal apresentou uma relação inversamente proporcional se for observada a linha de tendência apresentada na Figura 2.5b. Para tal, foram consideradas as médias dos incrementos anuais em cada tratamento no período em análise. Desta forma, pode

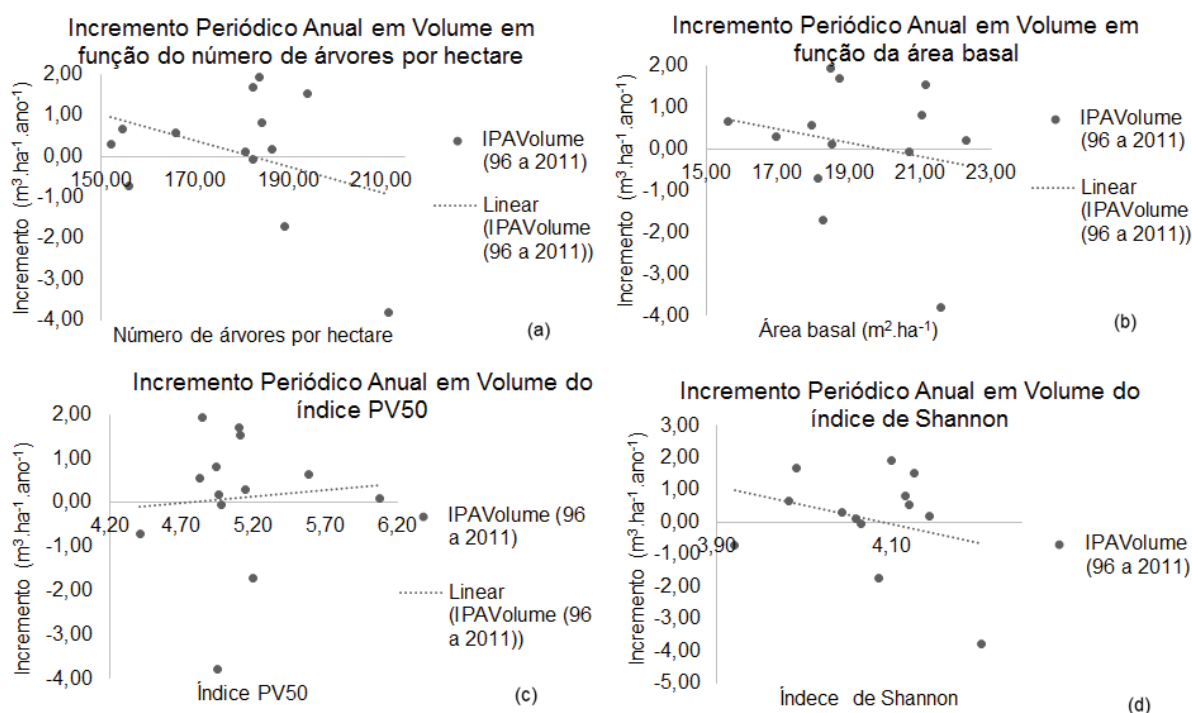
se concluir que, quanto maior a área basal, menor é o incremento da produtividade volumétrica anual em volume (FIGURA 2.5b).

Em relação ao IPAVol. em função ao número de árvores por hectare no período depois das intervenções silviculturais a linha de tendência mostra também uma relação inversamente proporcional, isto é, aumentando o número de árvores por hectare o incremento de periódico anual diminui, significando que, quanto menor for o número de árvores por hectare maior será o incremento periódico volumétrico (FIGURA 2.5a).

O índice PV50 indica a variabilidade do estoque e o gráfico da linha de tendência neste período em análise mostra que o IPAVol. em função do índice PV50 apresenta uma tendência diretamente proporcional, o que significa que, quanto menor for o índice PV50, menor é o incremento volumétrico anual. Neste caso, quando menor o índice PV50, a floresta é composta por árvores de maior volume, o que significa que esta é uma floresta madura com pequenos índices de crescimento (FIGURA 2.5c).

O índice de Shannon indica a biodiversidade encontrada num determinado habitat; ela é máxima se é somente se cada espécie representada é composta pelo mesmo número de indivíduos. Analisando a linha de tendência do IPAVol. em função do índice de Shannon apresenta uma variação inversamente proporcional como acontece com a área basal e o número de árvores por hectare diretamente. Isto significa que quanto maior a biodiversidade de um determinado habitat florestal menor é o incremento periódico anual em volume. Isto deve-se a maior competição interespecífica, isto é, a competição interespecífica é a competição que ocorre entre diferentes espécies diferentes (FIGURA 2.5d).

FIGURA 2.5 - ANÁLISES GRÁFICAS DA PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA EM FUNÇÃO DA ÁREA BASAL ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$), NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE, ÍNDICE PV50, ÍNDICE DE SHANNON NO PERÍODO 1996 A 2011

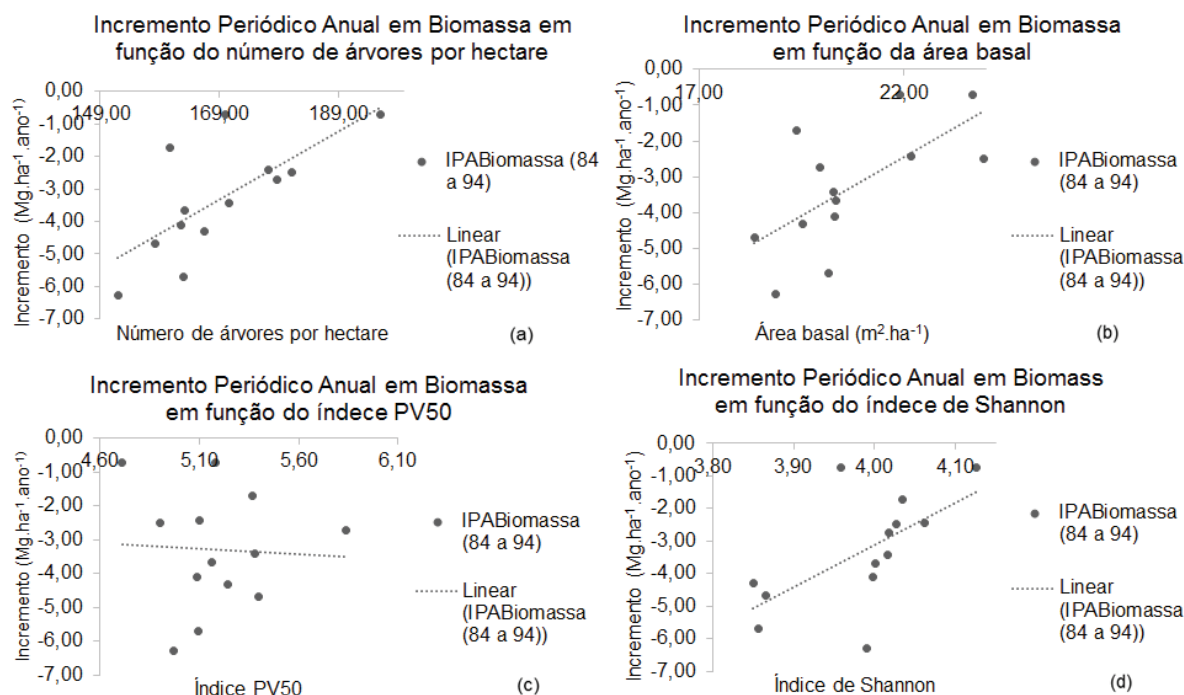


Fonte: O autor (2019).

2.3.4.3. Análise de incremento periódico anual de biomassa em função da estrutura florestal no período 1984 a 1994

A biomassa apresenta tendências análogas ao incremento anual em volume no mesmo período em análise. Tanto para o número de árvores por hectare, área basal, assim como para índice de Shannon, os comportamentos das linhas de tendências em função do incremento periódico anual são inversamente proporcionais, contrariamente ao índice PV50, estas tendências controversas são devidas ao balanço do estoque, que é retirado no último ano em análise neste caso 1994 (FIGURA 2.6a, FIGURA 2.6b, FIGURA 2.6c, FIGURA 2.6d).

FIGURA 2.6 - ANÁLISES GRÁFICAS DA PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM FUNÇÃO DA ÁREA BASAL ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$), NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE, ÍNDICE PV50, ÍNDICE DE SHANNON NO PERÍODO 1984 A 1994



Fonte: O autor (2019).

2.3.4.4 Análise do incremento periódico anual de biomassa em função da estrutura florestal no período 1996 a 2011

Do mesmo modo com a análise do incremento de produção volumétrica, a relação entre o incremento de produção anual em biomassa em função da estrutura florestal foi feita também relacionando o incremento em biomassa e a área basal, número de árvores por ha, índice PV50 e o índice de Shannon.

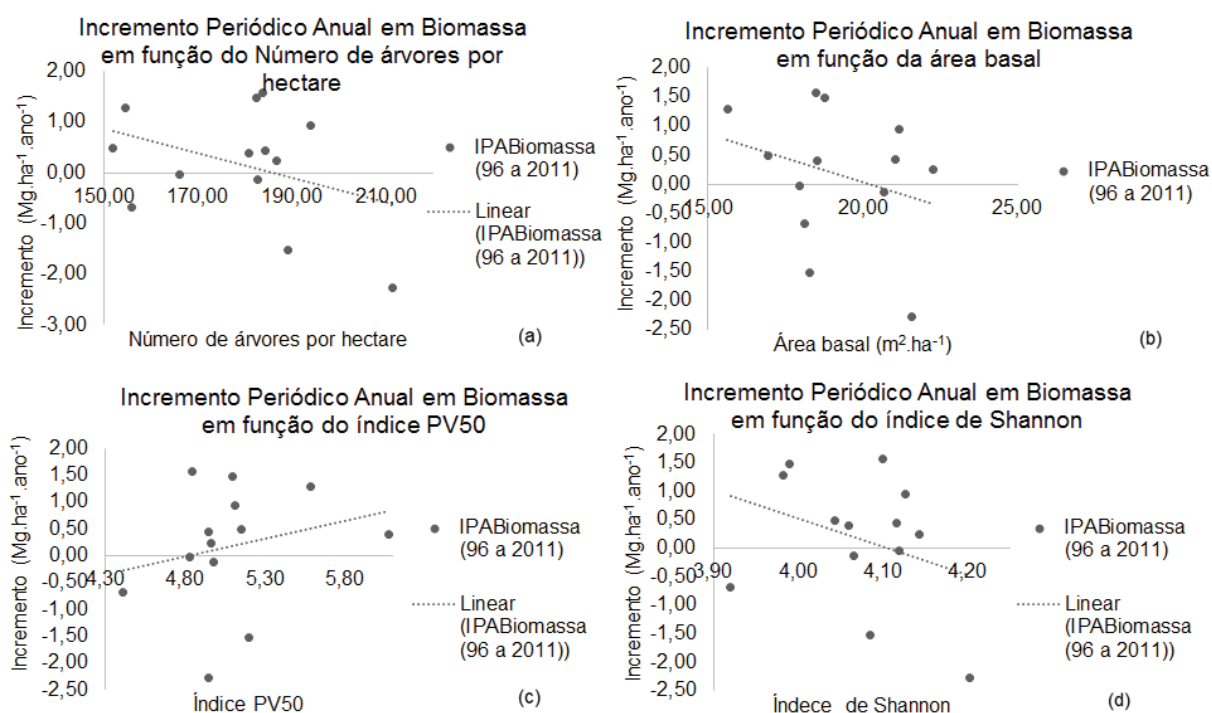
A produção da biomassa em função da área basal mostra uma semelhança no comportamento da tendência do gráfico do incremento em volume. O Incremento da Produção da biomassa anual (IPABiom.) apresenta uma proporcionalidade inversa em função da área basal, isto é, quanto maior for a área basal menor é o desenvolvimento da floresta em termos de incremento em biomassa (FIGURA 2.7b).

Em relação ao IPABiom. em função do número de árvores por hectare, no período após a exploração e desbaste, a linha de tendência é inversamente proporcional ao número de árvores por hectare. Isto significa que, quanto maior for o número de árvores por hectare, menor é IPBiom. (FIGURA 2.7a).

O IPABiom. mostrou claramente uma tendência de proporcionalidade direta em função do índice PV50, isto é, quanto maior o índice maior é a presença de árvores com menor diâmetro. Estas árvores apresentam um potencial de crescimento, pois ainda estão na fase juvenil. Desta forma, quanto menor o índice PV50, menor é o incremento de produção em biomassa (FIGURA 2.7c).

O IPABiom. em relação ao índice de Shannon apresenta uma relação proporcionalmente inversa entre a variável dependente e a variável independente. Isto significa que quanto maior o índice de biodiversidade (índice de Shannon) menor é o incremento da produtividade de biomassa anual (FIGURA 2.7d).

FIGURA 2.7 - ANÁLISES GRÁFICAS DA PRODUÇÃO DE BIOMASSA EM FUNÇÃO DA ÁREA BASAL ($m^2 \cdot ha^{-1}$), NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE, ÍNDICE PV50, ÍNDICE DE SHANNON NO PERÍODO 1996 A 2011



Fonte: O autor (2019).

2.3.5 Análises de correlação entre as variáveis

Utilizando a correlação de Person, foi analisada a correlação entre as variáveis de incremento de produção anual de volume e de biomassa com variáveis de estrutura florestal, nomeadamente o índice PV50, número de árvores por hectare e a área basal nos períodos antes de depois das intervenções silviculturais de 1984 a 1994 e no período de 1996 a 2011.

No primeiro momento temporal, antes das intervenções silviculturais, incremento periódico anual de biomassa teve uma correlação altamente significativa entre o número de árvores por hectare e o incremento periódico anual de volume, e foi observada uma correlação significativa com a área basal por hectare. E por sua vez, a área basal correlacionou-se altamente significativamente com o número de árvores por hectare (TABELA 2.3).

TABELA 2.3 - ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS NO PERÍODO DE 1984 A 1994

		Índice PV50	Nº de Árv.ha ⁻¹	G. (m ² .ha ⁻¹)	IPAVol (m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	IPABiom (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
Índice	Correlação de Pearson	1				
PV50	Sig. (2 extremidades)	0,000				
	N	13				
Nº de	Correlação de Pearson	0,073	1			
Árv.ha ⁻¹	Sig. (2 extremidades)	0,811	0,000			
	N	13	13			
G. (m ² .ha ⁻¹)	Correlação de Pearson	-0,440	0,834**	1		
	Sig. (2 extremidades)	0,132	0,000	0,000		
	N	13	13	13		
IPAVol (m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Correlação de Pearson	-0,041	0,769**	0,710**	1	
	Sig. (2 extremidades)	0,894	0,002	0,007	0,000	
	N	13	13	13	13	
IPABiom (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Correlação de Pearson	-0,054	0,709**	0,659*	0,984**	1
	Sig. (2 extremidades)	0,861	0,007	0,014	0,000	0,000
	N	13	13	13	13	13

Fonte: O autor (2019). Em que: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades), *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades). IPAVol – Incremento periódico anual em volume (m³. ha⁻¹.ano⁻¹), IPABiom – Incremento periódico anual em biomassa (kg.ha⁻¹.ano⁻¹), Nº. de arv.ha⁻¹ – Número de árvores por hectare, G - área basal (m².ha⁻¹).

No segundo período temporal 1996 a 2011, a área basal teve uma correlação altamente significativa a 99% de probabilidade com o número de árvores por hectare e IPAVol. obteve uma correlação altamente significativa com o IPABiom. (TABELA 2.4).

TABELA 2.4 - ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS NO PERÍODO DE 1996 A 2011

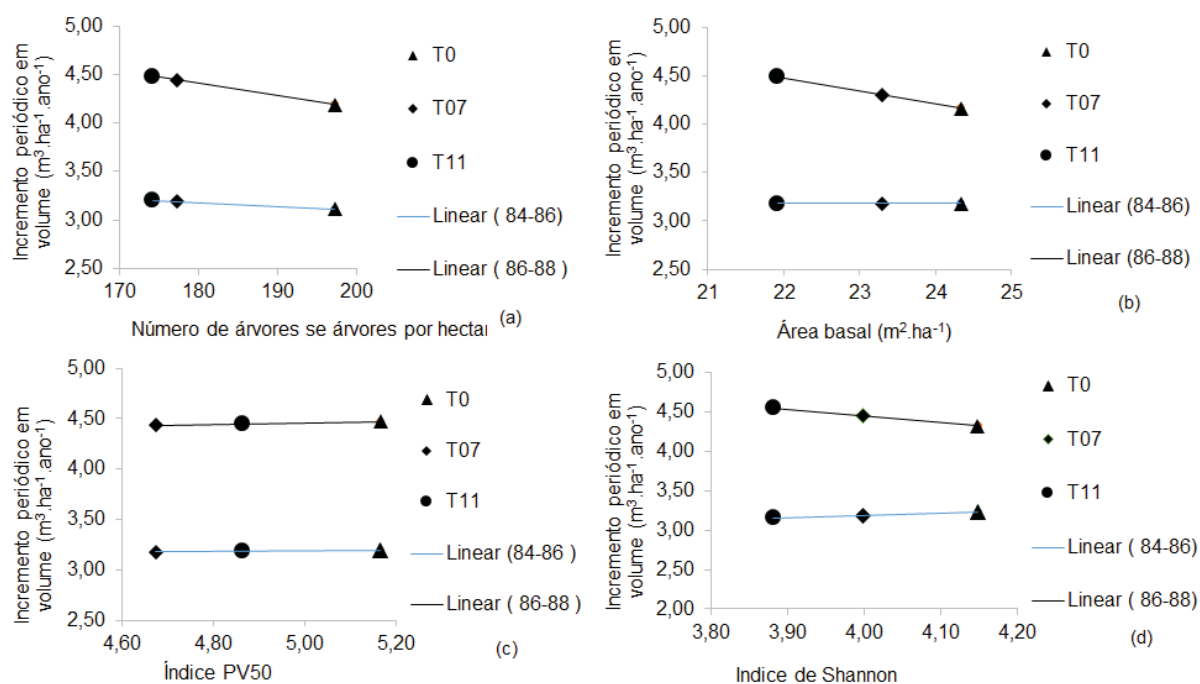
		Índice PV50	Nº de Árv.ha ⁻¹	G. (m ² .ha ⁻¹)	IPAVol (m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	IPABiom (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
Índice PV50	Correlação de Pearson	1				
	Sig. (2 extremidades)	0.000				
	N	13				
Nº de arv.ha ⁻¹	Correlação de Pearson	0,012	1			
	Sig. (2 extremidades)	0,968	0.000			
	N	13	13			
G. (m ² .ha ⁻¹)	Correlação de Pearson	-0,272	0,780	1		
	Sig. (2 extremidades)	0,369	0,002	0.000		
	N	13	13	13		
IPAVol (m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Correlação de Pearson	0,075	-0,353	-0,210	1	
	Sig. (2 extremidades)	0,808	0,237	0,491	0.000	
	N	13	13	13	13	
IPABiom (Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Correlação de Pearson	0,231	-0,368	-0,290	0,953**	1
	Sig. (2 extremidades)	0,448	0,216	0,337	0,000	0.000
	N	13	13	13	13	13

Fonte: O autor (2019). Em que: **. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades), *. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades), IPAVol – Incremento periódico anual em volume (m³.ha⁻¹.ano⁻¹), IPABiom – Incremento periódico anual em biomassa (kg.ha⁻¹.ano⁻¹), Nº de arv.ha⁻¹ – Número de árvores por hectare, G - área basal (m².ha⁻¹).

