

Capítulo 07

DINÂMICA E ESTRUTURA FLORESTAL EM ÁREA EXPLORADA SOB REGIME DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA SUL OCIDENTAL, BRASIL

Mário Humberto Aravena Acuña, Luís Cláudio de Oliveira, Marcus Vinício Neves D' Oliveira,
Carlos Alberto Franco da Costa e Moisés Barbosa de Souza

1. INTRODUÇÃO

A complexidade da estrutura florestal na Amazônia, a falta de políticas públicas e de recursos financeiros limitam as pesquisas mais apuradas sobre a estrutura e dinâmica das florestas multiâneas, em áreas sob regime de manejo florestal sustentável (MFS).

O conceito básico de sustentabilidade, o qual consiste em manejar aos recursos naturais de maneira que os descendentes possam utilizar os mesmos benefícios e em iguais quantidades que os da geração atual, originou-se, ao parecer, no século XVIII, com Hartig e Cota, no ano de 1804. Todavia, florestas naturais são complexas, limitando a análise e a prognose florestal, devido a fatores como: i. a heterogeneidade de espécies; ii. carência de estudos sobre idade; iii. o tamanho de populações florestais tropicais e iv. carência de métodos robustos de análise (SANQUETTA et al., 1996).

O MFS abrange todas as funções da gestão de um empreendimento florestal inclusive a ordenação e controle da pro-

dução florestal de madeiras em toras exploradas em florestas nativas na Amazônia. O principal objetivo é a produção constante de madeira no longo prazo, sendo imprescindíveis para isso, obter as informações sobre o crescimento, recrutamento e a mortalidade da densidade arbórea. O conhecimento da estrutura da floresta é de vital importância para o manejador florestal. O conhecimento da complexidade e da dinâmica das espécies é essencial no planejamento estratégico, operacional e tático na utilização sustentável e conservação dos recursos e estoques madeireiros (SCHNEIDER, 2004; TEIXEIRA et al., 2007; D'OLIVEIRA et al., 2013; 2017).

Na Amazônia, existe carência de estudos sobre a relação entre a produção sustentada de madeira e a intensidade de exploração ou corte. A principal demanda tecnológica é a falta de estudos mais refinados, incluindo projeções de produção florestal e da resposta da floresta explorada sob distintos regimes de intensidade de corte e de tratamentos silviculturais. Também existe a demanda de procurar evidências dos impactos dos fenômenos climáticos atípicos ocorridos nas últimas décadas, com maior frequência na região, e que têm afetado as florestas. A Amazônia foi afetada por fenômenos climáticos extremos e as florestas impactadas pelo estresse hídrico e por fortes tormentas (NELSON et al., 1994; NEGRÓN-JUAREZ et al., 2010; HIGUCHI et al., 2011). Os efeitos decorrentes dos eventos climáticos extremos podem diminuir a produção primária líquida da biodiversidade devido ao aumento da mortalidade das árvores (NEMANI, et al., 2003; BAKER et al., 2004; CLEMENT; HIGUCHI, 2006; BOISVENUE; RUNNING, 2006; TOLEDO et al., 2011).

No estado do Acre, o MFS vem sendo implantado há mais de duas décadas, abrangendo a concessão de terras estaduais licitadas para exploração sob regime dos Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS). Isso demanda de estudos de monitoramento florestal, para o qual, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Acre (Embrapa Acre) detém experimentos desde 1990, em áreas exploradas sob regime de MFS e em áreas testemunhas (D'OLIVEIRA et al., 2013; 2017).

Este capítulo é resultado da análise de um experimento da EMBRAPA AC, de uma área submetida ao MFS, para o estudo da dinâmica da densidade arbórea de tipologia vegetal de floresta ombrófila aberta com presença de espécies de *Guadua* spp. (taboca ou bambu), no período pós-exploração, aplicando o modelo de análise matemático determinístico da Floresta Balanceada de Meyer (1952) (SOUZA; SOUZA, 2005).

O capítulo demonstra ferramentas de apoio e pesquisa ao MFS na Amazônia que sejam úteis para avaliar as medidas silviculturais adotadas, ou a efetuar, o planejamento estratégico, operacional e tático, e prever ciclos de corte. Esta estratégia atende o princípio da sustentabilidade florestal na exploração de madeira tropical em toras na Amazônia.

2. FLORESTAS TROPICAIS: DINÂMICA FLORESTAL E MONITORAMENTO

Para propiciar a produção florestal, é necessário estudar a dinâmica florestal: i. o crescimento diamétrico das árvores; ii. ingresso de novas árvores na densidade arbórea; e iii. a mortalidade. Na Amazônia têm sido utilizadas parcelas permanentes para estudos da dinâmica florestal, associadas a

longos períodos de monitoramento, os que oferecem informações seguras sobre recrutamento, mortalidade e mudanças do diâmetro do povoamento florestal (SHEIL, et al., 1995; MALHI et al., 2002; LEWIS et al., 2004; TEIXEIRA et al., 2007; LAURANCE et al., 2009). As parcelas permanentes continuam a ser reconhecidas, pela ciência florestal, como a melhor maneira de tratar o monitoramento de florestas tropicais. As primeiras parcelas permanentes foram implantadas no ano de 1978, no estado do Pará, na Floresta Nacional do Tapajós (HIGUCHI, 1987).

O estudo da dinâmica florestal em florestas multiânueas requer, ainda, a utilização da teoria de projeção de tabelas de povoamento, as que permitem estimar as mudanças estruturais da floresta, mediante a utilização de modelos de crescimento e produção aplicados às informações obtidas no monitoramento em uma série de determinados espaços de tempo (HIGUCHI, 1987; SANQUETTA et al., 1996; 1999; AZEVEDO et al., 2008; BRAZ; MATOS, 2014).

O estudo da dinâmica florestal permite realizar a previsão da produção de biomassa em florestas tropicais com o objetivo de: i. definição do ciclo de corte; ii. definição de datas de intervenção silvicultural; iii. análise qualitativa da evolução dos estoques de biomassa; iv. estimativa do valor dos estoques visando ciclos futuros; v. predição da dinâmica da estrutura da floresta; e v. indicador da sustentabilidade econômica, ecológica e social dos PMFS.

A legislação brasileira prevê o monitoramento de florestas tropicais na Portaria 048/ 95 do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA),

que determina que o monitoramento ambiental é uma exigência legal e tem como objetivo avaliar o crescimento e a dinâmica florestal, além dos impactos causados pelas operações de exploração florestal e aos efeitos naturais (IBAMA, 2010).

A atividade de monitoramento das florestas tropicais também tem sido objeto das preocupações e tema central das reuniões, nesse sentido, das Nações Unidas nas últimas décadas. Na reunião mundial realizada em Genebra, em julho de 2013, foi concluído que o monitoramento das florestas naturais na Amazônia, exploradas e não exploradas, estão muito longe de cumprir o seu papel fundamental na formulação do princípio da sustentabilidade da atividade, que é de acompanhar os efeitos antrópicos e naturais dos impactos às florestas naturais e remanescentes de exploração florestal para segurar os níveis de estoques, no mesmo patamar, para as futuras gerações (ONU / FAO, 2015).

Estudos de regeneração natural, quantificação dos estoques madeireiros, estudo da dinâmica do crescimento das árvores remanescentes e da ocupação de clareiras são a forma mais comum para se obter resultados consistentes para auxiliar no planejamento da sustentabilidade do ecossistema e na produção de madeira em *in natura* (em toras), além de oferecer sugestões para minimizar os impactos negativos decorrentes da exploração florestal e dos impactos naturais.

Na análise da relação entre produção sustentada de madeira e intensidade de exploração existe a clara necessidade de estudos sobre as respostas da floresta em diferentes intensidades de exploração e de tratamentos silviculturais para futuras projeções. Inventários florestais contínuos propiciam uma ótima oportunidade de melhorar as estimativas de biomassa acima do solo, pois esses dados são abundantes e geralmente coletados em grandes áreas, utilizando métodos planejados para representar a população de interesse. Na década de 2000, foram

formadas redes internacionais, como RAINFOR (MALHI et al., 2002) e a TMFO (SIST; FERREIRA, 2007), dedicadas a organizar os resultados e promover o estudo da dinâmica das florestas, pois estudos de longo prazo ainda são escassos, pontuais e insuficientes para representar os grandes ecossistemas tropicais manejados (D'OLIVEIRA et al., 2013).

A tecnologia atual deve garantir a manutenção dos estoques, valorando a floresta amazônica em conjunto com o avanço das pesquisas tecnológicas. A sustentabilidade da atividade depende diretamente da correta gestão na extração dos recursos naturais e nas taxas anuais conclusivas, decorrentes de robustas pesquisas e análises da estrutura da floresta e dos resultados dos monitoramentos do potencial regenerativo. Um povoamento balanceado deve avaliar o crescimento do estoque para prever a estrutura futura, definindo um valor diamétrico esperado e estimar o grau de intervenção antrópica (SOUZA; SOUZA, 2005; BRAZ; MATOS, 2015).

A metodologia aplicada pela EMBRAPA – AC, nos monitoramentos nos anos de 2001, 2004, 2007 e 2011, utilizou inventários florestais contínuos para efetuar a análise da evolução e comportamento dos estoques da densidade arbórea e das variáveis da dinâmica florestal (D'OLIVEIRA et al., 2013).

Durante o período analisado, de 2001 a 2011, foi constatada no monitoramento de 2004, a morte das espécies de *Guadua* spp. Nesse período, ocorreram fenômenos climáticos extremos originados pelo El Niño, com estresse hídrico em 2005 e 2010, e excesso hídrico derivado de fortes tormentas convectivas, acompanhadas de ventos de alta velocidade no inverno amazônico ocorrido entre os anos de 2010 e 2011.

O cálculo dos limites da produção primária líquida da densidade arbórea foi realizado pelo método determinístico

de Floresta Balanceada de Meyer (1952), no período de 2001 a 2011 e entre os monitoramentos dos anos de 2001; 2004; 2007 e 2011.

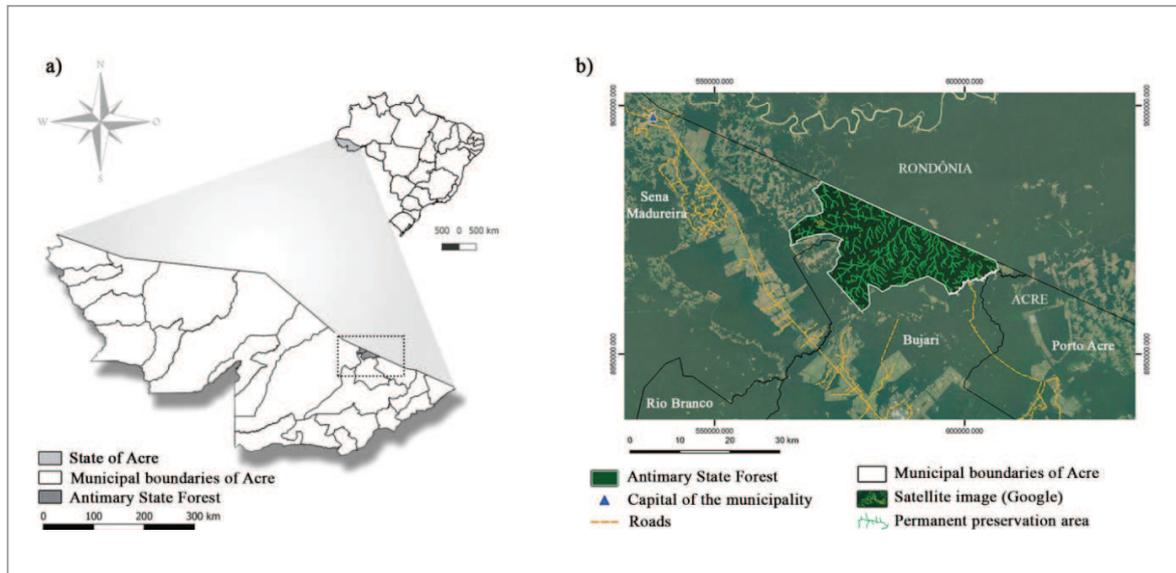
3. METODOLOGIA DO ESTUDO

O estudo visou analisar a evolução dos estoques de densidade arbórea da estrutura florestal da área de estudo submetida ao MFS na Amazônia, no período pós-exploração florestal, aplicando, para isso, o modelo matemático e determinístico da Floresta Balanceada de Meyer.

O estudo foi realizado na Unidade Produção Anual Tabocal (UPA Tabocal), que pertence à base científica do Governo do Estado do Acre, a Floresta Estadual do Antymari, localizada nos municípios de Sena Madureira e Bujari (68°01' a 68°23'W; 9°13' a 9°31'S) e distante a 120 km da capital do estado, Rio Branco (Figura 1).

A Floresta Estadual do Antymari é uma unidade de conservação de posse pública estadual. Tem uma superfície de 76.832 hectares (ha) e nela habitam 52 famílias de extrativistas. O clima é do tipo *Awi*, quente e úmido, com precipitação anual de cerca 2.000 milímetros por ano e temperatura média anual de 25° C, com umidade relativa média do ar acima dos 75%. A época chuvosa coincide com os meses de setembro a abril. O período de déficit hídrico situa-se entre maio e agosto. Os solos predominantes são latossolos amarelos distróficos com alto conteúdo de argila. A área tem topografia suave, com altitude máxima de 300 metros (FUNTAC, 1989).

Figura 1. Mapa de localização da Unidade Produção Anual Tabocal na Floresta Estadual do Antymari, Acre, Brasil.



Fonte: D'Oliveira et al. (2013)

O PMFS da Floresta Estadual do Antymari é de responsabilidade do Governo do Estado do Acre e do Conselho Consultivo da unidade de conservação e tem como missão a de contribuir com ações voltadas para a implantação das atividades previstas no planejamento.

A UPA Tabocal detém tipologia vegetal de Floresta Ombrófila Aberta com presença de espécies de *Guadua* spp., que representa uma baixa capacidade de exploração madeireira, de 5 a 10 metros cúbicos por hectare ($m^3 \cdot ha^{-1}$) de espécies com valor de mercado, ou comerciais. (D'OLIVEIRA et al., 2013).

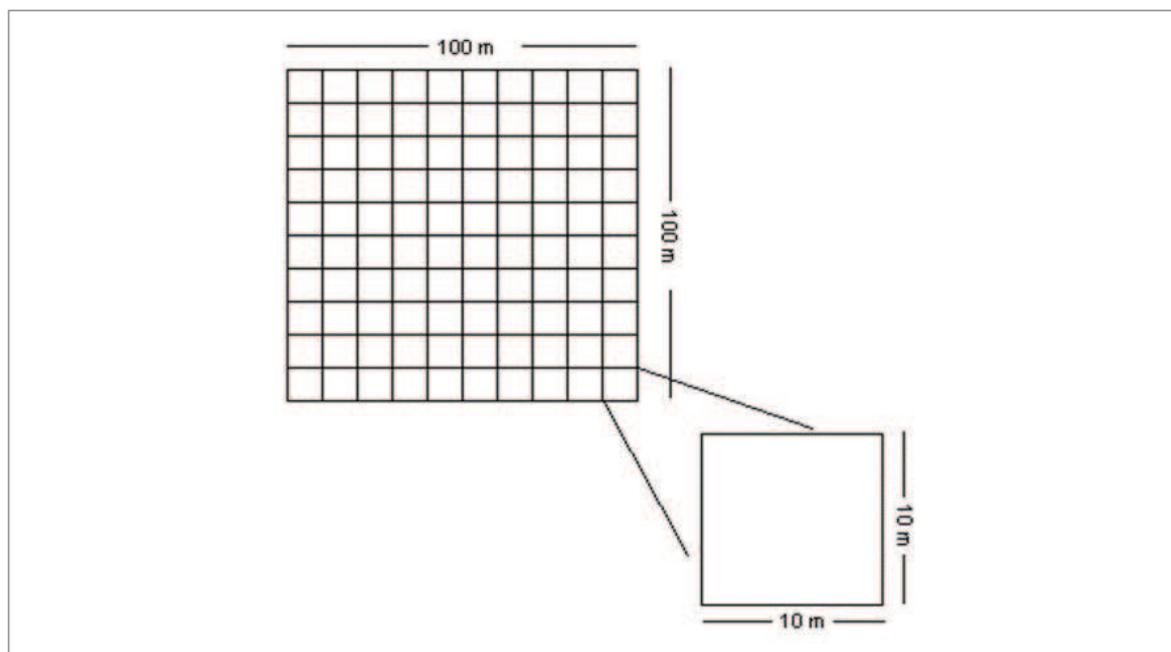
Visando atender a demanda de pesquisa sobre a estrutura e a dinâmica florestal da Floresta Estadual do Antymari, o monitoramento do manejo florestal sustentável na UPA Tabocal teve início no ano de 1999 com a instalação de 10 parcelas permanentes pela EMBRAPA AC. A exploração ocorreu no ano de 2000 e os monitoramentos aconteceram em 1999, 2001, 2004, 2007, 2011 e 2018 (ainda em processamento de análise).

O PMFS compreendeu o Plano de Operação Anual (POA) de uma área inicial de exploração florestal de 1000 ha. As 10 parcelas permanentes implantadas de 1 ha (100 m x 100 m), foram subdivididas em 100 sub-parcelas de 10 m x 10 m (Figura 2), das quais, 20% foram aleatoriamente avaliadas.

No inventário florestal foi registrada a medida da circunferência à altura do peito (CAP), ou distante a 1,3 m do solo, plaqueadas todas as árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) maior ou igual a (\geq) 5 cm em 20% das sub-parcelas escolhidas aleatoriamente, e nas árvores com $DAP \geq 20$ cm no total das 10 parcelas permanentes. Todas as informações foram apontadas na ficha florestal.

As análises dos dados da ficha florestal foram registradas e ordenadas, contendo: i. identificação do indivíduo; ii. ano; iii. número da parcela permanente; iv. número da sub-parcela permanente; v. número da árvore (plaqueta na floresta); vi. nome comum; vii. nome científico; viii. família botânica; ix. característica ecológica (pioneira); x. estado de saúde da árvore; xi. CAP; xii. DAP; xiii. equivalência em metros quadrados de área basal (AB); xiv. metros cúbicos de volume (V); xv. mega-gramas de biomassa (AGB); xvi. tratamento silvicultural; xvii. danos na floresta remanescente; xviii. iluminação da copa; xix. forma da copa; xx. presença de cipós; xxi. espécie comercial; e xxii. espécie não-comercial.