2.3.6 Análise da variável Dummy

No presente estudo a intensidade de exploração foi identificada como uma variável Dummy pois, depois da exploração verifica-se alteração do intercepto da reta da tendência e alteração do coeficiente angular da reta de regressão. Neste caso, é de salientar que se considera como hipótese implícita, que as variáveis sejam mistas pois, tanto o intercepto como o coeficiente angular tiveram uma mudança. Esta análise foi feita para todas as variáveis, IPA como variável dependente e área basal, número de árvores por ha, índice PV50 e o índice de Shannon como variáveis independentes para os dois períodos consecutivos, antes da exploração 1984 a 1986 e depois da exploração 1986 a 1988 (FIGURA 2.8a, FIGURA 2.8b, FIGURA 2.8c, FIGURA 2.8d).

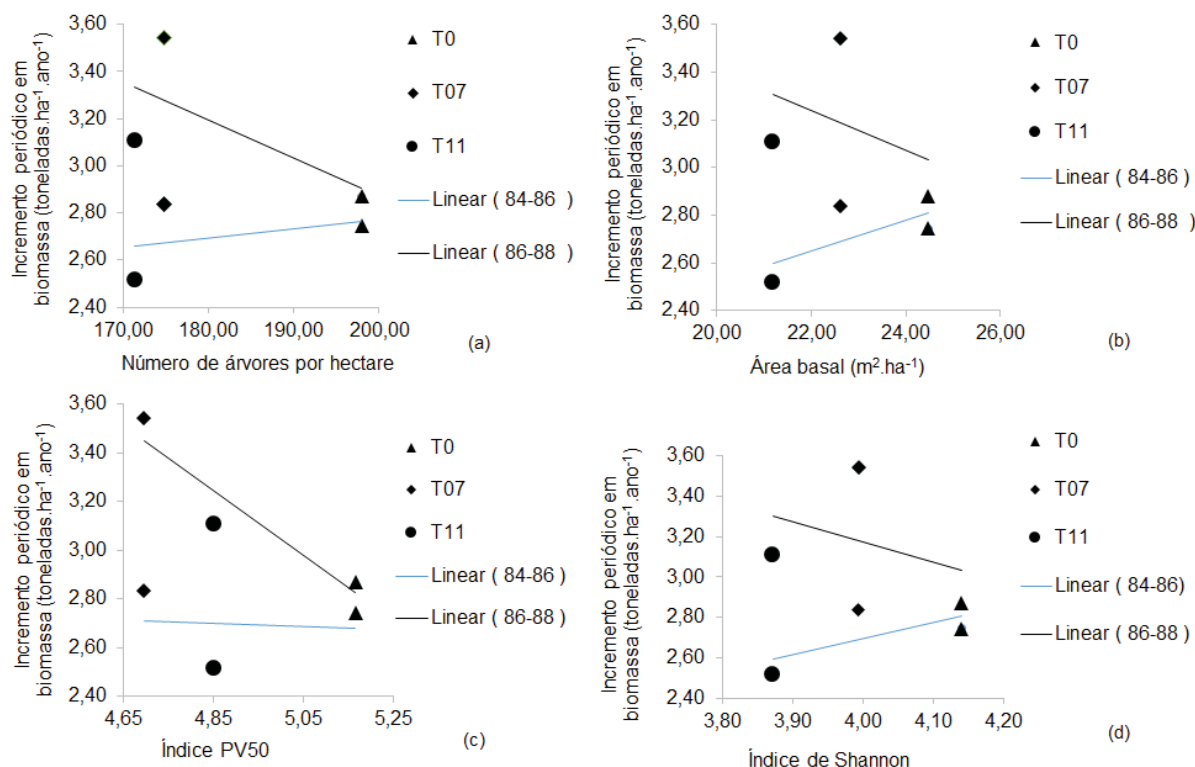
FIGURA 2.8 - ANÁLISE GRÁFICA DA VARIÁVEL DUMMY SOBRE A PRODUÇÃO EM VOLUME MÉDIO ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) EM FUNÇÃO DA ÁREA BASAL ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$), NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE, ÍNDICE PV50, ÍNDICE DE SHANNON



Fonte: O autor (2019).

Esta análise foi feita também para a biomassa, considerando como variável dependente o Incremento periódico anual de biomassa e como variáveis independentes área basal, número de árvores por ha, índice PV50 e o índice de Shannon como variáveis independentes para os dois períodos consecutivos, antes da exploração 1984 - 1986 e depois da exploração 1986 - 1988 (FIGURA 2.9a, FIGURA 2.9b, FIGURA 2.9c, FIGURA 2.9d).

FIGURA 2.9 - ANÁLISE GRÁFICA DA VARIÁVEL DUMMY SOBRE A PRODUÇÃO DE BIOMASSA MÉDIA ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) EM FUNÇÃO ENTRE DA ÁREA BASAL ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$), NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE, ÍNDICE PV50, ÍNDICE DE SHANNON



Fonte: O autor (2019).

2.4 DISCUSSÃO

O incremento da produtividade volumétrica anual, no período de 1984 a 1986 foi de $3,18 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. No período seguinte de 1986 - 1988 a floresta teve uma ligeira subida do incremento de 39%, isto é, de $3,18 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ a $4,45 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. No período de 1988 a 1990 o incremento volumétrico anual continua a subir até atingir um pico de $5,45 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. Depois desse período, verificou-se uma descida do incremento e posteriormente voltou a se estabilizar em uma média de $4,39 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ nos períodos de 1990 a 2011. Este comportamento é semelhante ao encontrado por Costa et al. (2008), no seu estudo sobre crescimento de árvores em uma área de terra firme na Floresta Nacional do Tapajós após a colheita de madeira, onde obteve no início do seu experimento um incremento volumétrico anual de $5,81 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ e uma redução nos períodos seguintes. Isso foi o resultando da redução do número de árvores por hectare e, consequentemente, redução da área basal devido à exploração florestal. Outros autores como Silva et al. (1995) e

Silva et al. (2001) também observaram que a redução do número de árvores, seja pelo corte ou mortalidade influenciam nas mudanças de crescimento volumétrico das árvores.

A biomassa florestal na área de estudo teve uma variação de 2,819,03 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ a 3,862,12 kg.ha⁻¹.ano⁻¹, do primeiro ao terceiro período de medição. Neste período de 1988 a 1990 onde foi observado o pico do Incremento de Produtividade de Biomassa Anual e, após este período, foi observado uma tendência de estabilização do IPBiom. Esses incrementos são próximos dos valores conseguidos por Higuchi et al. (1997), que são de 2,4 t.ha⁻¹.ano⁻¹, 3,1 t.ha⁻¹.ano⁻¹, 4,6 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e 4,9 t.ha⁻¹.ano⁻¹, obtidos num experimento de diferentes intensidades de cortes (baixo, médio e alto). Vários outros autores desenvolveram estudos sobre estimativas de biomassa (CHAVE et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2012; NOGUEIRA et al., 2008; DJOMO et al., 2017; LIMA, 2015).

A área basal (m².ha⁻¹) teve uma variação de 20,91 m².ha⁻¹ a 23,30 m².ha⁻¹, com as extremidades observadas no primeiro período de 1984 a 1986 e no terceiro período de medição verificou-se uma redução da área basal de 13,348%. Esta redução deveu-se à diminuição do número de árvores por ha resultante da exploração efetuada um ano depois do estabelecimento do ensaio. Estes resultados foram compatíveis com aqueles obtidos em outro estudo conduzido na Floresta Nacional do Tapajós (GONSALVES et al., 2008).

Em relação ao N.árvores.ha⁻¹ por hectare, esta variável teve uma variação de 172 arv.ha⁻¹ a 183 arv.ha⁻¹, do primeiro período de 1984 a 1986 até ao terceiro período 1988 a 1990, quando observou-se uma redução de 5% do N.árvores.ha⁻¹ esta redução deveu-se à intervenção de exploração feita em 1985.

O índice PV50 é mais usado em plantios florestais com o objetivo de explicar a relação que existe entre a uniformidade, qualidade silvicultural e a produtividade dos plantios florestais (HAKAMADA et al., 2015). Para este trabalho, este índice foi escolhido para interpretar as mudanças de produtividade de volume e biomassa mediante a exploração florestal. Deste modo, o índice teve um aumento gradual desde o primeiro período 1984 a 1986 até ao período 1994 a 2004. A exploração feita em 1985 favoreceu o amento deste índice pois, um dos critérios estabelecidos para a exploração foi a retirada de árvores acima de 60 cm de DAP. A presença de árvores de menor diâmetro em uma floresta aumenta o índice PV50.

Em relação à análise do índice de biodiversidade, obteve-se uma variação do índice de Shannon entre 3,69 e 4,40. Esses valores de H' estão na faixa dos valores encontradas na região desenvolvidas por AZEVEDO (2006); OLIVEIRA (2005) e GONÇALVES et al. (2008).

Em relação ao efeito dos tratamentos silviculturais na produção em volume, biomassa, número de árvores por hectare e a área basal, a análise de variância mostrou diferenças significativas entre os tratamentos aplicados para todas as variáveis analisadas. O tratamento T11 com as combinações de 35% de exploração e 50% de desbaste apresentou melhores resultados. Os mesmos resultados foram encontrados por Oliveira (2005) para a variável número de árvores totais, vinte e um anos após a exploração. Azevedo (1988) também detectou diferenças significativas entre os tratamentos aplicados ao passar do tempo.

Segundo as análises gráficas sobre as tendências do incremento de volume e de biomassa em função da área basal e de $n.\text{árvores}.\text{ha}^{-1}$, os resultados obtidos concordam com o que está estipulado nas hipóteses, de que o efeito dos tratamentos silviculturais no crescimento em volume e em biomassa está relacionado com a estrutura florestal após intervenções silviculturais.

No que se refere ao índice PV50 as análises gráficas feitas mostram uma tendência positiva em relação ao estipulado nas hipóteses. Isto é, quanto maior for o índice PV50, maior será o Incremento do volume e de biomassa. Esta hipótese para a biomassa foi claramente visível no período de 1988-1990, pois foi neste período que se verificou maior efeito da exploração no crescimento da floresta.

O índice de Shannon indica a biodiversidade encontrada num determinado habitat, é máxima se somente cada espécie representada é composta pelo mesmo número de indivíduos. Portanto, quanto maior for o índice de Shannon, menor será o incremento de volume e de biomassa. Nesse contexto, a maior biodiversidade implica maior competição interespecífica e, conseqüentemente, induz-se diminuição do incremento da produtividade volumétrica anual e de biomassa. Segundo Townsend et al. (2010) a essência da competição interespecífica é que indivíduos de uma espécie sofre reduções na fecundidade, sobrevivência e crescimento como resultado da interferência ou exploração de recursos de indivíduos de outras espécies. Desta forma, pode se concluir que quanto menor o índice de Shannon maior é o incremento periódico em volume e de biomassa.

O IPAVol. teve uma correlação altamente significativa com o IPABiom. e por sua vez, a área basal teve uma correlação altamente significativa o número de árvores por hectare a área basal.

Desta forma, foi analisada a variável Dummy em dois períodos, antes de depois da exploração, e os resultados desta análise mostraram que existe uma variável Dummy mista considerando que se verifica uma alteração do coeficiente angular e o intercepto das linhas de regressão.

2.5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados foram observados os valores médios do Incremento da produtividade volumétrica de $4,24 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, Incremento da produtividade em biomassa de $3.497,46 \text{ kg}.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, valores médios de N. árvores de $177,88 \text{ árvores}.\text{ha}^{-1}$, valores médios da área basal de $21,68 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$, do índice PV50 de 5,17 e 4,01 do índice de Shannon.

Os tratamentos silviculturais aplicados influenciaram no incremento de periódico anual de volume, biomassa, número de árvores por hectare e a área basal, tendo se destacado o tratamento T11 (35% de exploração e 50% de desbastes) como o tratamento mais produtivo entre os demais tratamentos.

Área basal, $\text{N}^\circ.\text{árvores}.\text{ha}^{-1}$, o índice de Shannon e o índice PV50 foram identificadas como variáveis da estrutura florestal que influenciam no incremento Periódico Anual em Volume e em Biomassa.

Os Incrementos em volume e em biomassa apresentam tendência diretamente proporcional com a G, $\text{N}.\text{ha}^{-1}$ e o índice de Shannon e inversamente proporcional com o índice PV50 no período de 1996 a 2011.

Nas análises de correlação feitas, no período de 1984 a 1994, a variável número de árvores por hectare teve uma correlação altamente significativa com a área basal, o incremento periódico anual em volume e o incremento periódico anual em biomassa e vice-versa. No que se refere ao período de 1996 a 2011, a área basal teve uma correlação altamente significativa com o número de árvores por hectare e o incremento periódico anual em volume teve uma correlação altamente significativa com o incremento periódico anual em biomassa.

Os diferentes níveis de intervenções silviculturais influenciaram no desenvolvimento em volume e em biomassa, G, N, índice PV50 e índice de Shannon.

REFERÊNCIAS

- ASSMANN, E. Principles of forest yield study. New York: **Pergamon Press**, 1970.
- AZEVEDO, C. P. de. **Dinâmica de florestas submetidas a manejo na Amazônia Oriental: experimentação e simulação**. 2006. 236 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- AZEVEDO, C. P.; SANQUETTA, C. R.; SILVA, J. N. M.; MACHADO, S. A.; SOUZA, C. R.; OLIVER, M. M. de. Simulação de estratégias de manejo florestal na Amazônia com o uso do modelo SYMFOR. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 1, p. 51-70, 2008.
- BOURGERON, P. S. Spatial aspects of vegetation structure. In: GOLLEY, F. B. (Ed.). Tropical rain forest ecosystems. **Elsevier Scientific**, Amsterdam, p. 29-47, 1983.
- CHAVE, J.; REJOU-MECHAIN, M.; BURQUEZ, A.; CHIDUMAYO, E.; COLGAN, M. S.; DELITTI, W. B.C.; DUQUE, A.; EID, T.; FEARNSIDE, P. M.; GOODMAN, R. C.; HENRY, M.; MARTINEZ-YRIZAR, A.; MUGASHA, W. A.; MULLER LANDAU, H. C.; MENCUCCINI, M.; NELSON, B. W.; NGOMANDA, A.; NOGUEIRA, E. M.; ORTIZ-MALAVASSI, E.; PELISSIER, R.; PLOTON, P.; RYAN, C. M.; SALDARRIAGA, J.; VIEILLEDEN G. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology**, United States v. 20, 3177–3190, 2014.
- COSTA, D.H.M.; SILVA, S.M.A.; SILVA, J.N.M. Efetividade e custo do desbaste com aplicação de arboricida em floresta natural na região do Tapajós, Pará e Jarí, Amapá. In: SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; YARED, J.A.G. (Ed.) **A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/DFID**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/DFID, p. 339-352, 2001.
- COSTA, D. H. M., SILVA, J. N. M.; CARVALHO J.O. P. Crescimento de árvores em uma área de terra firme na Floresta nacional do tapajós após a colheita de madeira¹. **Revista de Ciências Agrárias**. Belém, n. 50, p. 63-76, 2008
- CURTIS, J.T.; MCINTOSH, R.P. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. **Ecology**, London, v. 32, n. 3 p. 476-496, 1951.
- DJOMO, A. N. CHIMI, C. D. Tree allometric equations for estimation of above, below and total biomass in tropical moist forest: Case study with application to remote sensing. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 391, p. 184-193, 2017.
- GONÇALVES, F. G.; SANTOS, J. R. Composição florística e estrutural de uma unidade de manejo florestal sustentável na floresta nacional de Tapajós, Pará. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 2, p. 229-244, 2008.
- HAKAMADA, R. E.; STAPE, J. L.; LEMOS, C. C. Z. DE; ALMEIDA, A. E. A.; SILVA, L. F. Uniformity between trees in a full rotation and its relationship with productivity in clonal Eucalyptus. **Revista Cerne**, Lavras, v. 21, n. 3, p. 465- 472, 2015.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; RIBEIRO, R. J.; FREITAS, J. V.; VIEIRA, G.; CÖIC, A.; MINETTE, L. J. **Crescimento e incremento de uma floresta Amazônica de terra-firme manejada experimentalmente.** In: **Workshop Bionte - Aspectos Silviculturais e ecológicos do Manejo Florestal.** Manaus: INPA, 1997.

LIMA, R. C. **Equações para estimativas de biomassa de uma Floresta tropical úmida do Amapá.** 2015. 50 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

MILLIKEN, G. A.; JOHNSON, D. E. **Analysis of messy data.** Volume I: designed experiments. Londres: Chapman & Hall, 1992.

NASCIMENTO, R. G. M. **Modelagem e simulação do crescimento e produção de floresta tropical manejada na Amazônia Oriental.** 2016. 174 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Paraná, Curitiba. 2016.

NOGUEIRA, E. N. FEARNSIDE, P.; NELSON, B.W.; BARBOSA, R.I.; KEIZER, E. W. H. Estimates of biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories; **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v. 256, n. 11, p. 1853-1867, 2008.

OLIVEIRA, L. C. de. **Efeito da exploração da madeira e de diferentes intensidades de desbastes sobre a dinâmica da vegetação de uma área de 136 ha na Floresta Nacional do Tapajós.** 2005. 195 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

OLIVEIRA, L. P. S.; SOTTA, B. D.; HIGUCHI, N. **Quantificação da biomassa na floresta estadual do Amapá: alometria e estimativas de estoque de carbono.** Instituto estadual de florestas do Amapá, IEF/AP, 2012, Série técnica,

SILVA, J. N. M.; J. O. P. CARVALHO, J. de; LOPES, J. do C. A.; ALMEIDA, B. F. de; COSTA, D. H. M.; OLIVEIRA, L. C. de; VANCLAY, J. K.; SKOVSGAARD, J. P. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 71, n. 3, p. 267-274, 1995.

SOARES, C.P.B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A.L. **Dendrometria e inventário florestal.** Viçosa: Editora UFV, 2011.

SOUZA, D. R.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G.; YARED, J. A. Análise estrutural em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 75-87, 2006.

SOUZA, D. R. **Sustentabilidade ambiental e econômica do manejo em floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia Oriental.** 2003. 123 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

SHANNON C. E. A Mathematical Theory of Communication. **The Bell System Technical Journal**, New York: v. 27, pp. 379–423, 623–656, 1948.