Figura 2. Modelo de implantação de parcelas permanentes de monitoramento pela Embrapa Acre na Floresta Estadual do Antymari



Fonte: D'Oliveira et al. (2013)

Para consolidar a consistência dos dados, foram utilizadas as ferramentas contidas no programa Microsoft – Excel e as distribuições diamétricas foram ajustadas através de equações não lineares, utilizando o PROC NLIN do SAS 9.1.3. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Estimativas e cálculos efetuados para análise da dinâmica florestal:

i. DAP: obtido dos valores em CAP cm, os quais foram convertidos a DAP mm, pela equação:

$$DAP \text{ mm} = CAP \text{ cm} / (PI / 10) \text{ (Eq. 1)},$$

onde: PI: constante (3,1416...).

ii. Área basal (AB): obtida aplicando a equação:

$$AB = (PI * (DAP \text{ mm} / 1000) ^ 2) / 4 \text{ (Eq. 2)}$$

onde: AB: área basal expressa em metros quadrados por hectare ($m^2 \cdot ha^{-1}$).

iii. Volume (V): aplicação da fórmula desenvolvida pela Fundação de Tecnologia do Acre (FUNTAC, 1989) adequada para florestas nativas no Acre:

$$[V = 0.000308 * (((DAP \text{ mm} / 10)))^ 2.1988](\text{Eq. 3})$$

onde: V: volume expresso em $m^3 \cdot ha^{-1}$.

iv. AGB: biomassa calculada utilizando uma equação alométrica desenvolvida para uma floresta semelhante no sul da Amazônia proposta por Nogueira et al. (2008):

$$[AGB = (EXP (-1.716+2.413 * LN (DAP \text{ mm} / 10)) / 1000)] (\text{Eq. 4})$$

onde: AGB: biomassa seca expressa em Megagramas por hectare ($Mg \cdot ha^{-1}$); EXP: função exponencial; Ln: logaritmo neperiano em mm.

v. Recrutamento ou ingresso de novas árvores no estudo: representam a densidade arbórea que nos monitoramentos de 2004, 2007 e 2011 apresentaram $DAP \geq 20\text{cm}$. As taxas efetivas anuais foram calculadas aplicando a equação desenvolvida por Schneider (2004):

$$[TaaR = ((1+(\sum R_1 / \sum V_0)^{1/t})-1)*100] (\text{Eq. 5})$$

onde: TaaR: taxa anual do recrutamento; $\sum R_1$: somatória das árvores recrutadas expressos na estimativa; $\sum V_0$: somatória dos indivíduos vivos na medição atual expressa na estimativa; t: tempo em anos representado pelo período entre as medições analisadas.

vi. Mortalidade: calculada de acordo com a fórmula de Sheil et al. (1995):

$$[TaaM = ((1+(\sum M_1 / \sum V_0)^{1/t})-1)*100] \text{ (Eq. 6)}$$

onde: TaaM: taxa anual de mortalidade; M_1 : número de árvores mortas entre as medições analisadas; V_0 : número de árvores vivas na medição anterior à atual.

vii. Crescimento: pode ser calculado com todas as estimativas utilizando a equação:

$$[TaaC = ((1+(\sum V_1 / \sum V_0)^{1/t})-1)*100] \text{ (Eq. 7)}$$

onde: TaaC: taxa anual de crescimento; V_1 : total de vivas no monitoramento presente.

3.1 ESTUDO DA DINÂMICA E ESTRUTURA EM ÁREA EXPLORADA SOB REGIME DE MANEJO FLORESTAL DA FLORESTA ESTADUAL DO ANTUMARI.

Floresta Balanceada de Meyer (1952): Conhecer a estrutura de uma floresta sob regime de MFS, no período de pós-exploração seletiva, serve de auxílio na condução da estrutura da floresta remanescente para um sistema de classes de diâmetros balanceadas, as que podem ser obtidas através de aplicação de sistemas silviculturais durante o ciclo de corte (SOUZA; SOUZA., 2005).

A distribuição diamétricas da densidade arbórea em florestas tropicais nativas, apresenta a figura de “J” invertido, onde a abundância de árvores decresce na medida que aumenta o valor central da classe. O “J” invertido expressa graficamente a sobreposição de curvas normais que pode ser interpretado como classe de idade ou classes de tamanho em florestas inequinêas (BRAZ, 2010).

O sistema de balanceamento dos diâmetros pelo 'q' de De Lioucourt, ou método BDq de seleção, é um sistema recomendado para ser aplicado em florestas multiânneas. A expressão 'q' denominada de Quociente de De Lioucourt demonstra a dependência entre o número de árvores entre as classes diamétricas sucessivas e se baseia no suposto que não podem existir árvores na classe presente, ou $n+1$, se não existiam nas classes anteriores (SCHNEIDER; FINGER, 2000; SCHNEIDER, 2004; SOUZA; SOUZA, 2005).

A razão 'q' de De Lioucourt representa a razão entre o número de indivíduos da menor classe pela imediatamente posterior, além de permitir fazer inferências sobre o recrutamento e a mortalidade em florestas naturais. A determinação da área basal (AB) balanceada pelo método BDq determina o processo de manejo seletivo, permitindo conduzir a floresta para uma produção planejada. O sistema BDq torna possível utilizar o conceito de floresta balanceada, tendo como resultado a descrição das características de uma floresta normal, a partir do estudo de povoamentos irregulares, expressa em uma constante de proporcionalidade entre o número de árvores por categoria diamétrica sucessiva chamado de 'q' de De Lioucourt.

A manutenção do equilíbrio da estrutura diamétrica de uma floresta explorada depende do MFS para conduzi-la a uma distribuição futura que esteja balanceada para alcançar um nível de produção sustentada, através da área basal balanceada ou o 'q-balanceado' (qb), que consiste em um sistema de manejo no qual se retira o incremento corrente, no período do ciclo de corte, sem que a estrutura e volume inicial sejam alterados, obtendo níveis de produção economicamente viáveis e sustentáveis.

Em sistemas florestais, em uma classe de diâmetro definida, não aparecem indivíduos que não estejam dependentes de um processo anterior sujeito às variáveis da dinâmica florestal, o crescimento, a

mortalidade e o recrutamento, bem como a permanência na classe ou extração. O modelo de De Lioucourt obedece a essa dinâmica natural. O 'q' de De Lioucourt permite distinguir as estatísticas interespecíficas de dominância, competição, probabilidade de movimentação entre as classes diamétricas, do crescimento, recrutamento e da mortalidade, indicando, com isso, a necessidade de reposição nas classes exploradas pela diferença entre as observações e os balanceamentos dos diâmetros.

Uma floresta planejada de produção, ou Floresta de Produção (BRAZ et. al. (2015) deve comportar a intervenção antrópica de forma a manejar a estrutura diamétrica para um ponto desejado que obedeça o planejamento do empreendimento, sugerindo, ainda, com isso, que a determinação das taxas de corte devem ser pautadas pela busca desse ponto de equilíbrio de recuperação dos estoques utilizados. De Lioucourt demonstrou que uma distribuição diamétrica sustentável pode ser expressa por um quociente relativo às classes de diâmetro posteriores, o que demanda a modelagem correta dessa relação para obter com isso, uma Floresta de Produção constante.

Para aplicar a metodologia, a densidade arbórea foi distribuída em 11 classes diamétricas de 10 centímetros (cm) de amplitude, com limite inferior $DAP \geq 20$ cm. O valor central (VC) da classe diamétrica representa a média, em cm, entre o limite inferior e superior empreso.

O método determinístico de Meyer seguiu as seguintes etapas:

- i. Determinação do limite inferior (Linf) e superior (Lsup) otimizado pelo ajuste do 'q' de De Liocourt em relação à densidade (n) observada nas classes diamétricas nos monitoramentos de 2001, 2004, 2007 e 2011;

ii. Cálculo da AGB balanceada e a AGB observada nos monitoramentos de 2001; 2004; 2007 e 2011;

iii. Determinação da diferença (Δ) relativa percentual (%) entre as AGB observadas e às AGB balanceadas por grupos de classes diamétricas;

iv. Tabela das diferenças percentuais dos índices anuais efetivos da evolução dos estoques da AGB observadas e as AGB balanceadas da densidade arbórea, calculados com base nos saldos dos monitoramentos de 2001, 2004, 2007 e 2011 conforme a distribuição de classes de tamanho.

Cálculo das estimativas do modelo de Floresta Balanceada de Meyer:

i. O 'q' observado para distribuições não balanceadas resulta da equação:

$$q_0 = N1 / N2 \text{ logo } qn = Nn / Nn+1 \text{ (Eq. 8)}$$

onde: q_0 : quociente 'q' observado; $N1$: abundância das árvores que permaneceram na primeira classe de DAP; $N2$: abundância das árvores que permaneceram na segunda classe de DAP; Nn : n -ésima classe de DAP; $n+1$: $(n+1)$ -ésima classe de DAP+1 (classe imediatamente seguinte);

ii. O n balanceado (abundância balanceada) resulta da equação:

$$qn = \in (\beta_0 + (\beta_1 \cdot VC)) \text{ (Eq. 9)}$$

onde: qn : 'q' de De Liocourt balanceado; β_0 : coeficiente estimado 0; β_1 : coeficiente estimado 1; VC: valor central da classe de diâmetro em cm.

iii. O coeficiente estimado 0 ou β_0 é calculado pela equação:

$$\beta_0 = LN \left[\frac{(\sum ((AB_{Cd}) * 40000))}{((\sum VC^2) * \pi)} \right] \text{ (Eq. 10)}$$

onde: \sum : somatória; AB_{Cd} : total de área basal por hectare ($m^2 \cdot ha^{-1}$) em cada classe diamétrica; VC^2 : valor central (cm) de cada classe elevado ao quadrado.