STAPE, J. L.; ROCHA, J. C.; DONATTI, Z. **Indicadores de qualidade silvicultural na Aracruz: 2000 a 2005**. Piracicaba: IPEF, 2006.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre: 3ed, 2010.

**CAPÍTULO 3 - EFEITO DOS TRATAMENTOS SILVICULTURAIS NA
DINÂMICA DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE UMA FLORESTA
TROPICAL AMAZÔNICA**

RESUMO

A predição da produção, baseada em funções de distribuição de probabilidade, é fundamental para a definição antecipada de estratégias de manejo. Esses sistemas de predição possibilitam prognosticar o crescimento e a produção florestal. Este trabalho teve como objetivo analisar as distribuições diamétricas antes e depois da exploração florestal, para se entender se a floresta, depois de um determinado período após a exploração consegue recuperar a distribuição diamétrica inicial. Todavia, foram utilizados dados de 40 parcelas permanentes de um hectare de área com dados de árvores superiores a 20 cm de DAP. Com base nos tratamentos identificados como o mais produtivo, intermediário e menos produtivo em termos de produtividade em volume foi ajustado aos dados observados a função de Weibull à distribuição diamétrica nos anos de 1984, 1990 a 2011, aplicando o pacote estatístico Table Curve e as comparações das distribuições diamétricas antes e depois das intervenções silviculturais foram feitas usando o teste de Qui-quadrado com o nível de significância de 0.05. Os resultados mostraram que os ajustes da função Weibull em todos os tratamentos e em todos os períodos resultaram em boa aderência pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ($p \geq 0,05$). Todavia, na comparação do efeito dos tratamentos silviculturais, a testemunha (T0) sem qualquer intervenção, mostrou que não houve diferenças antes e depois das intervenções. Contudo, para o tratamento intermediário, com 25% de exploração e 50% de desbaste e tratamento (T11) caracterizada pela intervenção pesada com níveis de intervenção de 35% de exploração e 50% de desbastes, as diferenças das distribuições diamétricas foram observadas de acordo com os níveis antes e depois das intervenções. Quanto maior os níveis de intervenção, menor é o tempo necessário para a sua recuperação. Portanto, o tratamento (11) mostrou que a distribuição diamétrica antes das intervenções é estatisticamente não significativa comparada com a distribuição diamétrica depois das intervenções, o que indica que o tempo antes e depois das intervenções neste caso, de 1984 a 2011 foi suficiente para a recuperação da floresta em termos de estrutura.

Palavras-chave: Crescimento. exploração. prognose de produção.

ABSTRACT

Production prediction, based on probability distribution functions, is fundamental for the early definition of management strategies. These systems make it possible to predict forest growth and production. This work aimed to analyze the diameter distributions before and after logging, to understand if the forest after a certain period after logging can recover the initial diameter distribution. However, data from 40 permanent plots of one hectare of area with tree data above 20 cm of the DBH were used. Based on the treatments identified as superior, median and very poor in terms of volume productivity, the Weibull function of the diameter distribution in the years 1984, 1990 and 2011 was adjusted by applying the Table Curve statistical package, comparisons of the diameter distributions before and after the silvicultural interventions were made using the chi-square test. The results showed that the Weibull function adjustments in all treatments and in all periods obtained good adherence by the Kolmogorov-Smirnov test ($p > 0.05$). However, in comparing the effect of silvicultural treatments, the control treatment (0) without any intervention showed that there were no differences before and after the interventions. But for the median treatment with 25% exploration and 50% thinning and superior treatment with intervention levels of 35% exploitation and 50% thinning, differences in diameter distributions were observed according to the intervention levels before and after the interventions. The higher the intervention levels, the shorter the time required for their recovery, so treatment (11) showed that the diameter distribution before is statistically not significant compared to the diameter distribution after interventions, which means that the time before and after interventions in this case, 1984 to 2011 was sufficient for forest recovery.

Keyword: Growth. Exploration. production prognosis.

3.1 INTRODUÇÃO

Os modelos de crescimento e produção florestal são importantes para descrever a estrutura e o comportamento da floresta, assim como para realizar a prognose da produção. Esses modelos podem ser classificados em modelos em nível de povoamento, de classe diamétrica e de árvores individuais (SANQUETTA, 1996; ABREU et al., 2002; CASTRO et al., 2013).

A predição da produção, baseada em funções de distribuição, é fundamental para a definição antecipada de estratégias de manejo. Esses sistemas possibilitam prognosticar o crescimento e a produção florestal, inclusive dos múltiplos produtos da madeira (SCOLFORO et al., 1998).

A distribuição diamétrica é uma informação imprescindível e de fácil uso para caracterizar a estrutura de uma floresta. De um modo geral, o diâmetro possui uma correlação forte com outras variáveis importantes como, por exemplo, altura, volume, valor, custo de conversão e tipificação de produtos (STEPKA et al., 2011).

A distribuição diamétrica é um indicador da estrutura do estoque de crescimento e permite, com certa experiência, elaborar conclusões a respeito da estrutura da floresta (LOETSCH et al., 1973). Segundo Scolforo et al. (1998), uma série de distribuições como a SB, Weibull, Beta, Gamma, Log-normal, Normal e a SB bivariada podem ser utilizadas como base para o sistema de predição do crescimento e produção por classe diamétrica. Dependendo da distribuição, um ou mais métodos de ajuste pode ser considerado, como o método da máxima verossimilhança, o método dos momentos e o método dos percentis, dentre outros. A distribuição Weibull tem sido amplamente utilizada e sua popularidade se baseia na sua relativa simplicidade e flexibilidade (BAILEY; DELL, 1973). Deste modo, o trabalho propõe analisar a distribuição diamétrica antes e depois da exploração num intervalo de 27 anos, para verificar se existe diferenças na distribuição diamétrica entre estes dois períodos, ou seja, pretende-se analisar se a floresta consegue, após a exploração, recuperar a estrutura diamétrica depois dum determinado período de tempo. Portanto, este trabalho é de grande importância para a orientação de atribuições de licenças de exploração nas áreas exploradas pois, neste momento, quase que não se toma em consideração a recuperação da distribuição diamétrica na autorização para exploração das áreas que já receberam intervenções.

3.1.1 HIPÓTESE

A distribuição diamétrica da Floresta Nacional do Jari antes da exploração é igual à distribuição diamétrica 27 anos depois das intervenções silviculturais.

3.1.2 OBJETIVOS

3.1.2.1 Objetivo geral

O objetivo desta pesquisa foi analisar as distribuições diamétricas antes e depois da exploração florestal para entender se a floresta depois de um determinado período após a exploração consegue recuperar a distribuição diamétrica inicial, aplicando a função de densidade probabilística de Weibull, em um ensaio estabelecido na Floresta Tropical Amazônica.

3.1.2.2 Objetivos específicos

- Estruturar a distribuição diamétrica observada em cada período antes das intervenções silviculturais;
- Ajustar a distribuição diamétrica usando a função de Weibull nos períodos antes e depois das intervenções silviculturais;
- Identificar o tratamento mais produtivo, o intermediário e o menos produtivo em termos de produção em volume;
- Comparar as distribuições diamétricas entre períodos antes e depois das intervenções silviculturais.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Distribuição diamétrica

A distribuição diamétrica foi determinada para cada tratamento identificado e nos períodos 1984, 1990 e 2011 antes e depois da exploração, com base no método de Sturges apresentada na fórmula a seguir (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2003).

$$K = 1 + 3,322 \times \text{Ln}(N) \quad (3.1)$$

Em que: K = número de classes de diâmetro; N = número de indivíduos amostrados.

3.2.2 Ajuste da função de Weibull

A distribuição diamétrica estimada foi obtida usando o ajuste da função densidade de probabilidade a partir de dados coletados no ensaio nos intervalos de tempo antes e depois da exploração, nos períodos de 1984, 1990 e 2011.

Os ajustes da distribuição diamétrica foram realizados por máxima verossimilhança, através do método de regressão não linear no *software* Table Curve 2D V3.1.

A distribuição de Weibull 3P, utilizada neste trabalho, pode assumir várias formas, de acordo com seus coeficientes, e ajusta-se muito bem para os dados de florestas nativas e plantadas (WEIBULL, 1951).

$$f(X) = \frac{\gamma}{\beta} \left(\frac{d-\alpha}{\beta} \right)^{\gamma-1} e^{\left[-\left(\frac{d-\alpha}{\beta} \right)^{\gamma} \right]} \quad (3.2)$$

Em que: α - parâmetro de locação, no início da curva; β - parâmetro de escala da curva; γ - parâmetro de forma, que define o tipo de curva; d - diâmetro.

Os testes de aderências dos modelos foram feitos com base no teste de Kolmogorov-Smirnov, que considera a maior diferença entre duas distribuições, a observada e a estimada (VIALI, 2008).

$$D = \text{máximo} \left| \frac{F_{\text{obs}}(X) - F_{\text{est}}(X)}{n} \right| \quad (3.3)$$

Em que: $F_{\text{obs}}(X)$ e $F_{\text{est}}(X)$ - frequências acumuladas observada e estimada para cada classe, respectivamente, D - ponto de maior divergência, que é o valor D de K-S. O menor D entre distribuições, indicará o melhor ajuste (VIALI, 2008).

$$D_n(5\%) = \frac{1,36}{\sqrt{n}}$$

(3.4)

Em que: D_n - O valor tabelado em nível α de probabilidade para n árvores.

3.2.3 Comparação da distribuição diamétrica

Nessa comparação, foram utilizados dados das distribuições diamétricas estimadas, pois as frequências observadas na primeira ocasião e na segunda ocasião representam os efeitos experimentais. Ajustando a distribuição de Weibull

aos dados têm-se as frequências esperadas que representam um processo limite das frequências diamétricas, ou seja, as frequências esperadas representam a expectativa matemática das frequências na população amostrada. Comparar as frequências esperadas das duas distribuições ajustadas nas duas ocasiões é mais representativo das populações avaliadas nas duas ocasiões.

Os tratamentos a serem utilizados nesta análise foram identificados a partir da seleção dos tratamentos mais produtivo, intermediário e menos produtivo, termos de produção em volume. Depois do ajuste da função de Weibull, em cada tratamento identificado e em cada período antes e depois da exploração, neste caso 1984, 1990 e 2011, foi feita a comparação das distribuições estimadas antes e depois da exploração, utilizando o teste de Qui-quadrado a nível de 95% de probabilidade.

O teste de Qui-quadrado foi utilizado para comparar a distribuição de diversos acontecimentos em diferentes amostras, a fim de avaliar se as proporções observadas desses eventos mostram ou não diferenças significativas, ou se as amostras diferem significativamente quanto às proporções desses acontecimentos dada pela fórmula a seguir (VIALI, 2008).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(o - e)^2}{e} \quad (3.5)$$

Em que: χ^2 - teste de Qui-quadrado, o - frequência observada para cada classe, e - frequência esperada para aquela classe.

Para a tomada de decisão é necessário existir duas hipóteses, a nula (H0) – frequências observadas = frequências esperadas e a hipótese alternativa (H1) – as frequências observadas \neq frequências esperadas. A partir das duas estatísticas, nomeadamente o χ^2 calculado obtido diretamente dos dados das amostras e o χ^2 tabelado dependendo do número de graus de liberdade e do nível de significância adotado, estas são comparadas. Se o χ^2 calculado for maior ou igual a χ^2 tabelado rejeita-se a hipótese nula de que as frequências são iguais e aceita-se a hipótese alternativa.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Estatísticas de ajuste

Na Tabela 3.1 estão apresentadas as estatísticas de ajuste, como o coeficiente de determinação (R^2) e os parâmetros de ajustes, para os três tratamentos definidos em períodos de medição de 1984, 1990 e 2011. O coeficiente de determinação para todos os períodos em análise e para todos os tratamentos esteve acima de 0,99 o que significa um bom ajuste.

TABELA 3.1 - ESTATÍSTICA E PARÂMETROS DAS DISTRIBUIÇÕES DE WEIBULL 3P EM CADA GRUPO NOS PERÍODOS 1984, 1990 E 2011

Tratamento		Controle			25% Exploração + 50% desbaste			35% Exploração + 50% desbaste		
Ano		1984	1990	2011	1984	1990	2011	1984	1990	2011
Parâmetros	α	0,891	-2,161	-0,275	-1,318	-2,142	-2,987	-1,009	-2,080	-0,834
	β	0,255	0,890	0,426	0,415	0,860	1,490	0,232	0,783	0,280
	γ	0,499	0,787	0,596	0,580	0,768	1,024	0,517	0,783	0,541
	R^2_{aj}	0,998	1,000	0,997	1,000	1,000	0,995	0,997	0,997	0,997

Fonte: O autor (2019). Em que: T0, T07 e T11 – tratamentos 0, tratamento 07 e tratamento 11, α , β , γ – parâmetros, R^2_{aj} – coeficiente de determinação ajustado

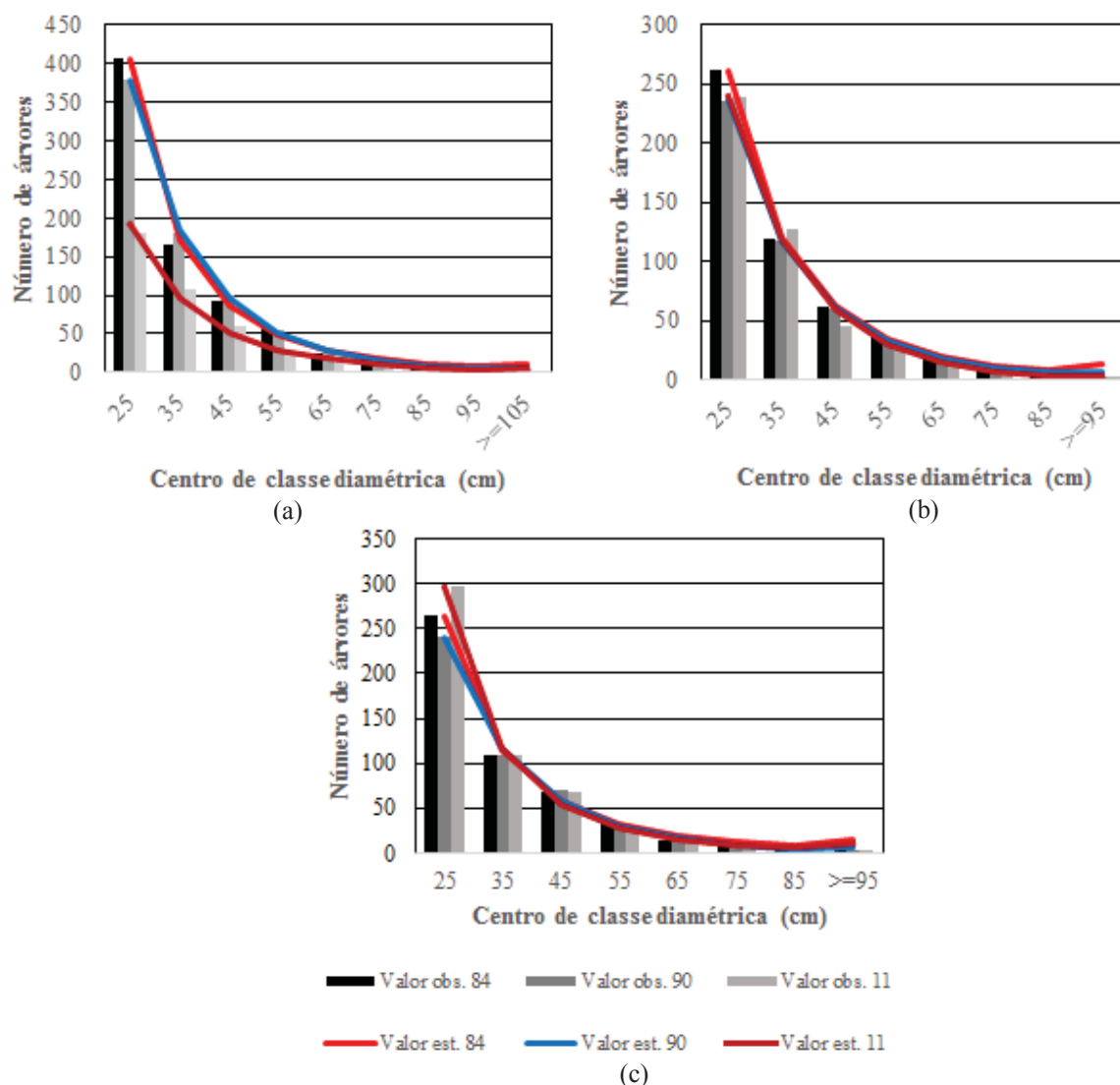
Os ajustes da função Weibull nos três tratamentos e nos períodos em análise, resultaram boa aderência pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ($p \geq 0,05$). Todavia, o teste K-S indicara que a função de Weibull, apresentou uma boa performance no ajuste de dados obtidos em cada tratamento e em cada período de medição (Tabela 3.2). Pode-se observar também com a análise gráfica que os valores estimados estão mais próximos dos valores observados o que comprova claramente a aderência da função de Weibull no ajuste da distribuição diamétrica antes e depois das intervenções silviculturais (FIGURA 3.1).

TABELA 3.2 - TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV DA FUNÇÃO AJUSTADA EM CADA TRATAMENTO NOS PERÍODOS 1984, 1990 E 2011

Tratamento		Controle			25% Exploração + 30% desbaste			25% Exploração + 50% desbaste		
ANO		1984	1990	2011	1984	1990	2011	1984	1990	2011
D. Calculado		0,017 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,019 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,016 ^{ns}	0,013 ^{ns}	0,018 ^{ns}
D. Crítico (5%)		0,0487	0,0487	0,0487	0,0487	0,0487	0,0487	0,0487	0,0487	0,0487

Fonte: O autor (2019). Em que: T0, T07 e T11 – tratamentos 0, tratamento 07 e tratamento 11, D – ponto de maior divergência e ns - Aderente pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, com a probabilidade de $\alpha = 0,05$.

FIGURA 3.1 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADA E O HISTOGRAMA DE FUNÇÃO WEIBULL 3P PARA OS 3 TRATAMENTOS NOS PERÍODOS DE 1984, 1990 E 2011



Fonte: O autor (2019).

Em que: a- gráfico do tratamento T0, b- gráfico do tratamento T7, c- gráfico do tratamento T11.

3.3.2 Distribuição diamétrica de valores observados e estimados

Na Tabela 3.3 estão apresentadas as frequências estimadas e observadas em cada tratamento e em cada período em análise. Nesta tabela pode-se observar que nas primeiras 3 classes de diâmetro no tratamento (T0) os valores estimados em 2011 são superiores aos valores estimados em 1984, o que aconteceu também com o tratamento (T11) nas primeiras 2 classes. No tratamento (T07) os valores estimados em 2011 são inferiores aos valores estimados no tratamento (T0).

TABELA 3.3 - FREQUÊNCIAS OBSERVADAS E ESTIMADAS POR TRATAMENTO T0, T07 e T11 NOS ANOS DE 1984, 1990 E 2011

Tratamento (T0)		Controle				
Ano	1984		1990		2011	
C. C (cm)	Freq. obser	Freq. esti	Freq. obser	Freq. esti	Freq. obser	Freq. esti
25	407	405,99	379	378,17	430	428,43
35	166	172,71	181	185,43	181	191,25
45	92	86,95	100	95,18	108	96
55	60	48,38	54	50,52	61	51,98
65	25	28,8	25	27,52	25	29,71
75	17	18,02	14	15,31	11	17,69
85	7	11,71	6	8,67	9	10,88
95	3	7,85	3	4,99	1	6,87
105	2	5,39	2	2,91	2	4,44
115	1	3,78	1	1,71	0	2,92
125	1	2,7	1	1,02	0	1,96
135	0	1,96	0	0,61	0	1,33

Tratamento (07)		25% Exploração + 50% Desbaste				
Ano	1984		1990		2011	
C. C (cm)	Freq. obser	Freq. esti	Freq. obser	Freq. esti	Freq. obser	Freq. esti
25	261	260,78	236	236,01	238	239,45
35	119	119,9	117	116,73	127	118,87
45	61	61,9	60	60,64	46	58,75
55	38	34,44	32	32,65	30	28,93
65	20	20,21	19	18,07	18	14,21
75	12	12,34	13	10,23	13	6,96
85	9	7,79	5	5,9	4	3,4
95	5	5,04	3	3,46	2	1,66
105	0	3,34	0	2,05	1	0,39
125	0	1,54	0	0,75	0	0,19
135	0	1,07	0	0,46	0	0,09

Tratamento (11)		35% Exploração + 50% Desbaste				
Ano	1984		1990		2011	
C. C (cm)	Freq. obser	Freq. esti	Freq. obser	Freq. esti	Freq. obser	Freq. esti
25	264	263,15	242	241,03	297	296,29
35	109	115,26	110	116,23	110	116,34
45	68	58,78	70	58,83	67	54,34
55	35	32,87	27	30,84	24	28,15
65	15	19,59	15	16,62	16	15,65
75	12	12,24	7	9,15	7	9,16
85	9	7,93	6	5,14	3	5,58
95	3	5,29	2	2,93	1	3,51
105	1	3,61	0	1,69	0	2,27
115	0	2,52	0	0,99	0	1,5
125	0	1,79	0	0,58	0	1,01
135	0	1,29	0	0,35	0	0,69

Fonte: O autor (2019). Em que: C. C (cm) – Centro de classe diamétrica em centímetros, T0, T07 e T11 – Tratamentos 0, 07 e 11, Freq. obser- Frequência observada, Freq. esti- Frequência estimada.

3.3.3 Comparação das estruturas diamétricas antes e depois da exploração usando o teste Qui-quadrado.

A comparação da distribuição diamétrica antes e depois da exploração, usando o teste de Qui – quadrado (χ^2), foi feita comparando os valores estimados em cada tratamento e em cada ano de 1984, 1990 e 2011 ao nível de probabilidade de $p= 0,05$.

O teste mostrou que existe influência dos tratamentos aplicados na distribuição diamétrica, isto é, no tratamento testemunha, onde não houve intervenções silviculturais, a distribuição diamétrica é homogênea tanto no período de 6 anos após a exploração como no período de 27 anos após o acréscimo de desbastes. No que se refere ao tratamento mediano (07), com níveis de 25% de exploração e 50% de desbastes, no primeiro período de seis anos após o estabelecimento, com a exploração efetuada em 1985, não foi verificada a diferença significativa da distribuição diamétrica mas, no período de 27 anos após o estabelecimento do ensaio, os níveis das intervenções silviculturais foram de tal maneira que o tempo ainda não foi suficiente para a recuperação da floresta, o mesmo aconteceu com o tratamento (T11), neste caso, o melhor em termos de produção de volume. Portanto, o nível das intervenções foi mais acentuado em relação ao tratamento 07, o que significa que a floresta precisa de mais tempo para a sua recuperação, portanto, a diferença da distribuição diamétrica é não significativa entre o período de 1984 - 1990.

O melhor tratamento (T11) com níveis de exploração de 35% e de desbastes de 50% o tempo de 27 anos mostrou-se suficiente para a recuperação da floresta o que significa que a distribuição diamétrica de 1984 é igual a distribuição diamétrica observada 27 anos depois (TABELA 3.4).

TABELA 3.4 - COMPARAÇÃO DA ESTRUTURA DIAMÉTRICA NOS PERÍODOS ANTES E DEPOIS DA EXPLORAÇÃO USANDO O TESTE DE QUI-QUADRADO

Períodos	χ^2 calculado	χ^2 crítico (5%)	Decisão
Trat0 84-90	17,340	21,026	ns
Trat0 84-11	5,348	21,026	ns
Trat07 84-90	13,200	19,675	ns
Trat07 84-11	86,469	16,919	*
Trat11 84-90	21,684	19,675	*
Trat11 84-11	11,379	19,675	ns

Fonte: O autor (2019). Em que: ns - indica não significativa a 95% de probabilidade, * - significativa a 95% de probabilidade, T₀ 84-90 - tratamento no período 1984 a 1990 - T₀ 84-11 - tratamento no período 1984 a 2011, T₀₇ 84-90 - tratamento no período 1984 a 1990, T₀₇ 84-90 - tratamento no período 1984 a 2011, T₁₁ 84-90 - tratamento no período 1984 a 1990, T₁₁ 84-90 - tratamento no período 1984 a 2011.

3.4 DISCUSSÃO

A função de Weibull é amplamente utilizada e destacada com ênfase na área florestal por ser uma função simples, flexível e com maior correlação dos seus parâmetros com variáveis dendrométricas importantes dos povoamentos (BAILEY; DELL, 1973); (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008). Esta distribuição foi aplicada aos dados amostrais da Floresta Ombrófila Densa e o ajuste foi considerado muito bom, representando bem a distribuição diamétrica. Vários autores tiveram bons resultados com o uso da função de Weibull no ajuste da distribuição diamétrica como, por exemplo, Silva (2012) e Binoti et al. (2014), que obtiveram nos seus trabalhos a FDP de Weibull como a mais adequada para a projeção da distribuição diamétrica em plantações florestais de espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*.

O teste de aderência Kolmogorov-Smirnov é bastante utilizado na área florestal, principalmente em estudos de comparação de modelos de distribuição e produção de povoamentos florestais em geral, podendo citar GOMIDE et al., (2009), JUNIOR et al. (2010), STEPKA et al. (2011), EBLING et al. (2014), e SANTOS et al. (2015). Nesse trabalho este teste foi aplicado ao ajuste da distribuição diamétrica, ou seja, a diferença revelou aderência dos dados. Este é um teste não paramétrico e uma das vantagens de utilizá-lo é que estes são menos exigentes do que os outros, dispensando a normalidade dos dados, além disso, eles independem da forma da população da qual a amostra foi obtida e, por último, eles são de mais fácil aplicação e exigem menor volume de cálculos (VIALI, 2008).

Analizando a distribuição diamétrica estimada nos períodos 1984 para 2011, nota-se claramente que as primeiras classes diamétricas apresentam maior número de árvores no ano de 2011 em relação ao período de 1984, para o tratamento (T0) e para o tratamento (T11), onde, a partir de determinadas classes diamétricas seguintes, o número de árvores da distribuição diamétrica estimada de 2011 passa a mostrar menor número de árvores comparativamente às frequências da distribuição diamétrica de 1984. Isto mostra que as intervenções feitas ao longo do ensaio criaram condições suficientes para o aparecimento de nova regeneração natural. Portanto, é por esse motivo que as primeiras classes diamétricas 27 anos depois apresentam maior número de árvores e as classes seguintes apresentam menor número de árvores nas classes superiores. Os resultados idênticos foram encontrados por Reis et al. (1994) no seu estudo sobre a Dinâmica da distribuição diamétrica de algumas espécies de Sapotaceae após exploração florestal na Amazônia Oriental, onde concluiu que as espécies não exploradas apresentaram acréscimo da densidade após a exploração florestal, principalmente nas classes de diâmetros menores. No caso do tratamento (T07), no qual os valores estimados de 2011 são inferiores aos valores estimados de 1984, a floresta ainda está em desenvolvimento.

A homogeneidade da estrutura diamétrica observada nos tratamentos T07 e T11, antes e depois da exploração, concorda com o resultado encontrado por Bezerra et al. (2018), em cujo trabalho sobre a estrutura e dinâmica de uma área manejada na Floresta Nacional do Tapajós, observou que a extração de madeira não afetou a distribuição e que a floresta manteve a sua estrutura original no período de 3 anos.

No que se refere ao resultado encontrado neste trabalho sobre as diferenças significativas da distribuição diamétrica antes e depois das intervenções silviculturais, isso deve-se ao tempo de recuperação que ainda não é suficiente para o nível de intervenção efetuado. Estes resultados foram encontrados por Schikowski (2016), pelo qual, existe diferenças significativas entre as distribuições nos períodos subsequentes às intervenções silviculturais comprovando deste modo que a população amostrada se encontra em desenvolvimento. Machado (2006), no seu trabalho sobre a dinâmica da distribuição diamétrica de bracatingais na região metropolitana de Curitiba, mostrou que, analisando-se o fator idade, existem diferenças significativas entre valores das frequências das curvas do mesmo grupo e

estão de acordo com os resultados obtidos neste trabalho, isto é, existe diferenças significativas segundo o teste de Qui-quadrado aplicado ao nível de 95% probabilidade.

3.4.1 Importância teórica e prática do trabalho

A estrutura diamétrica é também denominada de distribuição diamétrica ou distribuição dos diâmetros. Define-se distribuição diamétrica como sendo a distribuição do número de árvores por hectare (N/ha) ou densidade absoluta (DA) da comunidade florestal por classe de diâmetro (DAP).

A estrutura diamétrica da espécie é a distribuição do número de árvores por hectare, por espécie e por classe de DAP. Para analisar a distribuição diamétrica, as árvores com DAP igual ou maior que o nível de inclusão de DAP são classificadas e contabilizadas em classes de DAP, com uma determinada amplitude.

A distribuição diamétrica serve para caracterizar tipologias vegetais (formações florestais, formações campestres etc.), estágios sucessionais (inicial, médio, secundário avançado e primário ou clímax), estados de conservação, regimes de manejo, processos de dinâmicas de crescimento e produção, grupos ecológicos de espécies (pioneira, secundária inicial, secundária tardia e clímax), grupos de usos (comercial, potencial, outros) e, enfim, é utilizada como guias de corte e, sobretudo, como verificador de sustentabilidade ambiental de manejo.

Segundo Meyer (1933), a floresta balanceada é aquela onde o número de árvores em sucessivas classes diamétricas decresce numa progressão geométrica constante, isto é, a razão (q) ou Quociente de Liocourt (q) é constante.

Como exemplos de floresta balanceada menciona-se: as florestas virgens e as bem manejadas; extensas áreas com cobertura florestal que apresentam progressivamente quantidades de madeira fina maiores do que madeiras intermediárias e estas, por sua vez, quantidades maiores do que as madeiras grossas; e combinação de povoamentos equiâneos totalmente regulados e de iguais áreas. Ressalta-se que nem toda distribuição diamétrica em “J-invertido” decresce numa progressão geométrica constante. Estrutura diamétrica balanceada é mais uma exceção do que uma regra. Contudo, é um conceito muito utilizado em manejo de florestas naturais inequiâneas, principalmente como um guia de corte seletivo. A distribuição diamétrica de uma floresta inequiânea ou multiânea, que é a distribuição do número de árvores por hectare (Y_j) por classe de diâmetro (X_j), segue uma curva

decrecente na forma de um “J-invertido”, cuja equação pode ser obtida a partir do ajuste e seleção de modelos de distribuição de diâmetros.

A filosofia principal do manejo sustentável de florestas naturais multiâneas, preceitua que haja uma distribuição diamétrica balanceada das árvores do estoque em crescimento que assegure a continuidade de ciclos de colheitas econômico e ecologicamente exequíveis e que mantenha a capacidade de sustentação das produções futuras, como também a renovação do recurso florestal. Por outro lado, do ponto de vista de sustentabilidade ambiental, é perfeitamente viável planejar, obter e sustentar uma estrutura diamétrica que tenha, progressivamente, maior número de árvores nas menores classes de diâmetro para repor as saídas decorrentes de mortalidade e de cortes de colheita e tratamentos silviculturais.

3.5 CONCLUSÕES

As intervenções silviculturais influenciam no tempo de recuperação da estrutura diamétrica, quanto maior a intervenção menor é o tempo necessário para a sua recuperação, isto é, o tempo de recuperação depende dos níveis de intervenção.

No tratamento testemunha T0, onde não houve intervenções, a diferença da distribuição diamétrica foi não significativa entre os períodos antes e depois dos tratamentos silviculturais 1984 a 2011, isto é, não foi alterada a estrutura entre os períodos.

Para o tratamento mediano (07), no qual foi realizada a intervenção de 25% de exploração e 50% de desbastes, as distribuições diamétricas foram heterogêneas, isto é, as diferenças foram significativas no período mais longo de 1984 a 2011. Isso mostra claramente que o nível de intervenção observado afetou significativamente a distribuição diamétrica, ou seja, a floresta precisa de mais tempo para a sua recuperação, ou ainda, o nível de intervenção não propiciou o crescimento suficiente para recuperar a sua estrutura diamétrica.

Para o nível de intervenção no tratamento (11), com 35% de exploração e 50% de desbastes, a diferença da distribuição diamétrica foi não significativa, isto é, a floresta teve o tempo suficiente para a recuperação da sua distribuição diamétrica, devido ao maior espaço providenciado pelas intervenções silviculturais na floresta para a regeneração natural.

REFERÊNCIAS

- ABREU, E.C.R.; SCOLFORO, J.R.S.; OLIVEIRA, A.D.; MELLO, J.M.; KANEGAE JÚNIOR, H. Modelagem para prognose precoce do volume por classe diamétrica para *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 61, p. 86-102, 2002.
- BAILEY, R.; DELL, T. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. **Forest Science**, Oxford, v. 19, n. 2. p. 97-104, 1973.
- BEZERRA, T. G.; LIMA, A. O. DE S.; ARAÚJO, J. T. R. de; SANTOS, M. G. S.; NEVES, R. L. P.; MORAES, L. O. M.; MELO, L. de O. Estrutura e dinâmica de uma área manejada na floresta nacional do tapajós, **Agroecossistemas**, Pará, v. 10, n. 2, p. 94 – 112, 2018.
- BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. da S.; LEITE, H. G. Projeção da distribuição diamétrica de povoamentos equiâneos utilizando a função Nakagami e Weibull. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 5, n. 2, p.103-110, 2014.
- CASTRO, R.V.O.; SOARES, C.P.B.; MARTINS, F.B.; LEITE, H.G. Crescimento e produção de plantios comerciais de eucalipto estimados por duas categorias de modelos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, p. 287-295, Brasília, 2013.
- EBLING, A. A.; PELISSARI, A. L.; ABRAO, S. F.; BAMBERG, R. Prognose da estrutura diamétrica de remanescente de floresta com Araucária utilizando a função densidade de probabilidade Weibull. **Revista Agro@mbiente On-line**, Roraima, v. 8, p. 112-118. 2014.
- GOMIDE, L. R; SCOLFORO, J. R. S; OLIVEIRA, A. D. Análise das estruturas diamétrica e hipsométrica de fragmentos florestais localizados na bacia do rio São Francisco, em Minas Gerais, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 2. p. 239-251,. 2009.
- JUNIOR, C.A.A; NOGUEIRA, G. S; OLIVEIRA, M. L. R. DE, MIRANDA, R. O. V DE; CASTRO, R. V. O; PELLI, E. Projeção da distribuição diamétrica de povoamentos de eucalipto em diferentes amplitudes de classe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 11, p. 1275-1281, 2010.
- LOETSCH, F.; ZOEHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Munchen: BVL, v.2, 1973.
- MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba: Editado pelos autores, 1 ed. 2003.
- MEYER, W. H. Approach of abnormally stocked forest stands of Douglas fir to normal condition. **Journal of Forestry**, Oxford, v. 31, p. 400–406, 1933.
- REIS, L. P.; RUSCHEL, A. R.; SILVA, J. N. M.; REIS, P. C. M. dos; CARVALHO, J. O. P.; SOARES, M. H. M. Dinâmica da distribuição diamétrica de algumas espécies de Sapotaceae após exploração florestal na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias** v. 57, n. 3, p. 234-243, 2014.

SANQUETTA, C.R. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal**. Curitiba: FUPEF, 1996.

SANTOS, R. O.; LIMA, R. B. DE; ABREU, J.C. DE; APARÍCIO, P. DA S.; OLIVEIRA, C. P. Modelagem da distribuição em altura de *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A Mori em uma Floresta Ombrófila Densa, Amapá, Brasil. **CONTECC**. 4 p, 2015.

SCHIKOWSKI, A. B; MARTINS, A. P. M.; SCHIAVO, B. N. De V.; STANG, M. B.; Ana Paula Dalla CORTE, A. P. D.; NETTO, S. P. N.; SANQUETTA, C. R. Dinâmica da distribuição diamétrica de *Araucaria angustifolia* em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista no Paraná. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 34, n. 1, p. 163-182. Lavras, 2016.

SCHNEIDER, P.R.; SCHNEIDER, P.S.P. **Introdução ao manejo florestal**. 2.ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 566 p, 2008.

SCOLFORO, J. R. S; THIERSCHI, A. Estimativas e testes da distribuição de frequência diamétrica para *Eucalyptus camaldulensis*, através da distribuição Sb, por diferentes métodos de ajuste. **Scientia Forestalis**, n. 54. p. 93-106, Piracicaba 1998.

SILVA, F. Modelagem pré-colheita da estrutura diamétrica de plantios de *Pinus* spp. por meio de distribuições probabilísticas. **Floresta**, v. 42, n. 2, p. 381-390. Curitiba, 2012.

STEPKA, T. F; LISBOA, G. dos S; KURCHAIT, S. M. Funções densidade de probabilidade para a estimativa da distribuição diamétrica em povoamento de *Eucalyptus* sp. na região centro sul do Paraná. **Ambiência**. PR, v. 7, n. 3, p. 429-439. Guarapuava, 2011.

VIALI, L. **Testes de hipóteses não paramétricos**. UFRGS. 43 p, 2008.

WEIBULL, W. A statistical distribution function of wide applicability. **Journal of Applied Mechanics**, Stockholm, v.18, p. 293-297, 1951.