iv. O coeficiente estimado 1 ou β_1 foi calculado conforme a equação:

$$\beta_1 = \frac{(LN \ qn)}{-10} \text{ (Eq. 11)}$$

v. O 'qn' ou 'q balanceado' resulta das frequências balanceadas calculado com a equação:

$$qn = \frac{Nn}{Nn + 1} \text{ (Eq. 12)}$$

onde: qn : quociente de "q" balanceado; Nn : abundância da classe diamétrica inferior; $Nn+1$: abundância da i-ésima classe diamétrica.

vi. Cálculo da biomassa: Para construir a tabela das estimativas da AGB observadas e as AGB balanceadas, os valores das abundâncias encontradas foram calculadas, aplicando a equação de Noqueira et al. (2008) utilizando o DAP do VC, em cm, de cada classe:

$$AGB = (EXP (-1.716+2.413 \cdot LN (DAP/10)))/100 \text{ (Eq. 13)}$$

onde: AGB : biomassa expressa em $Mg \cdot ha^{-1}$.

vii. As diferenças relativas ou percentuais, quando compara-

dos os valores encontrados nas AGB observadas e balanceadas, foram calculadas conforme a equação:

$$\Delta_{\pm} = \left(\left(\frac{AGB\ obs}{AGB\ qn} \right) - 1 \right) 100 \quad (\text{Eq. 14})$$

onde: Δ_{\pm} : diferença percentual, positiva ou negativa.

viii. Taxas anuais dos estoques de AGB: A construção da tabela contendo os índices anuais da evolução dos estoques da AGB da densidade arbórea em grupos de tamanho, nos monitoramentos de 2001, 2004, 2007 e 2011, conforme observado nas classes de DAP, utilizou como base de cálculo os saldos dos estoques de AGB encontrados em 2001, de acordo com a fórmula:

$$Tx\%aa = \left(\left(\frac{STct + 1}{STct} \right)^{\left(\frac{1}{n} \right)} - 1 \right) 100 \quad (\text{Eq. 15})$$

onde: $Tx\%aa$: taxa percentual anual; $STct + 1$: valor da AGB observada presente, na classe de tamanho; $STct$: valor da AGB observada em 2001 na classe de tamanho; n : número de anos do intervalo entre os monitoramrntos avaliados.

4. RESULTADOS DA ANÁLISE E AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO, RECRUTAMENTO E MORTALIDADE DE ESPÉCIES COMERCIAIS EXPLORADAS NA FLORESTA ESTADUAL DO ANTYMARI

O modelo determinístico da Floresta Balanceada de Meyer (1952) determinou os índices da produção primária líquida da fotossíntese na UPA Tabocal, através da determinação dos limites inferior e superior balanceados e estimados em densidade (n) da densidade arbórea AGB, expressa em $Mg.ha^{-1}$, utilizando o produto dos saldos absolutos observados

e os encontrados no resultado do ajuste do 'q' de De Liocourt através da aplicação da equação exponencial de Meyer.

Para cálculo dos limites balanceados, foram utilizadas as informações do saldo de número de árvores (n) observado e balanceado nos monitoramentos de 2001, 2004, 2007 e 2011 e os saldos na estimativa em área basal. O 'q' observado foi calculado pelo ajuste exponencial de Meyer (Tabela 1).

Os saldos dos estoques da densidade arbórea demonstram a dinâmica florestal da área estudada, pois incluem nas classes de diâmetro, os efeitos do crescimento, ingresso de novas árvores (recrutamento) e da mortalidade decorrente dos fenômenos antrópicos e atípicos.

O 'q' balanceado de 2001 resultou em um n de 2,17; em 2004 de 1,92; em 2007 de 2,31; e em 2011 de 2,24.

Tabela 1. Cálculo do ‘q’ balanceado conforme a densidade observada (n) e a área basal observada nos monitoramentos de 2001; 2004; 2007 e 2011, pelo ajuste de Meyer.

| Cd | f2001 | AB_ obs | AB_ bal | q_ obs | q_ bal | Cd | f2007 | AB_ obs | AB_ bal | q_ obs | q_ bal |
|-----------|--------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------|--------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 25 | 722 | 3,54 | 3,68 | 2,16 | 2,17 | 25 | 900 | 4,42 | 4,92 | 2,51 | 2,31 |
| 35 | 334 | 3,21 | 3,32 | 2,17 | 2,17 | 35 | 358 | 3,44 | 4,17 | 1,85 | 2,31 |
| 45 | 154 | 2,45 | 2,53 | 2,23 | 2,17 | 45 | 193 | 3,07 | 2,97 | 2,57 | 2,31 |
| 55 | 69 | 1,64 | 1,74 | 2,16 | 2,17 | 55 | 75 | 1,78 | 1,92 | 1,88 | 2,31 |
| 65 | 32 | 1,06 | 1,12 | 2,91 | 2,17 | 65 | 40 | 1,33 | 1,16 | 2,50 | 2,31 |
| 75 | 11 | 0,49 | 0,69 | 1,00 | 2,17 | 75 | 16 | 0,71 | 0,67 | 2,67 | 2,31 |
| 85 | 11 | 0,62 | 0,41 | 2,75 | 2,17 | 85 | 6 | 0,34 | 0,37 | 0,75 | 2,31 |
| 95 | 4 | 0,28 | 0,23 | 1,00 | 2,17 | 95 | 8 | 0,57 | 0,20 | 1,60 | 2,31 |
| 105 | 4 | 0,35 | 0,13 | 2,00 | 2,17 | 105 | 5 | 0,43 | 0,11 | 5,00 | 2,31 |
| 115 | 2 | 0,21 | 0,07 | 2,00 | 2,17 | 115 | 1 | 0,10 | 0,05 | 0,33 | 2,31 |
| 125 | 1 | 0,12 | 0,04 | | | 125 | 3 | 0,37 | 0,03 | | |
| Cd | f2004 | AB_ obs | AB_ bal | q_ obs | q_ bal | Cd | f2011 | AB_ obs | AB_ bal | q_ obs | q_ bal |
| 25 | 634 | 3,11 | 2,97 | 1,81 | 1,92 | 25 | 891 | 4,37 | 4,69 | 2,29 | 2,24 |
| 35 | 351 | 3,38 | 3,03 | 1,99 | 1,92 | 35 | 389 | 3,74 | 4,10 | 2,05 | 2,24 |
| 45 | 176 | 2,80 | 2,60 | 2,26 | 1,92 | 45 | 190 | 3,02 | 3,03 | 2,75 | 2,24 |
| 55 | 78 | 1,85 | 2,02 | 2,11 | 1,92 | 55 | 69 | 1,64 | 2,02 | 1,82 | 2,24 |
| 65 | 37 | 1,23 | 1,47 | 2,47 | 1,92 | 65 | 38 | 1,26 | 1,26 | 2,00 | 2,24 |
| 75 | 15 | 0,66 | 1,02 | 1,88 | 1,92 | 75 | 19 | 0,84 | 0,75 | 3,80 | 2,24 |
| 85 | 8 | 0,45 | 0,68 | 1,14 | 1,92 | 85 | 5 | 0,28 | 0,43 | 0,56 | 2,24 |
| 95 | 7 | 0,50 | 0,44 | 1,75 | 1,92 | 95 | 9 | 0,64 | 0,24 | 3,00 | 2,24 |
| 105 | 4 | 0,35 | 0,28 | 4,00 | 1,92 | 105 | 3 | 0,26 | 0,13 | 1,00 | 2,24 |
| 115 | 1 | 0,10 | 0,18 | 0,33 | 1,92 | 115 | 3 | 0,31 | 0,07 | 1,00 | 2,24 |
| 125 | 3 | 0,37 | 0,11 | | | 125 | 3 | 0,37 | 0,04 | | |

Onde: Cd: classe diamétrica de amplitude de 10 cm, valor central em cm; f2001: densidade observada no monitoramento de 2001; f2004: densidade observada no monitoramento de 2004; f2007: densidade observada no monitoramento de 2007; densidade observada no monitoramento de 2011; AB_Obs: área basal observada; AB_bal: área basal balanceada; q_obs: ‘q’ de deLiocourt observado no monitoramento; q_bal ‘q’ de deLiocourt balanceado no monitoramento. Fonte: Autores

O total da área basal observada em cada monitoramento apresentou taxas anuais de crescimento líquido de 1,9%

entre 2001 e 2004; de 3,8% entre 2004 e 2007 e de 0,3% entre 2007 e 2011. Em todo o período estudado, de 2001 a 2011, a taxa anual de crescimento em área basal foi de 1,8%.

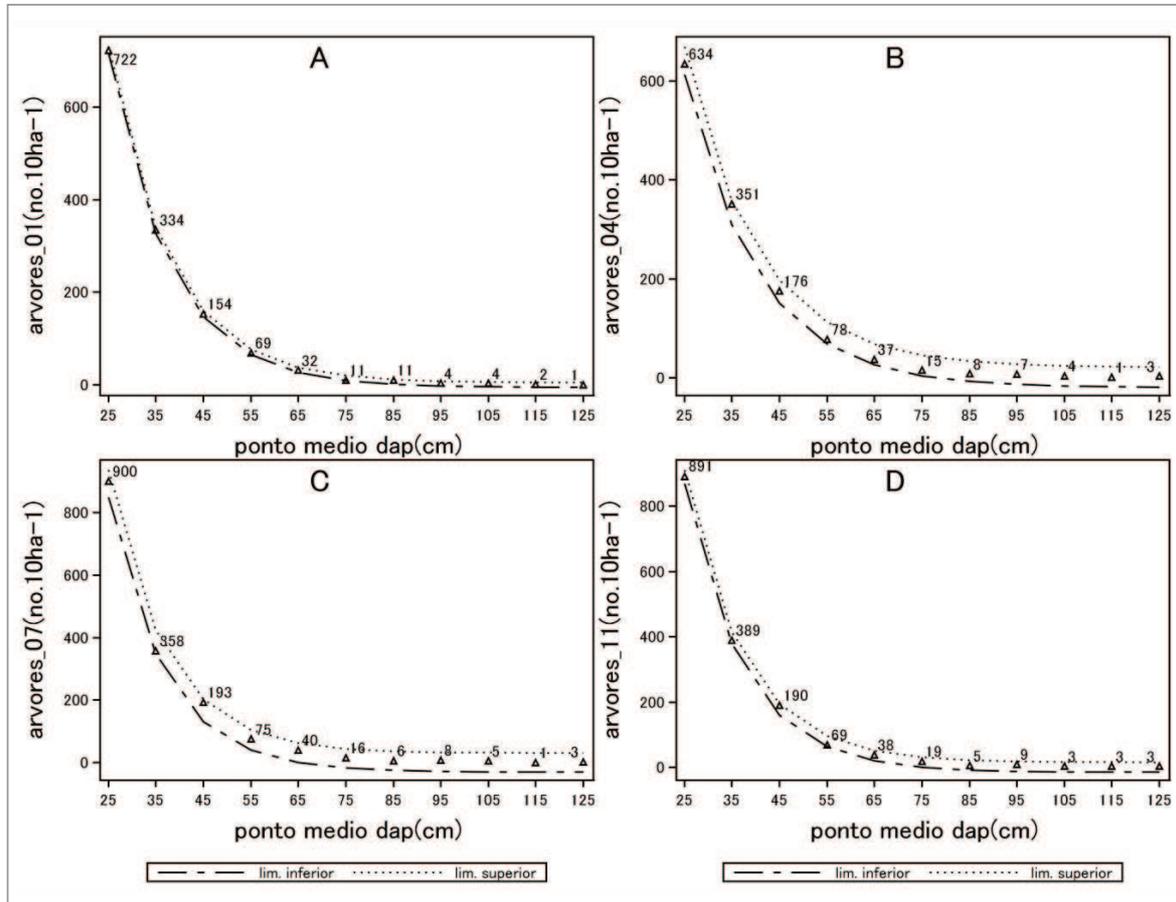
Tabela 2. Total de área basal observada em cada monitoramento e taxas anuais de crescimento, calculadas com base no saldo do estoque de cada monitoramento em relação ao estoque de 2001.

| Estimativa | AB_2001 | AB_2004 | AB_2007 | AB_2011 |
|------------|---------|---------|---------|---------|
| AB total | 13,98 | 14,80 | 16,56 | 16,74 |
| % anual | 1,9 | 3,8 | 0,3 | 1,8 |

Onde: AB total: soma da área basal observada nas classes diamétricas nos monitoramentos de 2001; 2004; 2007 e 2011; % anual: taxa anual de crescimento em área basal; Fonte: Autores

Na Figura 3, são apresentados os quadros dos monitoramentos de 2001; 2004; 2007 e 2011, contendo a expressão dos limites inferior e superior da UPA Tabocal calculado do ajuste exponencial de Meyer, balanceado pelo 'q' de De Liocourt.

Figura 3. UPA Tabocal. Resultados do ajuste do ‘q’ pela equação exponencial de Meyer (1952). Abundância observada, em negrito no formato de Δ , nos monitoramentos de 2001, 2004, 2007 e 2011. Determinação do limite inferior em linha em negrito segmentada e do limite superior em linha em negrito pontilhada.



Fonte: Autores

A densidade arbórea, como esperado, apresentou o modelo de ‘J’ invertido em todos os monitoramentos. Observa-se que no ano de 2001, logo após a extração das toras, a distância entre os limites é menor que as distâncias calculadas em 2004 e 2007. Isso possivelmente acontece nesses anos devido à grande movimentação da dinâmica florestal ocorrida, ao parecer, pela abertura de área basal, produto da ação antrópica no ano de 2000, e pelo efeito de mortalidade, ao parecer, decorrente do fenômeno climático atípico da seca ocorrida na Amazônia em 2005 (Figura 2).

No resultado de 2011, a distância entre os limites inferior e superior é menor do que encontrada nos anos de 2004 e 2007, assemelhando-se à distância calculada em 2001. Isso possivelmente evidencia a recuperação dos estoques da densidade arbórea entre 2001 e 2011 (Figura 2).

Existe aumento de árvores entre os monitoramentos de 2001 e de 2007. Em 2011, observa-se uma queda na densidade arbórea.

O ajuste exponencial de Meyer (1952) permitiu calcular a densidade balanceada pelo 'q' de DeLiocourt e estimá-los AGB. As AGB e foram calculadas dos n balanceados pela equação exponencial de Meyer e comparada com as AGB observadas nos monitoramentos florestais de 2001, 2004, 2007 e 2011 (Tabela 3).

Em **negrito**, as classes diamétricas onde os valores de biomassa observados são maiores que os balanceados (Tabela 3).

Tabela 3. UPA Tabocal. Biomassa acima do solo (AGB) observada e balanceada pelo ajuste do ‘q’ de De Liocourt. Estimativas em Mega-gramas por hectare (Mg.ha⁻¹).

| Cd | AGB_o01 | AGB_b01 | AGB_o04 | AGB_b04 | AGB_o07 | AGB_b07 | AGB_o11 | AGB_b11 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 25 | 30,7 | 31,8 | 26,9 | 25,7 | 38,2 | 42,5 | 37,8 | 40,6 |
| 35 | 31,9 | 33 | 33,6 | 30,1 | 34,2 | 41,4 | 37,2 | 40,8 |
| 45 | 27 | 27,9 | 30,9 | 28,7 | 33,8 | 32,8 | 33,3 | 33,4 |
| 55 | 19,6 | 20,9 | 22,2 | 24,2 | 21,3 | 23 | 19,6 | 24,1 |
| 65 | 13,6 | 14,4 | 15,8 | 18,9 | 17 | 14,9 | 16,2 | 16,1 |
| 75 | 6,6 | 9,4 | 9 | 13,9 | 9,6 | 9,1 | 11,4 | 10,1 |
| 85 | 9 | 5,8 | 6,5 | 9,8 | 4,9 | 5,3 | 4,1 | 6,1 |
| 95 | 4,3 | 3,5 | 7,4 | 6,6 | 8,5 | 3 | 9,6 | 3,6 |
| 105 | 5,4 | 2,1 | 5,4 | 4,4 | 6,8 | 1,6 | 4,1 | 2 |
| 115 | 3,4 | 1,2 | 1,7 | 2,9 | 1,7 | 0,9 | 5,1 | 1,1 |
| 125 | 2,1 | 0,7 | 6,2 | 1,8 | 6,2 | 0,5 | 6,2 | 0,6 |
| Total | 153,6 | 150,8 | 165,6 | 166,9 | 182,3 | 175 | 184,6 | 178,6 |

Onde: AGB_o01: biomassa da densidade arbórea observada em 2001; AGB_o04: biomassa observada em 2004; AGB_o07: biomassa observada em 2007; AGB_o11: biomassa observada em 2011; AGB_b01: biomassa balanceada em 2001; AGB_b04: biomassa balanceada em 2004; AGB_b07: biomassa balanceada em 2007; AGB_b11: biomassa balanceada em 2011.
Fonte: Autores

No monitoramento de 2001, só as classes com DAP maior ou igual a 80 cm apresentaram superávit na AGB acima do limite superior do balanceamento de Meyer. A classe diamétrica de valor central de 85 cm apresentou o maior crescimento observado de estoques.

Na medição de 2004, o cenário muda e observa-se que após 4 anos da exploração florestal, as classes diamétricas menores que o DAP de 60 cm e as classes de VC de 95 cm e 105 cm apresentam um maior estoque de biomassa que o balanceado.

No monitoramento de 2007 todas as classes de $DAP \geq 90$ cm apresentam estoques maiores que o balanceado de Meyer. Apresentam déficit as classes de VC de 25 cm; 35 cm; 55 cm; e 85 cm.

No ano de 2011, nenhuma classe diamétrica abaixo de $DAP < 60$ cm, como também a classe de VC de 85 cm, apresentam déficit no estoque de biomassa em relação ao limite superior balanceado de Meyer.

Considerando o total dos estoques de AGB, ao longo dos monitoramentos florestais, só não apresentou superávit o ano de 2004, representando o pior período quatro anos após a exploração florestal. A classe diamétrica com $DAP \geq 50 < 60$ cm não apresentou superávit em nenhum dos monitoramentos analisados. As classes diamétricas com $DAP < 40$ cm apresentaram superávit somente no ano de 2004.

A classe diamétrica de valor central de 85 cm só apresenta superávit no estoque observado em relação ao limite superior balanceado no ano de 2001. Nos outros monitoramentos, os estoques não alcançam o limite superior balanceado. Foi calculada a diferença relativa percentual, ao IC 95%, entre os valores de AGB balanceados e observados em $Mg.ha^{-1}$ e divididos em classes diamétricas de 10 cm (Figura 4).

No monitoramento de 2001, as classes menores ou iguais ao valor central de 75 cm observadas foram deficitárias em relação ao balanceado. O maior déficit foi da classe de VC de 75 cm com -29,4%. As classes diamétricas com DAP menor ou igual a (\leq) 70 cm foram deficitárias em taxas menores que 5,5%.

As altas taxas encontradas no grupo de tamanho de $DAP \geq 80$ cm deve-se ao número reduzido de árvores de grande diâmetro existentes nas classes, quando qualquer movimentação apresenta resultados em altas taxas de crescimento.