**CAPÍTULO 4 - DINÂMICA DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE UMA FLORESTA
TROPICAL AMAZÔNICA SUBMETIDA À EXPLORAÇÃO**

RESUMO

Este trabalho teve como hipótese verificar se a Floresta Amazônica do município de Vitória do Jari tem a capacidade de recuperação da distribuição diamétrica quando submetida a intervenções silviculturais. Em adição, objetivou-se avaliar as respostas das variáveis dendrométricas da Floresta Tropical Amazônica submetida aos tratamentos silviculturais, visando propor o manejo sustentável. Para tal, a partir dos dados obtidos nos períodos de 1996 e 2004 foi projetada a distribuição diamétrica usando a matriz de transição para 2012, com finalidades de comparar as frequências observadas em 2011 e as projetadas para 2012 nos tratamentos controle T0 (0% de exploração e 0% de desbastes), T07 (25% de exploração e 50% de desbastes) e T11 (35% de exploração e 50% de desbastes). Foi analisada também a mortalidade observada em cada tratamento e finalmente foi projetada a área basal, volume e biomassa para os anos de 2004 e 2012 a partir das frequências diamétricas projetadas por meio da matriz de transição. Os resultados da projeção mostraram que os tratamentos silviculturais influenciaram na melhoria de crescimento das árvores pois, as probabilidades de permanência, por exemplo, na classe de 20-30 cm diminuíram comparando o tratamento testemunha e os tratamentos T7 e T11. Neste caso, comparando as frequências observadas em 2011 e as projetadas para 2012, o teste de Qui-quadrado ($p \geq 0,05$) aplicado, mostrou que entre os valores observados e projetados no tratamento T0 não existe diferenças estatisticamente significante ao passo que nos tratamentos T7 e T11 verificou-se heterogeneidade entre as frequências. As taxas de mortalidade observadas nos tratamentos T0, T7 e T11 em oito anos foram de 16,2791, 34,4498 e 38,4615, o que significa que os tratamentos silviculturais influenciaram também nas taxas de mortalidade. A projeção da distribuição diamétrica, utilizando a matriz de transição apresentou valores satisfatórios, tanto para a projeção da área basal, como para a biomassa, considerando que no tratamento testemunha os valores observados estão próximos dos valores projetados. Desse modo, a Floresta Amazônica do município de Vitória do Jari possui alta capacidade de recuperação após tratamentos silviculturais.

Palavras-chave: Frequências de número de árvores. Mortalidade. projeção da distribuição diamétrica.

ABSTRACT

The Amazon rainforest in Brazil has a high diversity of fauna and flora species with about 750 tree species in an area of one hectare. Despite this potential, little or no concern for sustainability for future generations, forest management and forestry techniques are rarely used. This work had as hypothesis to verify if the Amazonian forest of the municipality of Vitória do Jari is able to recover the diameter distribution when submitted to silvicultural interventions. In addition, the objective was to evaluate the responses of dendrometric variables of the Amazon rainforest submitted to silvicultural treatments, aiming to propose sustainable management. For this, from the data obtained in the periods 1996 and 2004, the diameter distribution was projected using the transition matrix for 2012 with the purpose of comparing the frequencies observed in 2011 and the projected frequencies for 2012 in treatments T0, T7 and T11. The mortality observed in each treatment was also analyzed and the basal area, volume and biomass for the years 2004 and 2012 were projected from the projected diametric frequencies through the transition matrix. The projection results showed that silvicultural treatments influenced the improvement of tree growth, since the probabilities of permanence, for example, in the 20-30 cm class, decreased comparing the control treatment and the T7 and T11 treatments. In this case, comparing the frequencies observed in 2011 and those projected for 2012, the Chi-square test applied showed that between the observed and projected values in the T0 treatment there are no statistically significant differences, whereas in the T7 and T11 treatments occurred heterogeneity between frequencies. The mortality rates observed in treatments T0, T7 and T11 at eight years were 16,2791, 34,4498 and 38,4615 which means that silvicultural treatments also influenced mortality rates. The projection of the diameter distribution using the transition matrix presented satisfactory values for both basal area and biomass projections, considering that in the control treatment the observed values are close to the projected values. Thus, the Amazonian Forest of Vitória do Jari has a high recovery capacity after silvicultural treatments.

Keywords: Tree number frequencies. Mortality. diameter distribution projection.

4.1 INTRODUÇÃO

A Floresta Amazônica no Brasil possui uma alta diversidade de espécies de flora com cerca de 750 espécies de árvores em uma área de um hectare. Apesar deste potencial, as florestas nativas historicamente são exploradas de forma desordenada e com pouco ou nenhuma preocupação com a sustentabilidade para as gerações futuras e são pouco utilizadas as técnicas de manejo florestal e de silvicultura (STEPKA, 2008). Todavia, as florestas nativas constituem um ecossistema complexo, cujo equilíbrio pode ser facilmente alterado por perturbações naturais e/ou antropogênicas.

A aplicação de técnicas de manejo visando a proteção e conservação das suas características naturais, é de extrema importância para a sua continuidade e conservação. A sua utilização, continua e racional, passa necessariamente pela qualidade na tomada de decisões de manejo, em que dentre os vários fatores a serem avaliados, tais como, a dinâmica de crescimento, regeneração natural e sua estrutura (horizontal e vertical), a projeção da estrutura diamétrica torna-se uma importante ferramenta (WOYCIKIEWICZ, 2017).

A avaliação do crescimento florestal é uma tarefa importante para o manejo florestal, sobretudo quando se pretende avaliar o crescimento de volume e área basal do povoamento. Estes parâmetros podem ser convenientemente calculados a partir do número de árvores em cada classe diamétrica e podem ser estimados também pela mudança na frequência de indivíduos que resulta da mudança no número de árvores de uma classe de diâmetro para outra, e através da mortalidade e do recrutamento. Este procedimento é conhecido como matriz de transição. O uso desta técnica é uma alternativa para os estudos de crescimento de florestas naturais, uma vez que, contrariamente dos modelos clássicos usados em plantações florestais, este não se apoia em variáveis de difícil acesso tais como idade e índice de sítio (SANQUETTA, 1996).

Este capítulo visa verificar se existe diferenças significativas entre a distribuição diamétrica projetada a partir da matriz de transição e a distribuição diamétrica observada depois das intervenções silviculturais de modo a auxiliar as decisões de manejo para a sua sustentabilidade.

4.1.1 HIPÓTESE

- A Floresta Amazônica do município de Vitória do Jari tem alta capacidade de recuperação da distribuição diamétrica quando submetida a intervenções silviculturais.

4.1.2 OBJETIVOS

4.1.2.1 Objetivo geral

- Avaliar as respostas das variáveis dendrométricas de uma floresta tropical amazônica submetida a tratamentos silviculturais, visando propor o manejo sustentável.

4.1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar a distribuição diamétrica, área basal, volume e biomassa observada de floresta Amazônia 27 anos depois da exploração;
- Determinar as probabilidades de transição de mortalidade, recrutamento e de número de árvores por hectare de cada classe diamétrica;
- Simular e projetar a distribuição diamétrica da Floresta Amazônica do município de Vitória do Jari, depois das intervenções silviculturais;
- Comparar as variáveis dendrométricas observada e projetadas depois das intervenções silviculturais de modo a analisar a recuperação da floresta após os tratamentos silviculturais;
- Analisar a mortalidade observada em cada tratamento;
- Projetar a área basal, volume e biomassa.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Obtenção das variáveis dendrométricas

Para mais detalhes, a determinação das variáveis dendrométricas tais como a distribuição diamétrica, área basal, volume e biomassa já foram explicadas no Capítulo 2, Seção 2.3 deste trabalho.

4.2.2 Determinação das probabilidades de transição

As probabilidades de transição são determinadas com base na construção da matriz de transição, na qual em cada classe de diâmetro é calculada a probabilidade

das árvores permanecer na mesma classe, a probabilidade das árvores transitar de uma ou mais classes e a probabilidade das árvores mortas.

4.2.2.1 Matriz de transição

A matriz de transição é um método de simulação que considera as frequências diamétricas no ano de início da simulação (Y_t) na forma de vetor, que multiplicado por uma matriz de probabilidades de transição entre classe diamétricas (G) permite obter as frequências diamétricas do ano final ($Y_{t+\Delta t}$). O recrutamento é considerado também como um vetor (I_t), que é adicionado ao produto vetor-matriz descrito. A mortalidade foi considerada um vetor incluído na matriz G nas últimas linhas e colunas. (ARCE, 1998).

Em álgebra matricial, o processo de simulação para um período ($t \rightarrow t + 1$), com mortalidade incluída na matriz de transição, pode ser resumido fórmula a seguir (SANQUETTA, 1996).

$$Y_{t+\Delta t} = G \times Y_t + I_t \quad (4.1)$$

Em que: $Y_{t+\Delta t}$ = Vetor com número de árvores projetadas (ha)

G = Matriz de probabilidade de transição por classe diamétrica

Y_t = Vetor de frequência da classe de diâmetro (ha)

I_t = Vetor do recrutamento (ha)

Para que o produto seja factível, a matriz G deve ser quadrada (número de linhas = número de colunas).

Os vetores de frequências observadas (Y_t) e de recrutamento (I_t) representam unidades físicas (árvores) por classes de diâmetro presentes no início da simulação e recrutadas durante o período $t + \Delta t$, respectivamente.

A probabilidade de transição de cada período de projeção foi obtida da matriz de transição G , segundo Sanquetta (1996), cujos elementos estão descritos a seguir:

$$G = \begin{bmatrix} Pa_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ Pb_2 & Pa_2 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ Pc_3 & Pb_3 & Pa_3 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & Pc_4 & Pb_4 & Pa_4 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & Pc_5 & Pb_5 & Pa_5 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & Pc_n & Pb_n & Pa_n \\ Pm_n & Pm_n & Pm_n & Pm_n & Pm_n & \dots & Pm_n \end{bmatrix}$$

Em que:

Pa_i = probabilidade das árvores da classe i ficarem na classe i durante $(t \rightarrow t + 1)$;

Pb_i = probabilidade das árvores da classe i avançarem para a classe $i + 1$ ($t \rightarrow t + 1$);

Pc_i = probabilidade das árvores da classe i avançarem para a classe $i + 2$ ($t \rightarrow t + 1$);

Pm_i = probabilidade das árvores da classe i morrerem durante o período $(t \rightarrow t + 1)$;

i = número da classe diamétrica, variando de 1 até n (última classe).

As probabilidades de transição são obtidas da seguinte forma.

$$Pa_1 = \frac{\text{probabilidade das árvores da classe } i \text{ ficarem na classe } i \text{ durante o período } K}{\text{número de árvores da classe de diâmetro } i \text{ no início do período}}$$

$$Pa_2 = \frac{\text{probabilidade das árvores da classe } i \text{ ficarem na classe } i + 1 \text{ durante o período } K}{\text{número de árvores da classe de diâmetro } i \text{ no início do período}}$$

$$Pa_3 = \frac{\text{probabilidade das árvores da classe } i \text{ ficarem na classe } i + 2 \text{ durante o período } K}{\text{número de árvores da classe de diâmetro } i \text{ no início do período}}$$

A probabilidade de mortalidade é definida pela fórmula a seguir (SANQUETTA, 1996).

$$Pm_n = 1 - Pm_1 - Pm_2 - Pm_3 \quad (4.2)$$

No modelo matricial de transição, para efetivar a prognose da estrutura da floresta, tem-se o volume inicial da floresta, no momento “ t ” (presente) que se conhece, e o volume a ser prognosticado num momento temporal “ $t+p$ ” (futuro). Conforme demonstrado por Sanquetta *et al.* (1996), para se obter a prognose volumétrica é necessário efetuar a prognose do número de árvores, a qual é dada por:

$$N_{t+p} = T_p \times N_t + R_p \quad (4.3)$$

Em que:

N_{t+p} = vetor do número de árvores em classes diamétricas no ano “t+p”;

N_t = vetor do número de árvores em classes diamétricas no ano “t”;

T_p = matriz probabilística de transição da floresta para o período “p”;

R_p = vetor de recrutamento (ingresso) na floresta durante o período “p”.

4.2.3 Simulação e projeção da distribuição diamétrica, área basal, volume e biomassa

No total foram feitas 3 projeções, na primeira projeção foram utilizados dados do melhor tratamento em termos de produção em volume (Tratamento 11), na segunda projeção foram utilizados dados do tratamento mediano em termos de produção em volume (Tratamento 7) e na terceira projeção foram usados dados do tratamento com péssima produção de volume (Tratamento 0). Estes níveis de produção de volume foram obtidos na análise de variância aplicada no capítulo 2.3.2. referente a análise do efeito dos tratamentos silviculturais, utilizando dados das medições de 1996 e 2004, neste caso num intervalo de 8 anos, projetando deste modo para o ano de 2012 utilizando o software BMI SPSS ver 20.

Para além da distribuição diamétrica foram projetadas também a área basal, volume e biomassa. O número de árvores obtido nos anos de projeção foi fundamental para a projeção da área basal volume e biomassa. A área basal e biomassa foi projetada para cada período em cada classe de diâmetro, multiplicando o número de árvores de cada classe com o diâmetro médio com a área basal e biomassa respectivamente. Para o volume foram utilizadas as equações desenvolvidas por Nascimento (2006), valendo-se do diâmetro médio, da altura e do número de árvores observadas em cada classe de diâmetro.

4.2.4 Comparação das variáveis dendrométricas

As distribuições diamétricas projetadas para 2012 foram comparadas com os dados observados no ano de 2011, tendo em conta que a última medição deste ensaio foi efetuada no ano de 2011. Esta comparação foi feita para os tratamentos T0, T7 e T11, utilizando o teste estatístico de Qui-quadrado a 5% de significância, para verificar a eficiência das projeções de frequência por classe e analisar a

recuperação da floresta após os tratamentos silviculturais com base na equação a seguir (VIALI, 2008).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(o - e)^2}{e} \quad (4.4)$$

Em que: χ^2 - teste de Qui-quadrado, o - frequência observada para cada classe, e - frequência esperada para aquela classe.

4.2.5 Análise da mortalidade observada em cada tratamento

A mortalidade observada foi comparada entre os tratamentos utilizando o teste de Kolmogorov-Smirnov a 95% de probabilidade (VIALI, 2008).

$$D = \text{máximo} \left| \frac{F_{\text{obs}}(X) - F_{\text{est}}(X)}{n} \right| \quad (4.5)$$

Em que: $F_{\text{obs}}(X)$ e $F_{\text{est}}(X)$ - frequência acumulada observada e estimada para cada classe, respectivamente, D - ponto de maior divergência, que é o valor D de K-S. O menor D entre distribuições, indicará o melhor ajuste (VIALI, 2008).

$$D_n(5\%) = \frac{1,36}{\sqrt{n}} \quad (4.6)$$

Em que: D_n - O valor tabelado em nível de 95% de probabilidade para n indivíduos, n - número total de árvores.

A mortalidade foi determinada para cada projeção, isto é, a frequência da mortalidade foi calculada para cada classe de diâmetro. As taxas de mortalidade foram calculadas segundo a fórmula descrita abaixo e finalmente foram comparadas entre si as mortalidades das projeções do tratamento T0, T7 e T11, com base no teste de Qui-quadrado a 95% de probabilidade (MACHADO et al., 2017).

$$R = \frac{N_t}{N_t - T_r} \times 100 \quad (4.7)$$

Em que: R - taxa de mortalidade, N - número de árvores mortas dentro do período, N_t - número de indivíduos dentro do período, T_r - número de indivíduos recrutados

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Projeções da distribuição diamétrica

Com base nas medições de 1996 e 2004 foram feitas as projeções para 2012 para os tratamentos T0, T7 e T11, para a comparação com os dados observados.

4.3.1.1 Projeção de 1996 a 2004 do tratamento T0

A partir dos dados obtidos nas medições de t (1996) e $t+1$ (2004), para o tratamento T0, montou-se a matriz p_{ij} de frequência de transição entre as classes diamétricas, em números absolutos, de um estado para o outro (Tabela 4.1). Projetou-se para $t+2$ (2004) e $t+3$ (2012) adicionando um valor médio de recrutamentos na primeira classe, correspondente a 106 indivíduos ingressantes ao sistema.

Em 1996 foram levantados 794 indivíduos e em 2004 esse número passou para 788 indivíduos. Percebe-se que o estado de recrutamento (106 árvores) que entrou no sistema foi bem inferior comparativamente com a saída dos mesmos (112 árvores), ou seja, o estado de mortalidade supera o valor da entrada dos ingressantes, significando que ocorreram altos impactos naturais. Desta forma, pode-se identificar ainda uma tendência em relação à mortalidade e as classes de diâmetro, pois à medida que aumenta a classe diamétrica, a probabilidade de uma árvore morrer diminui, já que na classe inicial é onde ocorre intensa competição entre os indivíduos em busca de nutrientes, luz e espaço.

TABELA 4.1 - TRANSIÇÃO DO NÚMERO DE ÁRVORES EM CADA CLASSE DIAMÉTRICA EM DAP (cm), DURANTE O PERÍODO DE 1996 – 2012 PARA O TRATAMENTO T0

C.D (cm)	20 - 30	30- 40	40- 50	50- 60	60- 70	70- 80	80- 90	90- 100	100- 110	110- 120	120- 130	130- 140	Total
20 -30	285												285
30-40	32	137											169
40-50	1	35	65										101
50-60			14	43									57
60-70			1	8	30								39
70-80				1	1	8							10
80-90						4	8						12
90-100							0	5					5
100-110								0	2				2
110-120									0	1			1
120-130										0	0		0
130-140											0	1	1
Mortalidade	52	22	20	9	2	3	1	0	1	1	1	0	112

Fonte: O autor (2019). Em que: C.D – Classe diamétrica.

Na Tabela 4.2 está apresentada a matriz de transição que mostra a probabilidade de uma árvore permanecer ou transitar para uma ou mais classes diamétricas imediatamente superior ou sair do sistema por meio da mortalidade. Por exemplo, na classe diamétrica 20-30cm, a probabilidade de árvores permanecer na mesma classe é dada por $285/370=0,770$, que corresponde a 77%, isto é, 77% das árvores desta classe não apresentaram crescimento suficiente para transitar de uma classe para outra. Portanto, a probabilidade de transitar uma classe é dada por $32/370=0,086$ que corresponde a 8,6% e a probabilidade de transitar duas classes é de $1/370=0,003$, que significa 0,3% e a probabilidade de morrer é dada por $52/370=0,141$, o correspondente a 14,1%.

TABELA 4.2 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE PROBABILIDADE DE UM ESTADO PARA O OUTRO NO PERÍODO 1996-2004 NO TRATAMENTO T0

C.D (cm)	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	120-130	130-140
20-30	0,770											
30-40	0,086	0,706										
40-50	0,003	0,180	0,650									
50-60			0,140	0,705								
60-70			0,010	0,131	0,909							
70-80				0,016	0,030	0,533						
80-90						0,267	0,889					
90-100							0,000	0,750				
100-110								0,000	0,750			
110-120									0,000	0,750		
120-130										0,000	0,750	
130-140											0,000	1,000
Mortalidade	0,141	0,113	0,200	0,148	0,061	0,200	0,111	0,250	0,250	0,250	0,200	0,200

Fonte: O autor (2019). Em que: C.D – Classe diamétrica.