No monitoramento de 2004, observa-se um superávit nos estoques de AGB das classes com $DAP \leq 50$ cm, com 11,6% a maior de taxa positiva na classe de VC de 35 cm.

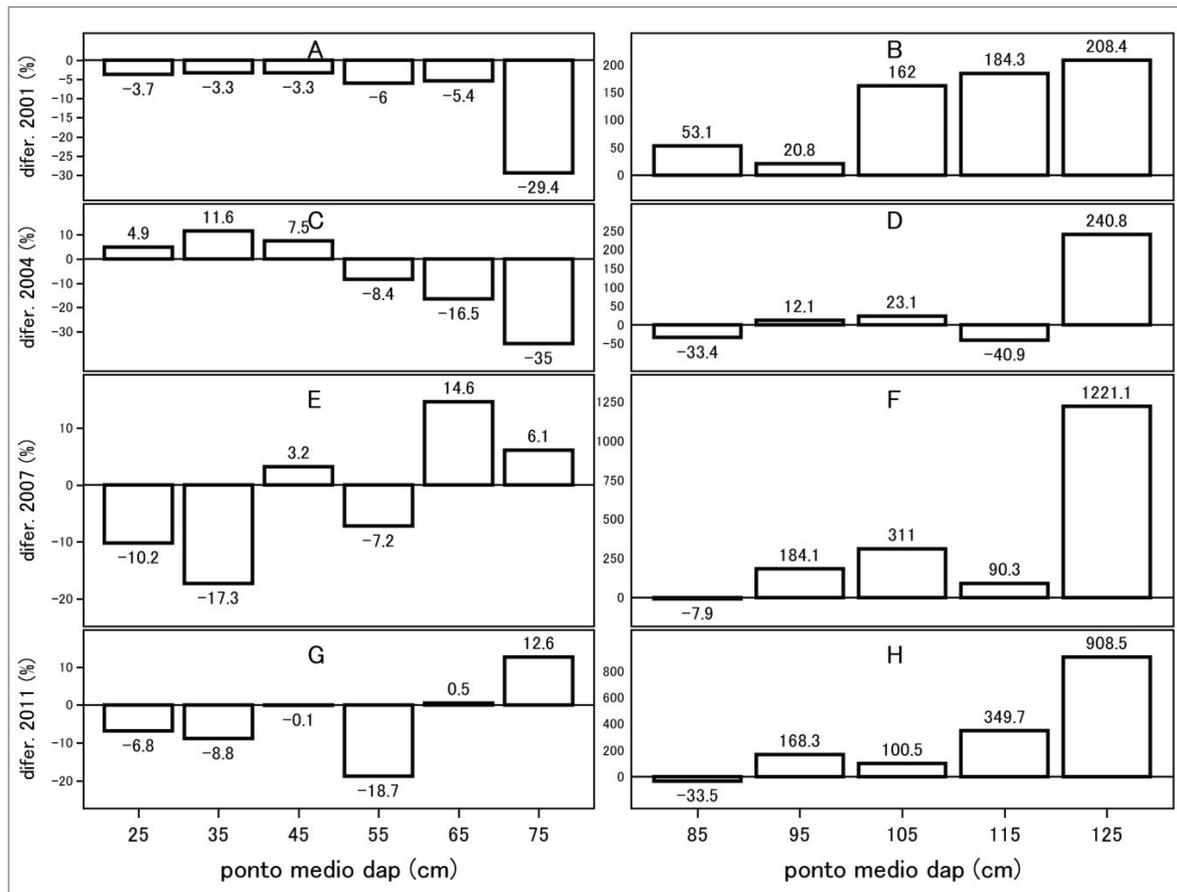
As classes diamétricas entre 50 cm e 90 cm forma deficitárias em relação ao balanceado. Observa-se uma queda no rendimento das classes de 105 cm e 115 cm. O mesmo fenômeno de déficit nas classes de $DAP \leq 80$ cm, somadas às classes de VC de 85 cm e 115 cm.

Na medição de 2007, que compreende o período de 2004 a 2007, as classes diamétricas de VC de 25 cm; 35 cm e 55 cm apresentaram taxas deficitárias maiores que em todos os outros monitoramentos.

As classes diamétricas de VC de 65 cm; 75 cm; 95 cm; 105 cm; e 115 cm recuperam sua performance de 2004, com taxas positivas dos estoques observados em relação aos limites superiores calculados.

No período entre 2007 e 2011, a classe diamétrica de VC de 85 cm e todas as com $DAP \leq 70$ cm apresentaram taxas deficitárias dos estoques observados em relação ao balanceado. Só as classes com $DAP \geq 90$ cm apresentaram superávit na relação das AGB observadas e balanceadas. Foi considerada também a avaliação determinística da dinâmica florestal pela divisão em grupos de classes de tamanho (Tabela 4).

Figura 4. UPA Tabocal. Diferenças percentuais das taxas anuais entre as AGB observadas e balanceadas em 2001, 2004, 2007 e 2011 e as balanceadas em Mg.ha⁻¹.



Fonte: Autores

O grupo das grandes árvores, com $DAP \geq 80$ cm só apresentou uma taxa negativa em 2004. De forma geral, os maiores índices de superávit de AGB observada em relação à AGB balanceada são bem maiores nesse grupo de classes diamétricas.

Todos os grupos de tamanho apresentaram um índice negativo em 2001, menos o grupo das grandes árvores com $DAP \geq 80$ cm. O grupo de classes que compreende a extração de toras, de $DAP \geq 50 < 80$ cm, não apresentou índices superavitários. No ano de 2007, houve uma taxa ao redor de 0 %.

No total, os três grupos de tamanho compreendidas com $DAP \leq 80$ cm não conseguem apresentar índices positivos quando

considerados o total dos monitoramentos. Só o grupo das grandes árvores com $DAP \geq 80$ cm apresenta resultados positivos.

A maior taxa deficitária acumulada nos monitoramentos de 2001; 2004; 2007 e 2011 ocorreu no grupo de densidade arbórea com $DAP \geq 50 < 80$ cm, estrato que compreende as árvores que estão potencialmente aptas para um novo corte.

O desempenho do total da densidade arbórea com $DAP \geq 20$ cm não apresentou taxas superavitárias ao longo dos monitoramentos, a não ser no ano de 2004, quando atinge 4,3% de taxa acima do balanceado.

Tabela 4. Diferenças relativas da AGB observada sobre a AGB balanceada dividida em grupos funcionais entre os monitoramentos dos anos de 2001, 2004, 2007 e 2011. Estimativas em Mega-gramas por hectare ($Mg \cdot ha^{-1}$).

| Grupo diamétrico (cm) | 2001 | 2004 | 2007 | 2011 | Total |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| $\geq 20 < 30$ | -3,7 | 4,9 | -10,2 | -6,8 | -15,8 |
| $\geq 30 < 50$ | -3,3 | 10,2 | -11,1 | -6,1 | -10,4 |
| $\geq 50 < 80$ | -8,8 | -14,8 | 0,1 | -9,7 | -33,1 |
| ≥ 80 | 68,6 | -4,5 | 103,5 | 72,5 | 240 |
| $\geq 20_PopTot$ | -3,3 | 4,3 | -9 | -6,2 | -14,2 |

Onde: $\geq 20 < 30$: grupo onde ocorre o maior percentual de recrutamento de árvores com $DAP \geq 20 < 30$ cm; $\geq 30 < 50$: grupo de formação dos estoques de biomassa da densidade arbórea com $DAP \geq 30 < 50$ cm; $\geq 50 < 80$: grupo onde ocorre a extração de toras com $DAP \geq 50 < 80$ cm; ≥ 80 ; ≥ 20 : grupo das grandes árvores com $DAP \geq 80$ cm; $\geq 20_PopTot$: Total da densidade estudada com $DAP \geq 20$ cm; 2001; 2004; 2007; 2011: anos de monitoramento florestal; Total: diferença percentual acumulada nos monitoramentos, positiva ou negativa. Fonte: Autores

A análise determinística da Floresta Balanceada de Meyer (1952) possibilitou também obter os limites e sua evolução relativa anual ao longo dos monitoramentos comparados com o saldo do estoque. Na Tabela 5, são apresentadas as taxas anuais de evolução, positiva ou negativa, dos saldos dos estoques de AGB, dividida em grupos de tamanho ou classes diamétricas, nos monitoramentos de 2004; 2007 e 2011, em relação ao saldo do estoque de AGB do ano de 2001.

Tabela 5. Ilustração gráfica da evolução das taxas anuais, de superávit ou deficitárias, dos saldos de biomassa (Mg,ha^{-1}) nos monitoramentos de 2004, 2007 e 2011 com base no estoque de biomassa no monitoramento de 2001 na UPA Tabocal.

| Estoques de biomassa (cm) | 2001-2004 | 2001-2007 | 2001-2011 |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| $\geq 20 < 30$ | -3,7 | 3,9 | 2,3 |
| $\geq 30 < 50$ | 2,9 | 2,3 | 1,7 |
| $\geq 50 < 80$ | 6,9 | 3,5 | 2,2 |
| ≥ 80 | 11,5 | 4,9 | 4 |
| ≥ 20 | 1,9 | 2,9 | 1,8 |

Onde: Estoques de biomassa: grupos de classes diamétricas; ≥ 20 _TotPop: Total da densidade arbórea estudada com $\text{DAP} \geq 20$ cm; $\geq 20 < 30$: Grupo onde ocorre a maior percentual de recrutamento de árvores com $\text{DAP} \geq 20 < 30$ cm; $\geq 30 < 50$: Grupo de tamanho onde está em formação o estoque futuro de madeira tropical em toras, com $\text{DAP} \geq 30 < 50$ cm; $\geq 50 < 80$: Grupo onde ocorre a exploração de toras de madeira tropical, com $\text{DAP} \geq 50 < 80$ cm; ≥ 80 cm: Grupo das grandes árvores, com $\text{DAP} \geq 80$ cm. Fonte: Autores

O único grupo de classe que apresentou índice negativo em toda a análise foi a da densidade arbórea com $\text{DAP} \geq 20 < 30$ cm com taxa negativa de -3,7% ao ano, no período pós-extração das toras entre 2001 e 2004. Todos os demais índices dos saldos dos estoques foram positivos. D'Oliveira e Braz (2006) determinaram uma redução do volume de madeira de -7,2%

depois da exploração numa floresta em similares condições no Acre. Vasconcelos et al. (2009), analisando uma floresta em condições similares no estado do Acre, encontraram uma média de $215,54 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ de volume antes da exploração, a qual experimentou uma queda de -5,4% constatados nos anos seguintes ao da exploração.