4.3.1.2 Projeção 1996 a 2004 tratamento T07

No que se refere ao tratamento T07, também foram usados dados das medições de t (1996) e t+1 (2004) e, para tal, montou-se a matriz p_{ij} de frequência de transição entre as classes diamétricas, em números absolutos, de um estado para o outro, tendo sido projetado para 2012 com a adição das árvores ingressantes na primeira classe (Tabela 4.3). A partir desta matriz de probabilidade pode-se notar que no ano inicial de 1996 foram inventariadas 503 árvores. Esse número reduziu para 443 árvores no ano de 2004 e, dessa forma, o estado do recrutamento que entrou no sistema foi de 85 árvores, significando que esse número é inferior ao número de árvores que saiu do sistema, com uma mortalidade de 144 árvores.

Desta forma, pode-se notar que existe uma tendência diretamente proporcional da mortalidade em relação às classes diamétricas, isto é, à medida que aumenta a classe diamétrica menor é a probabilidade das árvores morrerem, uma vez que é na classe inicial onde ocorre maior competição das árvores em busca de nutrientes, luz e espaço.

TABELA 4.3 - TRANSIÇÃO DO NÚMERO DE ÁRVORES EM CADA CLASSE DIAMÉTRICA EM DAP (cm), DURANTE O PERÍODO DE 1996 – 2012 PARA O TRATAMENTO 07

C.D (cm)	20 - 30	30- 40	40- 50	50- 60	60- 70	70- 80	80- 90	90- 100	100- 110	110- 120	Total
20 -30	120										120
30-40	30	88									118
40-50	2	18	28								48
50-60			9	17							26
60-70			1	6	17						24
70-80				1	17	6					24
80-90						6	1				7
90-100							1	1			2
100-110								0	1		1
110-120									0	1	1
Mortalidade	78	29	19	4	5	3	5	1	0	0	144

Fonte: O autor (2019). Em que: C.D – Classe diamétrica.

A matriz de transição de probabilidade apresentada na Tabela 4.4, mostra a probabilidade das árvores permanecerem numa classe diamétrica, transitarem de uma ou mais classes ou saírem do sistema por meio da mortalidade. A título de exemplo, na classe de 20 - 30cm a probabilidade de árvores permanecer na mesma classe é dada por $120/230=0,522$ o correspondente a 52,2%, isto é, a probabilidade de árvores permanecer na mesma classe é de 52,5% significando que estas árvores não apresentaram crescimento suficiente para passarem desta classe para a outra imediatamente superior. Entretanto, a probabilidade de transitar de uma classe é dada por $30/230=0,13$ que corresponde a 13%, a probabilidade de transitar duas classes é de $2/230=0,009$, isto é, 0.9%. A probabilidade de árvores morrerem é de $78/230=0,339$, que corresponde a 33,9%.

TABELA 4.4 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE PROBABILIDADE DE UM ESTADO PARA O OUTRO NO PERÍODO 1996 - 2004 NO TRATAMENTO T7

C.D (cm)	20 - 30	30- 40	40- 50	50- 60	60- 70	70- 80	80- 90	90- 100	100- 110	110- 120	120- 130
20 -30	0,522										
30-40	0,130	0,652									
40-50	0,009	0,133	0,491								
50-60			0,158	0,607							
60-70			0,018	0,214	0,560						
70-80				0,036	0,240	0,500					
80-90						0,250	0,417				
90-100						0,167	0,750				
100-110								0,750			
110-120									0,750		
120-130											1,000
Mortalidade	0,339	0,215	0,333	0,143	0,200	0,250	0,417	0,250	0,250	0,250	0,250

Fonte: O autor (2019). Em que: C.D – Classe diamétrica.

4.3.1.3 Projeção de 1996 a 2004 para o tratamento T11

No tratamento T11, a situação é análoga aos tratamentos T0 e T7, onde no inventário inicial possui cerca de 485 árvores e este número no inventário seguinte, de 2004, passou para 465. Esta situação ocorre devido ao estado do ingresso que é inferior às árvores que saíram no sistema devido a mortalidade de 140 árvores (Tabela 4.5).

TABELA 4.5 - TRANSIÇÃO DO NÚMERO DE ÁRVORES EM CADA CLASSE DIAMÉTRICA EM DAP (cm), DURANTE O PERÍODO DE 1996 – 2012 PARA O TRATAMENTO 11

C.D (cm)	20 - 30	30- 40	40- 50	50- 60	60- 70	70- 80	80- 90	90- 100	100- 110	Total
20 -30	132									132
30-40	20	70								90
40-50		15	46							61
50-60		1	9	20						30
60-70				10	9					19
70-80					2	4				6
80-90						2	2			4
90-100							0	1		1
100-110								0	1	1
Mortalidade.	85	26	14	6	4	2	2	1	0	140

Fonte: O autor (2019). Em que: C.D – Classe diamétrica.

No que se refere ao tratamento T11, a probabilidade de árvores permanecer na mesma classe, neste caso, na classe de 20 - 30cm, é dada por $132/237=0,557$, a probabilidade de transitar uma classe é de $20/237=0,084$ e a probabilidade de árvores morrerem é de $85/237=0,359$, que corresponde a 35,9% (TABELA 4.6).

TABELA 4.6 - MATRIZ DE TRANSIÇÃO DE PROBABILIDADE DE UM ESTADO PARA O OUTRO NO PERÍODO 1996 - 2004 NO TRATAMENTO T11

C.D (cm)	20 - 30	30- 40	40- 50	50- 60	60- 70	70- 80	80- 90	90- 100	100- 110	110- 120	120- 130
20-30	0,557										
30-40	0,084	0,625									
40-50		0,134	0,667								
50-60			0,130	0,556							
60-70				0,278	0,600						
70-80					0,133	0,500					
80-90						0,250	0,500				
90-100								0,500			
100-110							0,250	0,500			
110-120								0,250	0,500		
120-130										0,250	1,000
Mortalidade	0,359	0,230	0,200	0,170	0,270	0,250	0,500	0,250	0,250	0,250	0,250

Fonte: O autor (2019). Em que: C.D – Classe diamétrica.

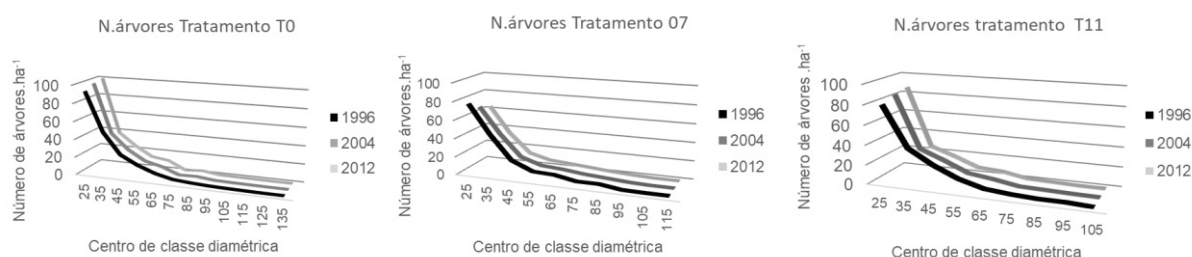
De uma forma geral, as probabilidades de árvores permanecer na classe de 20-30cm, nos tratamentos T0, T7 e T11, foram de 0,770, 0,522 e 0,557 respectivamente. Observando estas probabilidades, pode-se notar que as intervenções silviculturais influenciaram nas probabilidades de transição, isto é, os tratamentos T7 e T11 tiveram probabilidades inferiores comparando com a probabilidade do tratamento testemunha. Isto significa que a abertura do dossel propiciou o crescimento das árvores e, conseqüentemente, facilitou a transição das árvores para as classes superiores seguintes.

A mortalidade mostrou que não existe um padrão definido, pois a probabilidade das árvores morrerem nas classes diamétricas superiores apresentaram a mesma probabilidade das árvores das classes diamétricas inferiores.

4.3.1.4 Análise da distribuição diamétrica projetada

Avaliando a Figura 4.1, referente às frequências por classes diamétricas das projeções dos tratamentos T0, T7 e T11, percebe-se que essas projeções apresentam comportamento semelhante de floresta nativa. Como pode-se observar, em todas as projeções do número de árvores por hectare para o período de projeção seguiu a forma de “J-invertido”, o que demonstra equilíbrio da floresta após as intervenções silviculturais, isto é, a redução do número de árvores por hectare não afetou a forma da distribuição diamétrica.

FIGURA 4.1 - DISTRIBUIÇÕES DIAMÉTRICAS OBSERVADAS 1996; 2004 E PROJETADA PARA 2012



Fonte: O autor (2019)

4.3.2 Comparação das frequências observadas e projetadas

A comparação das frequências observadas e projetadas foram feitas para o ano de 2011 e 2012, tendo em consideração que a última medição foi feita em 2011 e só foi possível fazer as projeções para 2012 (TABELA 4.7).

TABELA 4.7 - FREQUÊNCIAS OBSERVADAS E PROJETADAS EM CADA TRATAMENTO NO ANO DE 2011

C.C	Tratamento 0		Tratamento 7		Tratamento 11	
	Observada 11	Projetada 12	Observada 11	Projetada 12	Observada 11	Projetada 12
25	408	407	225	192	278	262
35	177	153	126	104	113	78
45	117	97	50	41	75	53
55	58	54	30	23	25	24
65	41	44	23	18	18	19
75	10	7	13	12	10	6
85	10	13	7	7	4	4
95	4	3	3	3	1	1
105	2	2	1	0	1	1
115	1	1	0	0	0	0
125	0	1	1	0	0	0
135	0	1	0	0	0	0
Total	828	783	479	401	525	447

Fonte: O autor (2019). Em que C.C – Centro de classe.

A comparação das frequências observadas e projetadas no período 2011 foi feita com base no teste de Qui – quadrado (χ^2) a nível de probabilidade de $p = 0,05$, comparando os valores observados em 2011 e os valores projetados em 2012 para cada tratamento. O teste mostrou que existe influência dos tratamentos aplicados na distribuição diamétrica. O tratamento T0 no qual não houve qualquer intervenção, as

frequências observadas e projetadas são não significantes e nos tratamentos 7 e 11, as frequências são significantes estatisticamente (TABELA 4.8).

TABELA 4.8 - TESTE DE QUI-QUADRADO NA COMPARAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA OBSERVADA EM 2011 E PROJETADA EM 2012 PARA OS TRATAMENTOS T0, T7 E T11

Tratamento	χ^2 calculado	χ^2 crítico (5%)	Decisão
Trat 0 (11O-12P)	11,5975	21,026	ns
Trat 07 (11O-12P)	17,3055	15,5073	*
Trat 11 (11O-12P)	30,3746	16,919	*

Fonte: O autor (2019). Em que: Trat0, 07 e 11 (11O-12P) – tratamento 0, 07, 11 (observada em 2011 e projetada em 2012), ns - indica não significativa a 95% de probabilidade, * - significativa a 95% de probabilidade.

4.3.3 Análise da mortalidade

A distribuição do número de mortalidade em cada projeção mostrou menor número na projeção efetuada no tratamento T0 e maior mortalidade foi observada na projeção do tratamento T7 (TABELA 4.9).

TABELA 4.9 - DISTRIBUIÇÃO DA MORTALIDADE ABSOLUTA NAS PROJEÇÕES DE 1996 - 2004 NOS TRATAMENTOS T0, T7 E T11

C.C	M. (T0)	M. (T7)	M. (T11)
25	52	78	85
35	22	29	26
45	20	19	14
55	9	4	6
65	2	5	4
75	3	3	2
85	1	5	2
95	3	1	1
105	0	0	0
Total	112	144	140

Fonte: O autor (2019). Em que C.C – Classe diamétrica, M – mortalidade.

Aplicando o teste de Kolmogorov-Smirnov a 95% de probabilidade, a mortalidade observada em cada projeção mostrou diferenças significantes, isto é, aderente entre a mortalidade observada nos tratamentos T0 e T7 e também nos tratamentos T0 e T11. A mortalidade observada entre tratamentos T7 e T11, mostrou diferenças não significantes estatisticamente no mesmo intervalo de estudo. As taxas de mortalidade observadas nos tratamentos T0, T7 e T11 em oito anos foram de 16,2791, 34,4498 e 38,4615 respectivamente. Estas taxas correspondem às taxas de mortalidade anual de 2,0349 para o tratamento T0, 4,3062 para o tratamento T7 e 4,8070 para o tratamento T11 (Tabela 4.10).

TABELA 4.10 - COMPARAÇÃO DA MORTALIDADE OBSERVADA ENTRE PROJEÇÕES NOS TRATAMENTOS T0, T7 E T11

Mortalidade	Teste K.S. Calculado	K.S. Crítico (5%)	Decisão
M. (T0-T7)	0,3036	0,1285	Não aderente
M. (T7-T11)	0,0486	0,1133	Aderente
M. (T0-T11)	0,3304	0,1285	Não aderente

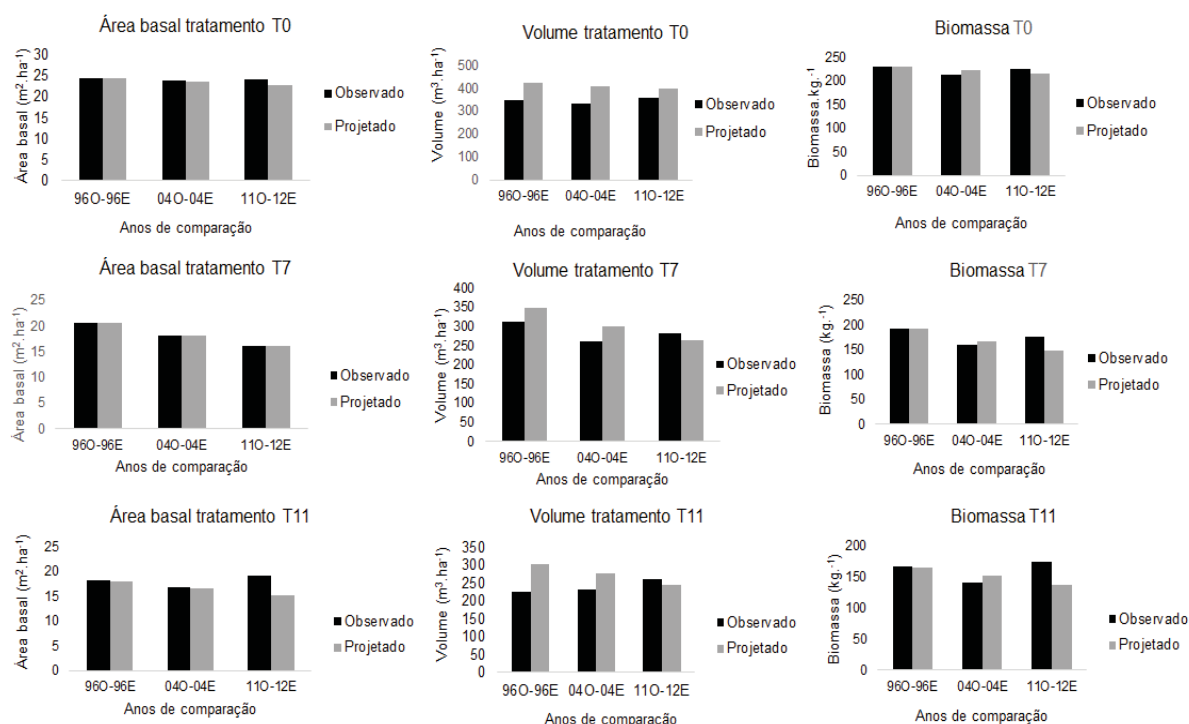
Fonte: O autor (2019). Em que: M – mortalidade.

4.3.4 Projeção e comparação dos valores observados e projetados das variáveis área basal, volume e biomassa

Observando os gráficos da área basal, pode-se notar que, para tratamentos T0 e T7, existe uma tendência de redução da área basal, tanto para os valores observados como para os valores projetados. No que se refere ao tratamento T11, os valores projetados apresentaram uma tendência de redução de 1996 para 2012, contrariamente aos valores observados em 2011, que mostraram uma tendência de recuperação da área basal (TABELA 4.13).

A projeção do volume mostrou em todos os tratamentos (T0, T7 e T11) uma superestimação para todos os anos 1996, 2004 e 2012. Apesar da superestimação observada nos valores projetados, estes valores mostraram uma tendência de redução do volume desde o primeiro ano de 1996 a 2012. Sendo assim, percebe-se que os valores observados no tratamento T0, mostra tendência de manter os volumes neste período em análise, isto é, não foi verificada qualquer intervenção neste tratamento. No tratamento T7, a partir do ano de 1996 a 2004 verificou-se uma tendência de redução de volume e posterior recuperação no ano de 2012. No tratamento T11, a tendência foi de recuperação do volume no período analisado, tendo em conta que este tratamento foi considerado o melhor em termos de produção de volume, descrito no capítulo 2.3.2.3 deste trabalho. No que se refere à biomassa, os valores projetados possuem uma tendência decrescente em todos os tratamentos. Os valores observados em todos os tratamentos tiveram no primeiro período de 1996 a 2004 uma tendência decrescente e uma tendência de recuperação da biomassa no ano de 2011.

FIGURA 4.2 - COMPARAÇÃO DOS VALORES OBSERVADOS E PROJETADOS PARA OS TRATAMENTOS T0, T7 E T11 PARA A ÁREA BASAL, VOLUME E BIOMASSA



Fonte: O autor (2019)

4.4 DISCUSSÃO

Analisando as distribuições diamétricas observada e projetada, pode-se notar que do tratamento T0 para T7 e T11 verifica-se uma diminuição do total de número de árvores para cada Tratamento de 1996, 2004 e 2011, tendo em conta que nestes últimos dois tratamentos ocorreu um evento de tratamentos silviculturais, observa-se ainda que nas três ocasiões o maior número de árvores está concentrado nas classes diamétricas menores e menores números de árvores nas classes de maiores diâmetros. Segundo Higuchi (1987), Vasconcelos (2009) este comportamento é típico de Florestas Tropicais Húmida; essa tendência foi observada também por Rocha (2001) e Teixeira *et al.* (2007) nos seus estudos sobre a floresta nativa da Amazônia Central.

As taxas anuais de mortalidade encontradas nas três ocasiões, foram de 2,03 %, 4,30 % e 4,80 % cujos valores estão próximos dos valores obtidos por Vidal *et al* (1998) em que para o seu estudo, para o tratamento exploração, encontrou uma taxa de 2,4% num período de 3 anos. No tratamento testemunha encontrou uma taxa de 3.6 %. Gomide (1997), no seu estudo na região do Jari, constatou cerca de

1,22 % para taxa de mortalidade na floresta primária, considerando todo o período de monitoramento (1985 a 1996).

Vasconcelos (2009), no seu estudo sobre Projeção da distribuição diamétrica de uma floresta explorada seletivamente na Amazônia Ocidental, encontrou, com a aplicação do teste de Qui-quadrado, que não existe diferenças significantes entre as frequências observadas e projetadas para o número de árvores, tendo este resultado sido encontrado neste trabalho na comparação de valores observados e projetados no tratamento 0 no período de 2011 e 2012.

4.5 CONCLUSÕES

A projeção da distribuição diamétrica, utilizando a matriz de transição apresentou valores satisfatórios tanto para a projeção da área basal como para a biomassa, considerando que no tratamento testemunha os valores observados estão próximo dos valores projetados, salvo na análise de volume que apresentou uma superestimação dos valores projetados.

A projeção da distribuição diamétrica no tratamento 0 apresentou diferenças não significantes entre valores de 2011 e 2012, considerando-se que não houve qualquer intervenção neste tratamento (tratamento controle).

Nos tratamentos 07 e 11 notou-se uma diferença estatisticamente significativa da distribuição diamétrica observada de 2011 e projetada para 2012. Considerando que nestes tratamentos se verificou intervenções silviculturais de 25% de exploração e 30% de desbastes para o tratamento 7 e 25% de exploração e 50% de desbastes para o tratamento 11.

As taxas anuais de mortalidade aumentaram em função do nível dos tratamentos silviculturais, sendo de 2,03 % para o tratamento T0, 4,30 % para o tratamento T7 e o tratamento T11 com maiores níveis de exploração e de desbastes teve uma taxa anual de 4,80 %.

Os diferentes níveis de intervenção de manejo, na Floresta Amazônica do município de Vitória do Jari, influenciaram na capacidade de recuperação da distribuição diamétrica no período em estudo.

REFERÊNCIAS

- ARCE, J. E.; GOMES, F. dos S.; SANQUETTA, C. R.; CRUZ, E. C. Utilização dos processos de difusão na avaliação e simulação precoce do crescimento do povoamento de *Pinus taeda* L. **Revista Cerne**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 154-170, 1998.
- HIGUCHI, N. **Short-term growth of an undisturbed tropical moist forest in the Brazilian Amazon**. 129 f. Tese (Doutorado) - Michigan State University, Michigan, EUA, 1987.
- Machado, S. do A.; Cysneiros, V.; Nascimento, R. G.; Martins, A.; Schmidt, L. Projeção da Estrutura Diamétrica de Grupos Ecológicos em uma Floresta Ombrófila Mista. **Revista Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, 24: e20160012, 2017.
- ROCHA, R.M. **Taxa de recrutamento e mortalidade da floresta de terra-firme da bacia do rio Cuieiras na região de Manaus-AM**. 2007. 49 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Fundação Universidade do Amazonas, Amazônia, 2007.
- SANQUETTA, C. R.; BRENA, D. A.; ANGELO, H.; MENDES, J. B. Matriz de transição para simulação da dinâmica de florestas naturais sob diferentes intensidades de corte. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p.65-78, 1996.
- SANQUETTA, C.R. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal**. Curitiba: FUPEF, 1996.
- 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**. 2008. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro. 2008.
- TEIXEIRA, L.M.; CHAMBERS, J.Q.; SILVA, A.R.; LIMA, A.J.N.; CARNEIRO, V.M.C.; SANTOS, J. dos; HIGUCHI, N. 2007. Projeção da dinâmica da floresta natural de Terra-firme, região de Manaus-AM, com o uso da cadeia de transição probabilística de Markov. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 3, p. 377-384, 2007.
- VASCONCELOS, S. S.; HIGUCHI, N.; DOLIVEIRA, M. V. N. Projeção da distribuição diamétrica de uma floresta explorada seletivamente na Amazônia Ocidental. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 31, n. 1, p. 71-80, 2009.
- VIALI, L. **Teste de hipóteses não paramétricos**. UFRGS. 43 p, 2008.
- VIDAL, E.; VIANA, V.; BATISTA, J. L. F. Efeitos da exploração madeireira predatória e planejada sobre a diversidade de espécies na Amazônia oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 503-520, 1998.
- WOYCIKIEWICZ, A. P. F. **Dinâmica e prognose de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, em Cássia, MG**. 2017. 200 f. Dissertação (Mestrado em

Ciências Florestais) – Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal. 2017.

5. DISCUSSÃO GERAL

De modo geral, foi notório que os tratamentos silviculturais tiveram grandes influências no crescimento em volume, biomassa, número de árvores por hectare e área basal. No entanto, conseguiu-se observar esses efeitos no capítulo 2, 3 e 4 do presente trabalho.

No segundo capítulo, referente à dinâmica de produção volumétrica, biomassa, número de árvores por hectare, área basal em Floresta Tropical manejada na Amazônia Oriental, o efeito dos tratamentos silviculturais foi comprovado a partir da aplicação da análise de variância, tendo sido obtido resultados de diferenças significantes entre os tratamentos, donde se destacou o tratamento 11 como sendo o mais produtivo entre os demais em termos de produtividade em volume. Resultados idênticos foram obtidos por Oliveira (2005) no trabalho sobre o efeito da exploração de madeira e tratamentos silviculturais na estrutura horizontal de uma área de 136 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra-Pará. Tendo constatado que o número de árvores cinco anos depois da exploração foi maior comparado com o número de árvores encontrado antes da exploração, pois a abertura do dossel favoreceu várias espécies de valor comercial madeireiro aumentando a sua abundância e área basal. No que se refere a análise de todo período de monitoramento, o mesmo autor destacou um dos demais tratamentos como o que apresentou melhores resultados de produção em área basal e volume. Ao passo que Vatrás (2012), analisando efeitos de tratamentos silviculturais sobre o crescimento de *Laetia procera* (Poepp.) Eichler em Paragominas, constatou que durante os primeiros 5 anos de monitoramento dos tratamentos silviculturais, incluindo a exploração florestal, não resultaram em diferenças significantes no crescimento desta espécie. Outros autores trabalharam com este assunto como (AZEVEDO, *et al.* 2008a; SOUZA *et al.* 2017).

No capítulo três sobre efeito dos tratamentos silviculturais na dinâmica da distribuição diamétrica de Floresta Tropical Amazônica, esse aspecto foi observado comparando as distribuições diamétricas estimadas de 1984 e 2011, antes e depois dos tratamentos silviculturais respectivamente. Nesta comparação, no tratamento T0 no qual não se fez qualquer intervenção, a estrutura diamétrica de 1984 não se difere estatisticamente da distribuição diamétrica de 2011. No tratamento 7, com o nível de intervenção feito, os 27 anos não foram suficientes para a recuperação da

distribuição diamétrica. Ao passo que no tratamento 11 verificou-se diferenças significantes, o que significa que com o seu nível de intervenção na floresta conseguiu recuperar a sua estrutura diamétrica. Desde modo, vários estudos foram efetivados para fazer a prognose futura da distribuição diamétrica, podendo salientar (EBLING *et al.* 2012; NASCIMENTO *et al.* 2012; SCHNEIDER *et al.* 2008). Estes autores citam que a estrutura diamétrica e sua dinâmica no tempo pode ser descrita com precisão com o uso da função densidade de probabilidade de Weibull em diferentes situações de manejo, embora neste trabalho tenha sido ajustada a distribuição diamétrica antes e depois das intervenções silviculturais, resultados semelhantes são observados por Ebling *et al.* (2012), em que as primeiras três classes da distribuição diamétrica observada apresentam maior número de árvores em relação às classes diamétricas estimadas 4 anos depois.

No quarto capítulo, referente à dinâmica da distribuição diamétrica de floresta tropical amazônica submetida à exploração, foram feitas três projeções da distribuição diamétrica a partir dos anos 1996 e 2004 para 2012. Esta distribuição projetada para o ano de 2012 foi comparada com a distribuição diamétrica observada em 2011 em cada tratamento. Desta forma, notou-se que no tratamento T0 a distribuição diamétrica projetada era igual a distribuição diamétrica observada em 2011. Mas, para os tratamentos T7 e T11, nos quais foram efetuadas as intervenções silviculturais, verificou-se diferenças significantes entre a distribuições diamétricas projetadas para 2012 e observadas em 2011, isto é, a partir do ponto de partida das projeções (1996-2004) a floresta não conseguiu recuperar a sua estrutura diamétrica. Nestes termos, nota-se claramente que os tratamentos silviculturais tiveram grandes influências na dinâmica da distribuição diamétrica e no crescimento da floresta Amazônica. Apesar de vários estudos desenvolvidos no Brasil para estimar a projeção da distribuição diamétrica usando a matriz de transição com destaque aos autores (Reis *et al.* 2018; Lana *et al.* 2015; Stepka *et al.* 2008; Teixeira *et al.* 2007; Cunha *et al.* 2002; Azevedo *et al.* 1995; Azevedo 1993; Higuchi 1987), trabalhos com a abordagem semelhante ao do presente trabalho é quase inexistente. Pode-se notar que os tratamentos silviculturais influenciaram também as probabilidades de transição como, por exemplo, na primeira classe de 20-30cm no tratamento 0 a probabilidade das árvores permanecerem na mesma classe foi de 0,770 e nos tratamentos 7 e 11 nos quais houve intervenção, as probabilidades foram de 0,522 e 0,557 respectivamente. Isto significa que a abertura

do dossel influenciou no aumento da probabilidade das árvores passarem para a classe seguinte.

6. CONCLUSÕES GERAIS

Com base nas pesquisas desenvolvidas no presente trabalho, pode-se concluir que, tanto no capítulo 2, capítulo 3 e capítulo 4 deste trabalho, os tratamentos silviculturais apresentara grande influência no crescimento da Floresta Tropical Amazônica.

No capítulo 2, referente à dinâmica de produção volumétrica e de biomassa, os tratamentos silviculturais aplicados influenciaram no crescimento em volume, biomassa, número de árvores por hectare e na área basal, tendo se destacado o tratamento T11 (com níveis de 35% de exploração e 50% de desbaste) como o melhor entre os demais tratamentos.

No capítulo 3, referente ao efeito dos tratamentos silviculturais na dinâmica da distribuição diamétrica de Floresta Tropical Amazônica, as intervenções silviculturais influenciam no tempo de recuperação da estrutura diamétrica, isto é, quanto maior for o nível de intervenção menor é o tempo necessário para a sua recuperação. Entretanto, o tempo de recuperação depende dos graus de intervenção até um determinado nível.

No último capítulo sobre a dinâmica da distribuição diamétrica de floresta tropical amazônica submetida à exploração a partir de probabilidades de transição, pode se notar que os tratamentos silviculturais tiveram uma relação com as mudanças da distribuição diamétrica.

Desta forma, nota-se que para todos os capítulo desenvolvidos, os tratamentos silviculturais, ou seja, as diferentes intensidades de intervenções de manejo, na Floresta Amazônica do município de Vitória do Jari, influenciaram no desenvolvimento em volume, biomassa e na dinâmica de variáveis fitossociológicas, isto é, foram observados níveis de intervenção que apresentaram melhor crescimento da floresta comparando com os demais níveis. Este fato foi comprovado também pela capacidade de recuperação da distribuição diamétrica 27 anos depois das intervenções silviculturais, em que observou o privilégio de alguns níveis de intervenção comparativamente com a testemunha. Neste trabalho o tratamento 11 teve melhor produtividade apresenta melhor crescimento e recuperação da floresta.

REFERÊNCIAS GERAIS

- ALEMDAG, I S. **Manual of data collection and processing for the development of forest biomass relationships**. Minister of Supply and Services Canada. Canada: 1980.
- ABREU, E. C. R.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. de; MELLO, J. M. de; KANEGAE JÚNIOR, H. Modelagem para prognose do volume por classe diamétrica para *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 61, p. 86-102, 2002.
- ARCE, J. E.; GOMES, F. dos S.; SANQUETTA, C. R.; CRUZ, E. C. Utilização dos processos de difusão na avaliação e simulação precoce do crescimento do povoamento de *Pinus taeda* L. **Revista Cerne**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 154-170, 1998.
- ASSMANN, E. Principles of forest yield study. New York: **Pergamon Press**, 1970.
- AZEVEDO, C. P. de. **Predição da distribuição diamétrica de povoamentos florestais inequidâneos pelo emprego da matriz de transição**, 1993. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.
- AZEVEDO, C. P. de. **Dinâmica de florestas submetidas a manejo na Amazônia Oriental: experimentação e simulação**, 2006. 236 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- AZEVEDO, C. P.; SANQUETTA, C. R.; SILVA, J. N. M.; MACHADO, S. A.; SOUZA, C. R.; OLIVER, M. M. de. Simulação de estratégias de manejo florestal na Amazônia com o uso do modelo SYMFOR. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 1, p. 51-70, 2008.
- AZEVEDO, C. P.; SANQUETTA, C. R.; SILVA, J. N. M.; MACHADO, S. A. Efeito da exploração de madeira e dos tratamentos silviculturais no agrupamento ecológico de espécies. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 1, p. 53-69, 2008a
- AZEVEDO, C. P.; SOUZA, A. L.; JESUS, R. M. Um modelo de matriz de transição para prognose de crescimento de povoamento natural remanescente de Mata Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 167-199, 1995.
- BAILEY, R.; DELL, T. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. **Forest Science**, Oxford, v. 19, n. 2. 97-104 p. 1973.
- BEZERRA, T. G.; LIMA, A. O. DE S.; ARAÚJO, J. T. R. de; SANTOS, M. G. S.; NEVES, R. L. P.; MORAES, L. O. M.; MELO, L. de O. Estrutura e dinâmica de uma área manejada na Floresta Nacional do Tapajós, **Agroecossistemas**, Pará, v. 10, n.2, p. 94 – 112, 2018.

BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. da S.; LEITE, H. G. Projeção da distribuição diamétrica de povoamentos equiâneos utilizando a função Nakagami e Weibull. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 5, n. 2, p.103-110, 2014.

BINOTI, D.H.B.; BINOTI, M.L.M.S.; LEITE, H.G. Modelagem da distribuição diamétrica de povoamentos equiâneos de eucalipto utilizando a função logística generalizada. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 707-711, 2015.

BINOTI, D.H.B.; BINOTI, M.L.M.S.; LEITE, H.G.; SILVA, A. Modelos de distribuição de diâmetros utilizando a função log gama. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 73, p.103-107, 2013.

BOURGERON, P. S. Spatial aspects of vegetation structure. In: GOLLEY, F. B. (Ed.). Tropical rain forest ecosystems. **Elsevier Scientific**, Amsterdam, p. 29-47, 1983.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: Perguntas e respostas. 4.ed.** Viçosa: UFV, 2013.

CAMPOS, J. C. C; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: Perguntas e Respostas. 1 ed.**, Viçosa, MG, 2002.

CAREY, E. V.; BROWN, S.; GILLESPIE, A. J. R.; LUGO, A. E. Tree Mortality in Mature Lowland Tropical Moist and Tropical Lower Montane Moist Forests of Venezuela. **Biotropica**, Gainesville, v. 26, n. 3, p. 255-265, 1994.

CARIM, M. J. V.; WITTMANN, F. K.; PIEDADE, M. T. F.; GUIMARÃES, J. R. DA S.; TOSTES, L. C. L. Estimativa de biomassa lenhosa acima do solo ao longo do gradiente inundável de várzea e igapó na Amazônia oriental, Estado do Amapá, **Biota Amazônia**, Amapá, v. 8, n. 1, p. 29-33, 2018.

CARVALHO, J. O. P. de. **Análise estrutural da regeneração natural em floresta tropical densa na região do Tapajós no estado Pará.** 1982. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1982.

CASTRO, R. V. O.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, F. B.; LEITE, H. G. Crescimento e produção de plantios comerciais de eucalipto estimados por duas categorias de modelos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, p.287-295, Brasília, 2013.

CASTRO, T. C.; CARVALHO, J. O. P. Dinâmica das populações de *Abius* em área sob manejo na floresta nacional do Tapajós, PA: Estudos desenvolvidos pelo Projeto PETECO. 2008. Trabalho apresentado no VI SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA E XII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, Amazônia.

CHAVE, J.; REJOU-MECHAIN, M.; BURQUEZ, A.; CHIDUMAYO, E.; COLGAN, M. S.; DELITTI, W. B.C.; DUQUE, A.; EID, T.; FEARNSIDE, P. M.; GOODMAN, R. C.; HENRY, M.; MARTINEZ-YRIZAR, A.; MUGASHA, W. A.; MULLER LANDAU, H. C.; MENCUCCINI, M.; NELSON, B. W.; NGOMANDA, A.; NOGUEIRA, E. M.; ORTIZ-MALAVASSI, E.; PELISSIER, R.; PLOTON, P., RYAN, C. M.; SALDARRIAGA, J.,

VIEILLEDEN G. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. **Global Change Biology**, United States 20:3177–3190, 2014.

COSTA, D. H. M.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO J.O. P. Crescimento de árvores em uma área de terra firme na Floresta nacional do tapajós após a colheita de madeira¹. **Revista de Ciências Agrárias**. Belém, n. 50, p. 63-76, 2008.

COSTA, D. H. M.; SILVA, S. M. A.; SILVA, J. N. M. Efetividade e custo do desbaste com aplicação de arboricida em floresta natural na região do Tapajós, Pará e Jarí, Amapá. In: SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; YARED, J.A.G. (Ed.) **A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/DFID**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/DFID, p. 339-352, 2001.

CUNHA US, MACHADO AS, FIGUEIREDO A FO, SANQUETTA CR. Predição da estrutura diamétrica de espécies comerciais de terra firme da Amazônia por meio de Matriz de Transição. **Ciência Florestal** v. 12, n. 1, p. 109-122, 2002.

CURTIS, J. T.; MCINTOSH, R. P. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. **Ecology**, London, v. 32, n. 3 p. 476-496, 1951.

DE GRAAF, N. R.; POELS, R. L. H.; ROMPAEY, V. Effect of silvicultural treatment on growth and mortality of rainforest in Surinam over long periods. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 124, p.123-135, 1999.

DJOMO, A. N. CHIMI, C. D. Tree allometric equations for estimation of above, below and total biomass in tropical moist forest: Case study with application to remote sensing. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 391, p. 184-193, 2017.

EBLING, A. A.; PELISSARI, A. L.; ABRAO, S. F.; BAMBERG, R. Prognose da estrutura diamétrica de remanescente de floresta com Araucária utilizando a função densidade de probabilidade Weibull. **Revista Agro@mbiente On-line**, Roraima, v. 8, p. 112-118. 2014.

FEDUCCIA, D. P.; DELL, T. R; MANN JR, WF; CAMPBELL, T. E.; POLMER, B. H. **Yields of unthinned loblolly pine plantations on cutover sites in the West Gulf region**. US: Department of Agriculture, Forest Service, Research Paper SO-148, 1979.

FERREIRA, D. F. **Estatística básica**. Lavras: Ed. UFLA, 2005.

FERREIRA, R. L. C. **Estrutura e dinâmica de uma floresta secundária de transição, Rio Vermelho e Serra Azul de Minas Gerais**. Viçosa, 1997. 208 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

FINGER, C.A.G. Fundamentos de biometria florestal. Santa Maria: **CEPEF/FATEC**, 1992.