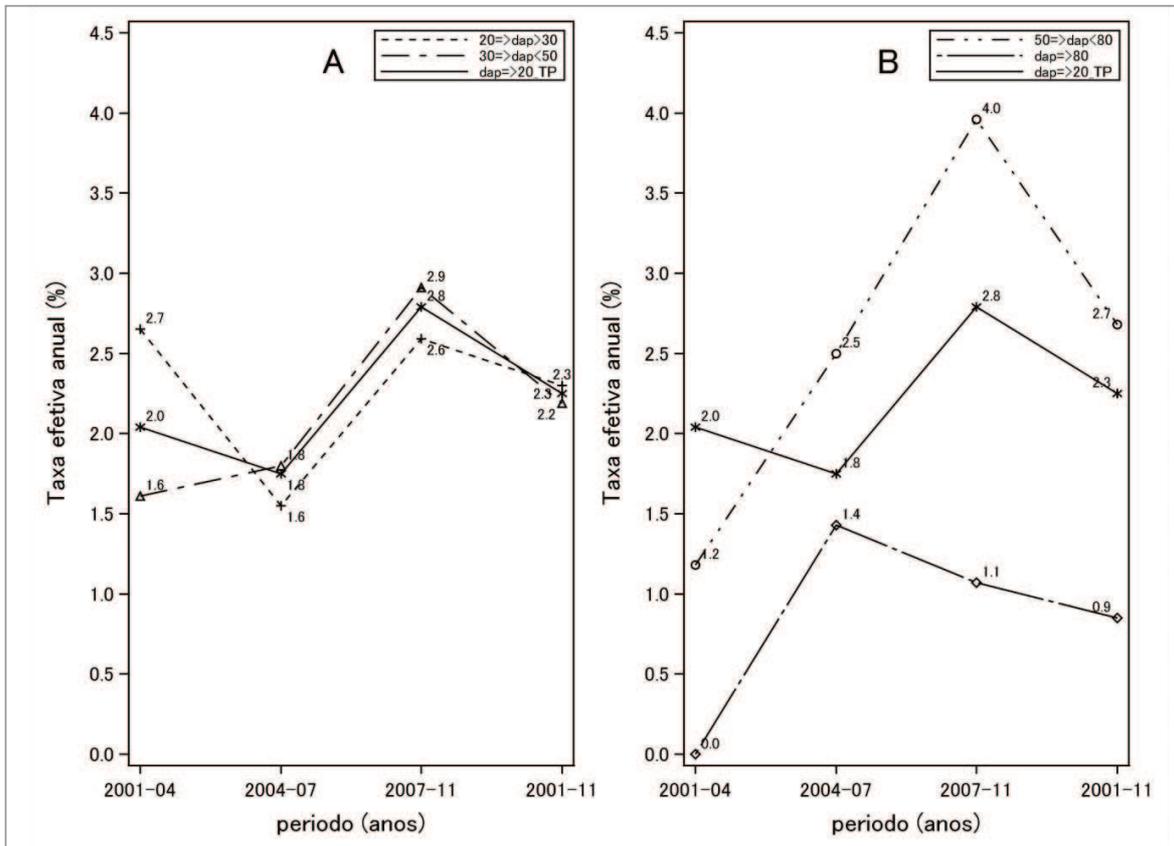
Observa-se uma queda substancial nos índices compreendidos entre 2001 e 2011 em relação aos de 2001 e 2007, em todos os grupos funcionais e no total da densidade arbórea. A taxa anual de crescimento dos estoques de biomassa nesses períodos foi de 1,8% e 2,9%.

A melhor taxa de aumento dos estoques de AGB, observada o total de densidade arbórea, ocorreu no período de 2001 a 2007, com uma média total de 2,9% ao ano. Entre 2001 e 2011. A taxa cai para 1,8% ao ano, similar a observada entre 2001 e 2004. Teixeira et al. (2007) avaliando o crescimento de AGB em uma área sem exploração em uma floresta ombrófila densa de terra-firme no estado de Amazonas, encontraram uma taxa anual média de crescimento dos estoques de 1,7% (c.n.).

O grupo das classes diamétricas com DAP maior ou igual a 80 cm, consideradas de grandes árvores, apresentou taxas maiores em todas as relações de comparação de evolução de estoques de AGB com base nos saldos de 2001.

Mortalidade: A mortalidade foi calculada em taxas anuais entre os monitoramentos e é apresentada na Figura 5. Nos quatro anos seguintes a exploração florestal, entre 2001 e 2004, a maior taxa de mortalidade anual foi apresentada no estrato de classes com $\text{DAP} \geq 20 < 30$ cm com 2,7%.

Figura 5. Taxas anuais de mortalidade entre os monitoramentos analisados divididos em grupos de tamanhos.



Onde: 2001-2004: monitoramento realizado entre 2001 e 2004; 2004-2007: monitoramento realizado entre 2004 e 2007; 2007-2011: monitoramento realizado entre 2007 e 2011; 2001-2011: monitoramento realizado entre 2001 e 2011. Fonte: Autores

O total de AGB da densidade arbórea teve uma taxa de 2,0% ao ano. O grupo de classes diamétricas com $DAP \geq 80$ cm não teve mortalidade nesse intervalo. Vasconcelos et al. (2009) avaliaram a dinâmica em uma floresta ombrófila densa associada com floresta ombrófila aberta, na mesma região do Acre, entre 1999 e 2001, e encontraram uma taxa de 2,6% ao ano (c.n.), quatro anos após a exploração florestal. Teixeira et al. (2007), analisando transectos em uma floresta ombrófila densa de terra-firme na região de Manaus, no estado de Amazonas, entre 200 e 2004, em área sem exploração florestal (testemunha), determinaram uma taxa anual de mortalidade

de 1,13%. Na mesma áreas e em épocas diferentes, Higuchi et al. (1997) determinaram uma taxa anual de 1,03%, e Rocha (2001) concluiu em 0,86% ao ano de mortalidade.

O grupo de tamanho com $DAP \geq 50 < 80$ cm apresentou as maiores taxas de mortalidade nos pares de monitoramentos observados entre 2004 e 2007; 2007 e 2011; e 2001 e 2011. A maior taxa anual de mortalidade ou perda de AGB, foi observada no intervalo entre 2007 a 2011 com 4%. Essa taxa é superior a outros estudos na região amazônica, em iguais e diferentes grupos de classes avaliadas, em áreas manejadas e não-manejadas e em diferentes tipologias (OLIVEIRA; BRAZ, 1988; TEIXEIRA et al., 2007; AZEVEDO et al., 2008; VASCONCELOS et al., 2009). Nos outros intervalos, a taxa anual oscila mais próxima das encontradas em outros trabalhos.

A classe de tamanho com $DAP \geq 80$ cm, das grandes árvores, foi a menos atingido pela mortalidade. A maior taxa anual ocorreu entre 2004 e 2007 com 1,4%, seguido de 2007 a 2011 com 1,1% ao ano. Vasconcelos et al. (2009) encontraram taxas anuais de 3,6% nesse estrato em estudos similares na região do Acre.

Recrutamento: o ingresso de novas árvores ocorreu entre 2001 e 2011 a uma taxa anual de 4,5% na classe diamétrica com DAP maior ou igual a $20 \geq$ e < 30 cm. Essa taxa é maior que as encontradas em estudos realizados na região amazônica, em diversas tipologias e em áreas submetidas ao MFS (D'OLIVEIRA et al., 2017). Vasconcelos et al. (2009), na região do Acre determinaram uma taxa anual média de 2,5% (c.n.). Teixeira et al. (2007); Higuchi et al. (1997) e Rocha (2001) avaliaram a mesma área sem perturbação antrópica,

em diferentes épocas, em uma floresta ombrófila densa de terra-firme na região de Manaus, estado do Amazonas identificaram taxas anuais de recrutamento de 1,65%, 1,1% e 0,9%.

5. CONCLUSÕES SOBRE A DINÂMICA FLORESTAL CALCULADA DE ACORDO COM A FLORESTA BALANCEADA DE MEYER

A aplicação do modelo matemático e determinístico da Floresta Balanceada de Meyer oferece a possibilidade de estimar a evolução da dinâmica florestal entre monitoramentos realizados ao longo de uma série de inventários florestais contínuos.

O crescimento da floresta foi positivo indicando a recuperação, porém, as densidades observadas ainda não superam as balanceadas, consideradas ótimas para uma nova intervenção florestal.

A classe de tamanho com diâmetro maior ou igual a 80 cm apresenta maior crescimento e menores taxas de mortalidade quando comparado com os outros grupos de classes diamétricas.