FINGER, C. A. G. O desafio da floresta. IN: BATISTA, L. M. R.; CAMPARELLI, S.; FINGER, C. A. G.; LUTZENBERGER, J.; PIMENTEL, R. **Magia das árvores**: Porto Alegre, CAO. v. 2. p. 22-49, 1995.

GOMIDE, G. L. A **Estrutura e dinâmica de crescimento de florestas tropicais primária e secundária no estado do Amapá**. 1997. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

GOMIDE, L. R.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. Análise das estruturas diamétrica e hipsométrica de fragmentos florestais localizados na bacia do rio São Francisco, em Minas Gerais, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 239-251, 2009.

GONSALVES, F. G.; SANTOS, J. R. Composição florística e estrutural de uma unidade de manejo florestal sustentável na floresta nacional de Tapajós, Pará. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 2, p. 229-244, 2008.

HAKAMADA, R. E.; STAPE, J. L.; LEMOS, C. C. Z. DE; ALMEIDA, A. E. A.; SILVA, L. F. Uniformity between trees in a full rotation and its relationship with productivity in clonal Eucalyptus. **Revista Cerne**, Lavras, v. 21, n. 3, p. 465- 472, 2015.

HARTSHORN, G. S. Gap-phase dynamics and tropical tree species richness. In: Holm-Nielsen, L. B. & Basev, h. (eds.). **Tropical forests. Botanical dynamics and speciation**. London: Academic Press, 1989. p. 65-73.

HIGUCHI, N. **Short-term growth of an undisturbed tropical moist forest in the Brazilian Amazon**. 1987. 129 f. Tese (Doutorado) - Michigan State University, Michigan, 1987.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; RIBEIRO, R. J.; FREITAS, J. V.; VIEIRA, G.; CÔIC, A.; MINETTE, L.J. **Crescimento e incremento de uma floresta Amazônica de terra-firme manejada experimentalmente**. In: **Workshop Bionte - Aspectos Silviculturais e ecológicos do Manejo Florestal**. Manaus: INPA, 1997.

JUNIOR, C.A.A; NOGUEIRA, G. S; OLIVEIRA, M. L. R. DE, MIRANDA, R. O. V DE; CASTRO, R. V. O; PELLI, E. Projeção da distribuição diamétrica de povoamentos de eucalipto em diferentes amplitudes de classe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 11, p. 1275-1281, 2010.

KAMMESHEIDT, L.; DAGANG, A. A.; SCHWARZWALLER, W.; WEIDELT, H. Growth patterns of dipterocarps in treated and untreated plots. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.174, p. 437-445, 2003.

KIRBY, K. R.; LAURANCE, W. F.; ALBERNAZ, ; SCHROTHD, G.; FEARNSIDE, P. M.; BERGEN, S.; VENTICINQUE, E. M.; COSTA, C da. The future of deforestation in the Brazilian Amazon. **Elsevier**, Amsterdam, v. 38, n. 4, p. 432-453, 2006.

KNOEBEL, B. R.; BURKHART, H. E.; BECK, D. E. A growth and yield model for thinned stands of yellow-poplar. *Forest Science Monograph* 27, 1986, **Supplement to Forest Science**, Bethesda, v. 32, n. 2, 1988.

KRISNAWATI, H.; WAHJONO, D. Effect of post-logging silvicultural treatment on growth rates of residual stand in a tropical forest. **Journal of Forestry Research**, Switzerland, v. 7, n. 2, p. 112-124, 2010,

LANA, M. D; PÉLLICO, S. N. O; DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, C. R.; EBLING, A. A. Prognose da estrutura diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta e Ambiente** v. 22, n.1, p. 71-78, 2015.

LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. Forest tree growth and dynamics et La Selva, Costa Rica (1969-1982). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 3, n. 4, p. 347-358, 1987.

LIMA, A. J. N. TEIXEIRA, L. M.; CARNEIRO, V. M. C.; SANTOS, J. dos; HIGUCHI, N. Análise da estrutura e do estoque de fitomassa de uma floresta secundária da região de Manaus AM, dez anos após corte raso seguido de fogo. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 1, p. 49-54, 2007.

LIMA, R. C. **Equações para estimativas de biomassa de uma Floresta tropical úmida do Amapá**. 2015. 50 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

LOETSCH, F.; ZOEHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. München: BVL, v.2, 1973.

MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba: Editado pelos autores, 1 ed. 2003.

MACHADO, S. A.; AUGUSTYNICZIK, A. L. D.; NASCIMENTO, R. G. M.; TÉO, S. J.; MIGUEL, E. P.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R, da. 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. do A.; NASCIMENTO, R. G. M.; MIGUEL, E. P.; TÉO, S. J.; AUGUSTYNICZIK, A. L. D. Distribution of total height, transverse area and volume for *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Revista Cerne**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 12-21, 2010.

Machado, S. do A.; Cysneiros, V.; Nascimento, R. G.; Martins, A.; Schmidt, L. Projeção da Estrutura Diamétrica de Grupos Ecológicos em uma Floresta Ombrófila Mista. **Revista Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, 24: e20160012, 2017.

MARTIN, C. **On the Edge**. Canadá: A Report to the Club of Rome, 2015. Relatório técnico.

MARTINELLI, L. A. MOREIRA, M. Z.; BROWN, I. F.; VICTÓRIA, R. L. Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais. In: **Seminário emissão x sequestro de CO₂ - uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, 1994, rio de janeiro. Anais**. Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce, 1994. p. 197-221.

MEYER, W. H. Approach of abnormally stocked forest stands of Douglas fir to normal condition. **Journal of Forestry**, Oxford, v. 31, p. 400–406, 1933.

MIGUEL, E. P.; MACHADO, S. A.; FILHO, A. F.; ARCE, J. E. Using the Weibull function for prognosis of yield by diameter class in *Eucalyptus urophylla* stands. **Revista Cerne**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 94- 104, 2010.

MILLIKEN, G. A.; JOHNSON, D. E. **Analysis of messy data**. Volume I: designed experiments. Londres: Chapman & Hall, 1992.

NASCIMENTO, R. G. M. **Modelagem e simulação do crescimento e produção de floresta tropical manejada na Amazônia Oriental**. 2016. 174 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Paraná, Curitiba. 2016.

NOGUEIRA, E. N. FEARNSIDE, P.; NELSON, B. W.; BARBOSA, R. I.; KEIZER, E. W. H. Estimates of biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories; **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v. 256, n. 11, p. 1853-1867, 2008.

NORD-LARSEN, T.; CAO, Q. V. A diameter distribution model for even-aged beech in Denmark. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 231, n. 1/3, 2006.

OLIVEIRA, L. C. de. **Efeito da exploração da madeira e de diferentes intensidades de desbastes sobre a dinâmica da vegetação de uma área de 136 ha na Floresta Nacional do Tapajós**. 2005. 195 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

OLIVEIRA, L. P. S.; SOTTA, B. D.; HIGUCHI, N. **Quantificação da biomassa na floresta estadual do Amapá: Alometria e estimativas de estoque de carbono**. Instituto estadual de florestas do Amapá, IEF/AP, 2012, Série técnica,

PEÑA-CLAROS, M.; FREDERICKSEN, T. S.; ALARCO´N, A.; BLATE, G. M.; CHOQUE, U.; LEAÑO, C.; LICONA, J. C.; MOSTACEDO, B.; PARIONA, W.; VILLEGAS, Z.; PUTZ, F. E. Beyond reduced-impact logging: silvicultural treatments to increase growth rates of tropical trees. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 256, n. 8, p. 1458-1467, 2008.

PENG, S. L.; HOU, Y. P.; CHEN, B. M. Establishment of Markov successional model and its application for forest restoration reference in Southern China. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 221, n. 9, p. 1317- 1324, 2010.

PERALTA, R.; HARTSHORN, G. S.; LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. Roseña de estudios a largo plazo sobre composición florística y dinámica del bosque tropical en La Selva, Costa Rica. In Clark, D.A.; Dirzo, R.; Fetcher, N. (eds) Ecología y ecofisiología de plantas en los bosques mesoamericanos. **Revista de Biología Tropical**, Costa Rica, v. 35, n. 1, p. 23-40, 1987.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F. REAL, P. **Mensura Forestal**. San Jose, Costa Rica: IICA/GTZ, 1997.

PUTZ, F. E.; ZUIDEMA, P. A.; SYNNOT, T.; PENÃ-CLAROS, M.; PINARD, M.A.; SHEIL, D.; VANCLAY, J.K.; SIST, P.; GOURLET-FLEURY, S.; GRISCOM, B.; PALMER, J.; ZAGT, R. Sustaining conservation values in selectively logged tropical

forests: the attained and the attainable. **Conservation Letters**, New York, v. 5, p. 296–303, 2012.

REIS, L. P.; TORRES, C. M. M. E.; SOUZA, A. L. de; FREITAS, L. J. M. de; REIS, P. C. M. dos R.; SILVA, L. F. da; LEITE, R. V. L. Prognose da distribuição diamétrica por matriz de transição em floresta após colheita no leste da Amazônia, **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 715-724, 2018.

REIS, L. P.; RUSCHEL, A. R.; SILVA, J. N. M.; REIS, P. C. M. DOS; CARVALHO, J. O. P. DE. SOARES, M. H. M. Dinâmica da distribuição diamétrica de algumas espécies de Sapotaceae após exploração florestal na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 57, p. 234-243, 2014.

RICHARDSON V. A.; PERES C. A. Temporal decay in timber species composition and value in Amazonian logging concessions. **Revista PLOS ONE**, United States, v. 11, n. 7, p. 22, 2016.

ROCHA, R.M. **Taxa de recrutamento e mortalidade da floresta de terra-firme da bacia do rio Cuieiras na região de Manaus-AM**. 2007. 49 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Fundação Universidade do Amazonas, Amazônia, 2007.

ROZENDAAL, D. M. A.; SOLIZ-GAMBOA, C. C.; ZUIDEMA, P. A. Timber yield projections for tropical tree species: the influence of fast juvenile growth on timber volume recovery. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v, 259, p. 2292–2300, 2010.

SANQUETTA, C. R.; BRENA, D. A.; ANGELO, H.; MENDES, J. B. Matriz de transição para simulação da dinâmica de florestas naturais sob diferentes intensidades de corte. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p.65-78, 1996.

SANQUETTA, C. R. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal**. Curitiba: FUPEF, 1996.

SANTOS, R. O.; LIMA, R. B. DE; ABREU, J. C. DE; APARÍCIO, P. DA S.; OLIVEIRA, C. P. Modelagem da distribuição em altura de *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A Mori em uma floresta ombrófila densa, Amapá, Brasil. **CONTECC**. 4 p, 2015.

SANTOS, S. R. M. DOS; MIRANDA, I, de S.; TOURINHO, M. M. Estimativa de biomassa de sistemas agroflorestais das várzeas do Rio Juba, Cametá, Pará. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 34, n. 1, p. 1 - 8, 2004.

SATOO, T. **Forest Biomass**, Holanda: Kluwer Academic Publishers Group. Distribution Center, 1982.

SCHIKOWSKI, A. B; MARTINS, A. P. M.; SCHIAVO, B. N. De V.; STANG, M. B.; Ana Paula Dalla CORTE, A. P. D.; NETTO, S. P. N.; SANQUETTA, C. R. Dinâmica da distribuição diamétrica de *Araucaria angustifolia* em um remanescente de floresta ombrófila mista no paraná. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 34, n. 1, p.163-182. Lavras, 2016

SCHNEIDER, P. R. **Manejo Florestal: Planejamento de Produção Florestal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2008a.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P.S.P. **Introdução ao manejo florestal**. 2.ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008.

SCHWARTZ, G., BAIS, A. L. S., PEÑA-CLAROS, M.; HOOGSTRA-KLEIN, M.; MOHREN, G.M.J.; ARTS, B.J.M. Profitability of silvicultural treatments in logging gaps in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Forest Science**, Malaysia, v. 28, n. 1, p. 68–78, 2016.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal: Modelos de crescimento e produção florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006.

SCOLFORO, J. R. S; THIERSCHI, A. Estimativas e testes da distribuição de frequência diamétrica para *Eucalyptus camaldulensis*, através da distribuição Sb, por diferentes métodos de ajuste. **Scientia Forestalis**, n. 54. p.93-106, Piracicaba 1998.

SHIMAMOTO, C. Y. **Estimativa do crescimento e acúmulo de biomassa em espécies arbóreas, como subsídio a projetos de restauração da Mata Atlântica**. 2012. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação). Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2012.

SILVA, F. Modelagem pré-colheita da estrutura diamétrica de plantios de *Pinus* spp. por meio de distribuições probabilísticas. **Floresta**, v. 42, n. 2, p.381-390. Curitiba, 2012.

SILVA, J. N. M. Manejo de florestas de terra firme da Amazônia brasileira. In: Curso de Manejo Florestal Sustentável, 1997, Curitiba. **Tópicos em manejo florestal sustentável**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p. 59-95. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 34).

SILVA, J. N. M. **The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging**. 1989. 302 f. (Tese Doutorado), University of Oxford, Oxford, 1989.

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; LOPES, J. do C. A.; ALMEIDA, B. F. DE; COSTA, D.H.M.; OLIVEIRA, L.C. de; VANCLAY, J. K.; SKOVSGAARD, J. P. Growth and yield of a tropical rain forest in the Brazilian Amazon 13 years after logging. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 71, n.3, p. 267-274, 1995.

SILVA, A. L.; CARVALHO, J. O. P. de; LOPES, J. C. A.; OLIVEIRA, R. P.; OLIVEIRA, L. C. de. Growth and yield studies in the Tapajós region, Central Brazilian Amazon, **Commonwealth Forestry Review**, Oxford, v.75, n. 4, p. 325-329, 1996.

SOARES, C.P.B.; PAULA NETO. F.; SOUZA, A.L. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa: Editora UFV, 2011.

SHANNON C. E. A Mathematical Theory of Communication. **The Bell System Technical Journal**, New York: v. 27, pp. 379–423, 623–656, 1948.

SOUZA, A. L. de; SOARES, C. P. B.; **Florestas Nativas: estrutura, dinâmica e manejo**. Viçosa: UFV, 2013.

SOUZA, D. R. **Sustentabilidade ambiental e econômica do manejo em floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia Oriental**. 2003. 123 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

SOUZA, D. R.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G.; YARED, J. A. Análise estrutural em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.1, p. 75-87, 2006.

SOUZA, L. H. S.; **Incremento volumétrico de *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez em Floresta Ombrófila Mista**. 2005. 78 f. (Dissertação de Mestrado), Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

SOUZA, C. S. C.; **Inventário florestal contínuo na floresta estadual do Amapá: Dinâmica de espécies arbóreas e dimensões da unidade amostral**. 2017. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

SOUZA, C. R. de; AZEVEDO, C. P. de; ROSSI, L. M. B.; SANTOS, J. dos; HIGUCHI, N. Projection of diametric distribution and carbon stock of a managed forest in Manaus. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 3, p. 525-534, 2014.

SPATHELF, P.; DURLO, M. A. Transition matrix for modeling the dynamics of a subtropical seminatural forest in southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 151, n. 1-3, p. 139-149, 2001.

STAPE, J. L.; ROCHA, J. C.; DONATTI, Z. **Indicadores de qualidade silvicultural na Aracruz: 2000 a 2005**. Piracicaba: IPEF, 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**. 2008. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro. 2008.

STEPKA, T. F.; LISBOA, G. DOS S.; KURCHAIT, S. M. Funções densidade de probabilidade para a estimativa da distribuição diamétrica em povoamento de *Eucalyptus* sp. na região centro sul do Paraná. **Ambiência**. PR, v. 7, n. 3. p. 429-439. Guarapuava, 2011.

SWAINE, M. D.; HALL, J. B.; ALEXANDER, I. J. Tree populations dynamics at Kade, Ghana (1968-1982). **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.3, n.4, p. 331-345, 1987.

TEIXEIRA, L. M.; CHAMBERS, J. Q.; SILVA, A. R.; LIMA, A. J. N.; CARNEIRO, V. M. C.; SANTOS, J. dos; HIGUCHI, N. Projeção da dinâmica da floresta natural de Terra-firme, região de Manaus-AM, com o uso da cadeia de transição probabilística de Markov. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 3, p. 377-384, 2007.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre: 3ed, 2010.

TURNER, I. M. **The Ecology of Trees in the Tropical Rain Forest**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

VALLEJOS, O. S. B. **Sistema de simulação de crescimento e produção de *Populus* spp., no Chile (Sistema SALICA)**. 2003. 113 f. (Tese de doutorado) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

VALLEJOS, O. S. B.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E.; MACHADO, S. do A.; DALLA CORTE, A. P. Proposta metodológica para o ajuste ótimo da distribuição diamétrica Weibull 3P. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 3, p. 387-393, 2004.

VANCLAY, J. K. Aggregating tree species to develop diameter increment equations for tropical rainforests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.42, p.143-168, 1991

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

VANCLAY, J. K. **Modelling forest growth and yield: applications to Mixed tropical forests**. Guildford: Biddies, 1994.

VASCONCELOS, S. S.; HIGUCHI, N.; DOLIVEIRA, M. V. N. Projeção da distribuição diamétrica de uma floresta explorada seletivamente na Amazônia Ocidental. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 31, n. 1, p. 71-80, 2009.

VATRAZ, S.; CARVALHO, J. O. P, de; GOMES, J. M.; TAFFAREL, M.; ERREIRA, J. E. R. Efeitos de tratamentos silviculturais sobre o crescimento de *Laetia procera* (Poepp.) Eichler em Paragominas, PA, Brazil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 095-102, 2012.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991.

VIALI, L. **Teste de hipóteses não paramétricos**. UFRGS. 43 p, 2008.

VIDAL, E.; VIANA, V.; BATISTA, J. L. F. Efeitos da exploração madeireira predatória e planejada sobre a diversidade de espécies na Amazônia oriental. **Revista Arvore**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 503-520, 1998.

VILLEGAS, Z.; PEÑA-CLAROS, M.; MOSTACEDO, B.; ALARCÓN, A.; LICONA, J.C.; LEAÑO, C.; PARIONA, W.; CHOQUE, U. Silvicultural treatments enhance growth rates of future crop trees in a tropical dry forest. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v. 258, p. 971- 977, 2009.

WEIBULL, W. A statistical distribution function of wide applicability. **Journal of Applied Mechanics**, Stockholm, v.18, p. 293-297, 1951.

WHITMORE, T. C. **Tropical rain forest of the Far East**. Oxford: Clarendon Press. 2a ed, 1984.

WOYCIKIEWICZ, A. P. F. **Dinâmica e prognose de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, em Cássia, MG**. 2017. 200 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná. 2017.

ZEIDE, B. Accuracy of equations describing diameter growth. **Canadian Journal of Forest**. Canadá, v. 10, n. 19, p. 1283-1286, 1989.