Mais estudos devem ser realizados visando a especificação das taxas anuais para oferecer ferramentas silviculturais para facilitação da consolidação de espécies com valor de mercado ou comerciais.

A mortalidade analisada em curtos períodos apresenta evidências dos fenômenos climáticos atípicos ocorridos entre 2001 e 2011.

O monitoramento de florestas tropicais é de suma importância tanto para o manejador de florestas como para ado-

ção de políticas públicas no sentido de aplicar o manejo florestal sustentável na Amazônia.

6. REFERÊNCIAS

AZEVEDO, C. P.; SANQUETTA, C. R.; SILVA, J. N. M. Efeito de diferentes níveis de exploração e de Tratamentos silviculturais sobre a dinâmica da floresta remanescente. **Floresta**. v. 38. n. 2, p. 277-293. 2008.

BAKER, T. R.; SWAINE, M. D.; BURSLEM, D. F. R. P. Variation in tropical forest growth rates: combine defects of functional group composition and resource availability. **Perspective PlantEcology, Evolution and Systematics**, v. 6, n. 1-2, p. 21-36, 2003.

BOISVENUE, C.; RUNNING, S. W. Impacts of climate change on natural forest productivity: evidences ince the middle of the 20th century. **Global Change Biology**, v. 12, n. 1-21, p. 862-882. 2006.

BRAZ, E. M. **Subsídios para o planejamento de manejo de florestas tropicais da Amazônia**. 236 f.; 2010. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais. Santa Maria, RS.

BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P. de; OLIVEIRA, M. F.; BASSO, R. O. Strategies for Achieving Sustainable Logging Rate in the Brazilian Amazon Forest. **Open Journal of Forestry**. v. 1, n. 4, p. 100-105. 2014.

D'OLIVEIRA, M. V. N.; BRAZ, E.M. Estudo da Dinâmica da floresta manejada no Projeto de Manejo Florestal COMUNITÁRIO fazer PC Peixoto na Amazônia Ocidental. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 2, p. 177-182. 2006.

D'OLIVEIRA, M. V. das N.; BRAZ, E. M. **Manejo florestal em regime de rendimento sustentado aplicado à floresta do campo experimental da Embrapa Acre**. EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre. (Boletim de Pesquisa N. 21). 1998. 45p.

D'OLIVEIRA, M. V. N.; GUARINO, E. DE S.; OLIVEIRA, L. C.; RIBAS, L. A.; ACUÑA, M. H. A. Can forest management be sustainable in a bamboo dominated forest? A 12-years study of forest dynamics in western Amazon. **Forest Ecology and Management**. v. 310 p. 672-679. 2013.

D'OLIVEIRA M, V. N.; OLIVEIRA, L. C.; ACUÑA, M. H. A.; BRAZ, E. M.T. Twenty years monitoring growth dynamics of a logged tropical forest in Western Amazon. **Brazilian Journal of Forestry Research**. v. 37, n. 92, p. 493-502. 2017

FUNTAC. Fundação de Tecnologia do Acre: **Inventário Florestal e diagnóstico da regeneração natural da Floresta Estadual do Antimary do Programa de desenvolvimento Rural Integrado do Estado do Acre (PDRI / AC)**. Rio Branco: INPA. 1989. 151p.

HIGUCHI, N. **Short-term growth of na undisturbed tropical moist forest in the Brazilian Amazon**. 1987. 129f. Thesis (Doctor of Philosophy). Michigan State University.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J., RIBEIRO; J. R., FREITAS, J.V. de; CÖIC, A., MINETTE, L. **Crescimento e incremento de uma floresta amazônica de Terra-firme manejada experimentalmente**. In: Biomassa e nutrientes florestais: relatório final do projeto BIONTE / INPA / MCT. Manaus. 1997. p. 89-131.

CLEMENT, C.R.; HIGUCHI, N. A Floresta Amazônica e o futuro do Brasil. **Ciência e cultura**, v. 58, n. 3, p. 44-49. 2006.

HIGUCHI, N.; LIMA, A. J. N.; HIGUCHI, F. G.; CHAMBERS, J. Q. A Floresta Amazônica e a água da chuva. **Floresta**. v. 41, n. 3, p. 427-434. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, IBAMA. **DOF - Informação estratégica para a Gestão Florestal no Brasil**. Brasília, 2010. 58p.

LEWIS, S. L.; PHILLIPS, O. L.; BAKER, T. R.; LLOYD, J.; MALHI, Y.; ALMEIDA, S.; HIGUCHI, N.; LAURANCE, W. F.; NEILL, D. A.; SILVA, J. N. M.; TERBORGH, J.; TORRES LEZAMA, A.; VASQUEZ MARTÍNEZ, R.; BROWN, S.; CHAVE, J.; KUEBLER, C.; NÚÑEZ VARGAS, P.; VINCETI, B. **Mudanças na estrutura da floresta tropical e dinâmica: evidência de 50 parcelas da América do Sul no longo prazo.** *Phil. Trans. R. Soc. London.* 2004. v. 359. p. 421-436.

MALHI, Y.; PHILLIPS, O. L.; LLOYD, J.; BAKER, T.; WRIGHT, J.; ALMEIDA, S.; ARROYO, L.; FREDERIKSEN, T.; GRACE, J.; HIGUCHI, N.; KILLEEN, T.; LAURANCE, W. F.; LEAÑO, C.; LEWIS, S.; MEIR, P.; MONTEAGUDO, A.; NÚÑEZ VARGAS, P.; PANFIL, S. N.; PATIÑO, S.; PITMAN, N.; QUESADA, C. A.; RUDAS, L. A.; SALOMÃO, R.; SALESKA, S.; SILVA, N.; SILVEIRA, M.; SOMBROEK, W. G.; VALENCIA, R.; VÁSQUES MARTÍNEZ, R.; VIEIRA, I. C. G.; VICENTI, B. **Journal of Vegetation Science**, v. 13, n.7, p. 439-450. 2002.

MEYER, H. A. Structural, growth hand drain in balance dun even-aged forest. **Journal of Forestry**, v. 50, p. 85-92, 1952.

NEGRÓN-JUAREZ, R. I.; CHAMBERS, J. Q.; GUIMARÃES, G. P.; ZENG, H.; RAUPP, C. F.; MARRA, D. M.; RIBEIRO, G. H. P. M.; SATCHI, S.; NELSON, B. W.; HIGUCHI, N. Widespread Amazon forest tree mortality from a single cross-basins quall line event. **Geophysical Research Letters**. v. 37, p. 1-5, 2010.

NELSON, B. W.; KAPOV, V.; ADAMS, J. B.; OLIVEIRA, W. J.; BRAUN, O. P. G.; AMARAL, I.L. Forest disturbance by large blow downs in the Brazilian Amazon. **Ecology**. v. 75, n.3. p. 853-838. 1994.

NOGUEIRA, E. M.; FEARNSTIDE, P. M.; NELSON, B. W.; BARBOSA, R. I.; KEISER, E. W. H. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equation and adjustments to biomass from wood-volume inventories. **Forest Ecology and Management**. v. 256, p. 1853-1867. 2008.

NEMANI, R. R.; KEELING, C. D.; HASHIMOTO, H. JOLLY, W. M. PIPER, S. C.; TUCKER, C. J.; MYNENI, R. B.; RUNNING, S. W. Climate-Driven Increases in Global Terrestrial Net Primary Production from 1982 to 1999. 2003: NASA/Ames Research Center, Moffett Field, CA 94035, USA. **Science**. v. 300, n. 5625, p. 1560-1563. 2003.

ONU/FAC. FAO. Food and Agriculture Organization. **Global Forest Resources Assessment**. 2005. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/008/a0400e/a0400e00.htm>. Acesso em; 01.jan.2015.

ROCHA, R. M. **Taxas de recrutamento e mortalidade da Floresta de Terra Firme da Bacia do Rio Cueiras na região de Manaus – AM**. 49f. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). INPA/UFAM. Manaus, Amazonas.

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. **Ciência Florestal**. v. 6, n. 1, p. 65-78. 1996. 1996.

SHEIL, D.; BURSLEM, D. F. R. P.; ALDER, D. The interpretation and is interpretation of mortality rate measures. **Journal of Ecology**, v. 83, p. 331-333. 1995.

SCHNEIDER, P. R. **Manejo Florestal: planejamento da produção florestal**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2004. 493p.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Manejo sustentado de florestas inequidêneas heterogêneas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. Departamento de Ciências Florestais, 2000. 500p.

SIST, P.; FERREIRA, F. N. Sustainability of reduced-impact logging in the Easter Amazon. **Forest Ecology and Management**. v. 243, p.199-209, 2007.

SOUZA, A. L., SOUZA, D. R. de. Emprego do método BDq de seleção após exploração florestal em floresta ombrófila densa de Terra-firme, Amazônia Oriental. *Árvore*. v. 29, n. 4, p. 617-625. 2005.

TOLEDO, M.; POORTER, L.; PEÑA-CLAROS, M.; ALARCÓN, A.; BALCÁZAR J.; LEAÑO, C.; LICONA, J. C.; LLANQUE, O.; VROOMANS, V.; ZUIDEMA, P.; BONGERS, F. Climate is a stronger driver of tree and forest growth rates than soil and disturbance. **Ecology**. v. 99, n. 2, p. 254-264. 2011.

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

VASCONCELOS, S. S.; HIGUCHI, N.; D'OLIVEIRA, M. V. N. Projeção da distribuição diamétrica de uma floresta explorada seletivamente na Amazônia Ocidental. **Acta Amazônica**. v. 39, n. 1, p. 71-80. 2009.